

ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS

9. SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
9th NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

2. MEĐUNARODNI SKUP O PRIRODNOM PLINU, TOPLINI I VODI
2nd INTERNATIONAL NATURAL GAS, HEAT AND WATER CONFERENCE

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

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

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

PLIN2011 
www.konferencija-plin.com

Uz potporu
Supported by



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

Osijek, 28. -30. 09. 2011.

VODITELJI KONFERENCIJE:

Zlatko TONKOVIĆ, HEP-Plin d.o.o., Osijek, HR

Pero RAOS, ¹SFSB, Slavonski Brod, HR

POČASNI ODBOR:

Bálint BACHMANN, dekan, ²TFFM, 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

PLIN2011

PROGRAMSKI ODBOR:

Dražan KOZAK, predsjednik, SFSB, Slavonski Brod, HR

Aida BUČO-SMAJIĆ, ³DVGW, Sarajevo, BiH

Antun GALOVIĆ, ⁴FSB, 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, ⁵FS, Ljubljana, SLO

Senadin MULABEGOVIĆ, UNIS fagas d.o.o., Sarajevo, BiH

Ferenc ORBÁN, TFFM, Pečuh, HU

Branimir PAVKOVIĆ, ⁶TF, Rijeka, HR

Denis PELIN, ⁷ETF, Osijek, HR

Pero RAOS, SFSB, Slavonski Brod, HR

Antun STOIĆ, SFSB, Slavonski Brod, HR

Marinko STOJKOV, 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

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

¹SFSB – Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku

²TFFM – Tehnički fakultet Pollack Mihály, Sveučilišta u Pečuhu

³DVGW – Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches, Bonn, Njemačka, Podružnica u Sarajevu

⁴FSB – Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu

⁵FS – Fakultet za strojništvo, Sveučilišta u Ljubljani

⁶TF – Tehnički fakultet, Sveučilišta u Rijeci

⁷ETF – Elektrotehnički fakultet Osijek, Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku

UREDNICI ZBORNICA:

Zlatko TONKOVIĆ, glavni i odgovorni urednik;

Štefanija KLARIĆ, urednica;

Marija SOMOLANJI, urednica;

Josip STOJŠIĆ, urednik



HYPO GROUP
ALPE ADRIA



9th Natural Gas, Heat and Water Conference and 2nd International Natural Gas, Heat and Water Conference; Publisher: Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod

PLIN2011 
www.konferencija-plin.com

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

Supported by Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

ISBN: 978-953-6048-64-9
CIP: 779301



Preliminarni program Skupa *Conference Preliminary Programme*

SRIJEDA / WEDNESDAY 28.09.2011.

15.00 – 17.00	Registracija sudionika / Registration
17.00 – 20.00	Okrugli stol / Round table Marinko Stojkov, Denis Pelin (moderatori / moderators): Plin u proizvodnji toplinske i električne energije <i>Gas in Heat and Electricity Production</i>
	Uvodno pozvano predavanje / Introductory key lecture
	Marinko Stojkov, Darko Čavlović, Damir Šljivac, Denis Pelin, Hrvoje Glavaš: TE-TO Osijek – rekonstrukcija sustava gorionika <i>Power Plant & Heating Osijek - Reconstruction of Burner's System</i>
20.00	Domjenak / Banquet

ČETVRTAK / THURSDAY 29.09.2011.

08.00 – 09.15	Registracija sudionika / Registration
09.30 – 10.00	Uvodna riječ voditelja skupa / Foreword (Pero Raos, Zlatko Tonković) Pozdravna riječ direktora HEP-PLIN-a d.o.o. <i>/ Welcoming address of the Director of HEP-Plin Ltd. (Nikola Liović)</i> Pozdravna riječ dekana Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu <i>/ Welcoming address of the Dean of MEF in Slavonski Brod (Dražan Kozak)</i> Pozdravna riječ dekana Tehničkog fakulteta Pollack Mihály u Pečuhu <i>/ Welcoming address of the Dean of Pollack Mihály Faculty of Eng. in Pécs (Bálint Bachmann)</i>
	Svečano otvaranje skupa člana uprave HEP d.d. <i>/ Opening Ceremony (Damir Pečvarac)</i>
	Plenarno predavanje / Key lecture
10.00	Kai-Uwe Schuhmann: Die neue DVGW-TRGI 2008 Sekcija: Tehnička regulativa / Section: Legislation Moderator/Moderator: Aida Bučo-Smajić
	Pozvano predavanje / Key lecture
10.45	Zlata Dolaček-Alduk, Željka Jurković, Sanja Lončar-Vicković: Zakonodavni i arhitektonski okvir kod projektiranja strojarskih instalacija u zgradama <i>The Legal and Architectural Framework for the Design of Installations in Buildings</i>
11.15	Aida Bučo-Smajić: Aktuelni pregled aktivnosti na projektu "Harmonizacija zakonske i tehničke regulative u gasnom sektoru zemalja jugoistočne Evrope"
11.30	Hrvoje Glavaš, Marinko Stojkov, Tomislav Barić: Energetske učinkovitosti zgrada <i>Energy Performance of Buildings</i>
11.45	Hrvoje Pešut: Određivanje zrakopropusnosti omotača zgrade i termografsko snimanje <i>Determination of Air Permeability of Building Envelope and Infrared Thermography</i>
12.00	Romano Majdenić: Opasnosti i štetnosti pri polaganju instalacija vode i plina <i>Hazard and Harmfull Effect of Gas-Fitting and Water Instalation</i>
12.15 – 12.30	Pauza / Break
	Sekcija: Energetika / Section: Energetics Moderatori/Moderators: Marinko Stojkov, Denis Pelin
12.30	Denis Pelin, Marinko Stojkov, Damir Šljivac, Hrvoje Glavaš: Primjena gorivnih ćelija u proizvodnji električne energije i topline <i>Application of the Fuel Cells in Generating Electrical Energy and Heat</i>
12.45	Milan Ivanović, Zlatko Tonković, Hrvoje Glavaš: Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u kućanstvima Osječko-baranjske županije <i>Energy Efficiency of Natural Gas Usage in Household of Osijek - Baranja County</i>
13.00	Hedayat Omidvar: Prospect of Iran Natural Gas Export Projects

13.15	Ante Čikić, Božidar Hršak: Energija iz biomase između investicijskog optimizma i održive ekonomičnosti <i>Energy Obtained from Biomass between Investment Optimism and Sustainable Economy</i>
13.30	Krunoslav Hornung, Marinko Stojkov, Emil Hnatko, Milan Kljajin, Milan Opalić: Ušteda prirodnog plina uporabom sunčeve energije <i>Saving Natural Gas Using Solar Energy</i>
13.45 – 14.15	Poster sekcija /Poster session
17.00	Polazak u Karanac /Departure to Karanac

PETAK / FRIDAY 30.09.2011.

08.00 – 08.50	Registracija sudionika /Registration Sekcija: Planiranje i upravljanje /Section: Planning and Management Moderator/Moderator: Tomislav Šarić
09.00	Ivan Halkijević, Živko Vuković, Dražen Vouk: Optimalno upravljanje gubicima vode javne vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj <i>Optimal Water Loss Control of Public Water Supply in the Republic of Croatia</i>
09.15	Esad Osmančević, Gerald Gangl: RBS wave – Netzmanagement
09.30	Emir Trožić, Enver Trožić: Umrežavanje strateških mjerača protoka u centralni softver vodovoda Sanski most <i>Networking Strategic Flow Meter in the Central Conduit Software Sanski Most</i>
09.45	Držislav Vidaković: Izbor i planiranje rada strojeva za zemljane radove kod izvedbe podzemnih vodova <i>The selection and planning of earthmoving machinery in construction of underground lines</i>
10.00	Zdravko Oklopčić, Boris Brestovec, Dalibor Sever, Boris Njavro: Informatičko rješenje za upravljanje opskrbom plinom kupaca priključenih na plinski distributivni sustav u uvjetima otvorenog tržišta plina <i>IT Solution for Gas Supply Management of Customers Connected on Gas Distribution Systems in Open Gas Market Conditions</i>
10.15 – 10.30	Pauza /Break Sekcija: Plinska tehnika /Section: Gas Technique Moderator/Moderator: Zlatko Tonković
10.30	Svetlana Petrović: Plinifikacija rafinerije nafte Rijeka <i>Gasification of Petroleum Refinery Rijeka</i>
10.45	Jelena Kuntić Grujić, Damir Pavišić: Ispitivanje plinske mreže - Termoplin d.d. Varaždin <i>Testing of Gas Networks - Termoplin Inc. Varaždin</i>
11.00	Enver Trožić, Emir Trožić: Provjera brtvenja spojeva cjevovoda primjenom plina <i>Check Sealing Pipe Joints Using Gas</i>
11.15	Ibrahim Karahodžić: Ispitivanje na uporabivost sustava plinskih vodova sa pogonskim tlakom do i uključivo 100 mbar <i>Testing for Usability of the Gas Pipeline Systems with Operating Pressure up to and 100 mbar Inclusive</i>
11.30 – 11.45	Pauza /Break Sekcija: Toplinska tehnika /Section: Heating Moderator/Moderator: Marija Živić
11.45	Boris Delač, Zmagoslav Prelec, Branimir Pavković: Analiza trigeneracijskih sustava za tiskaru <i>Analysis of CCHP Systems for a Newspaper Printing Office - a Case Study</i>
12.00	Tomislav Benčić, Branko Šanjek: Analiza ugradnje kogeneracijskog postrojenja za opskrbu toplinskom energijom stambenih zgrada u Varaždinu <i>Installation Analysis of a Cogeneration Plant for Heat Supply of Residential Buildings in Varaždin</i>
12.15	Antun Galović, Marija Živić, Mario Holik: Analiza određivanja ogrjevnih vrijednosti goriva pri potpunom izgaranju parafinskih ugljikovodika <i>Determination Analysis of Heating Values by Complete Combustion of Hydrocarbons</i>
12.30	Željko Krklec: Mjerenje vlage u kombinaciji s IC termografijom <i>Measuring Moisture in Combination with IR Thermography</i>

12.45	Tomislav Grizelj: Energetska i ekološka efikasnost nove generacije plamenika sa reduciranom emisijom NO_x-a na energente lož ulje i/ili zemni plin <i>Energy and Environmental Efficiency of New Generation Burner with Reduced NO_x Emissions - a (low NO_x) on Energy Fuel Oil and / or Natural Gas</i>
13.00 – 13.15	Pauza /Break Sekcija: Konstruiranje i proizvodne tehnologije /Section: Design and production technologies Moderator/Moderator: Pero Raos
13.15	Davor Karolj, Tomislav Galeta: Timsko projektiranje plinskog cjevovoda pomoću softvera AutoCAD Plant 3D <i>Teamwork Design of Gas Pipeline Using AutoCAD Plant 3D Software Solution</i>
13.30	Damir Šošarić, Drago Žagar, Zvonimir Kolumbić, Marko Dunder, Ivan Samardžić: Analiza parametara elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi <i>Parameters analysis of fusion PE-HD pipes welding</i>
13.45	Anto Ravlić, Vlado Pecić, Ivan Vitez Utvrđivanje oštećenja tlačnog dijela kotla C 12 tip 5000 <i>Investigation of Damages on Pressure Parts of Boiler Type C12 5000</i>
14.00	Josip Jukić, Emil Hnatko: Metodologija proračuna kućišta ventila <i>Methodology of Calculation of the Valve Body</i>
14.15	Branko Grizelj, Josip Cumin, Nikola Soskic, Ivan Seucek, Branimir Vujčić: Optimal Process Parameter Window, Optimal Machine Choice and Influence of Material Heating
14.30	Zatvaranje Skupa /Closing Ceremony (Pero Raos, Zlatko Tonković)
14.45 – 15.45	Ručak /Lunch

POSTER SEKCIJA /POSTER SESSION

Predrag Viduka, Dražen Tutić, Vlado Skeledžija:

Primjena geoinformacijskih sustava u održavanju i razvoju distribucijske plinovodne mreže
Application of Geoinformation Systems in the Maintenance and Development of Gas Distribution Networks

Emir Trožić, Enver Trožić:

Uzorkovanje otpadne vode radi mjerenja emisije tvari štetnih za okoliš
Sampling of Waste Water to Measure the Emission of Substances Harmful to the Environment

Antun Pintarić, Goran Rozing, Mario Vešić:

Rastavljivost kao element recikličnosti
Dissasemblyability as a Recyclability Element

Tomislav Grizelj:

Sigurno i ekološko zbrinjavanje otpada
Safe and Environmentally Friendly Waste Disposal

Tomislav Šarić, Igor Ugarković, Goran Šimunović, Roberto Lujčić, Danijela Pezer:

Planiranje i praćenje remonta postrojenja za proizvodnju plina i nafte uz primjenu informatičkih tehnologija
Planning and Monitoring of Plant Overhaul for Gas and Oil Production Processes Through the Applying of Informatics Technology

Miroslav Duspara, Goran Mijušković, Janez Kopač, M. Stoić, Antun Stoić:

Energetska učinkovitost pri dobivanju toplinske energije iz obnovljivih izvora
Energy Efficiency of Obtaining Energy for Heating from Renewable Resources

Voditelji konferencije
Conference Chairmen



Prof. dr. sc. Pero Raos
Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu
Mechanical Engineering Faculty in Slavonki Brod



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



Analiza utjecaja zahlađenja na međuovisnost električnog i plinskog energetskeg sustava

N. Mandić, T. Plavšić HEP-OPS Zagreb, Croatia

nmandic@hep.hr, tomislav.plavsic@hep.hr

Sažetak

Električni i plinski energetske sustavi dva su komplementarna, međusobno povezana energetska sustava. Svaki od sustava je različite veličine i rasprostranjenosti. Oni rade pod različitim uvjetima u širem smislu. Njihove mreže prekrivaju različite prostore, struktura njihovih potrošača po regijama je različita, te im je različita zastupljenost u industriji i domaćinstvima. Povezanost ovih sustava je direktna i indirektna. Direktna povezanost očituje se u funkciji plinskog sustava kao opskrbnog sustava za pogon postrojenja za proizvodnju električne energije. Pored spomenute direktne veze zadaće ovih energetske sustava međusobno se nadopunjuju pri opskrbi potrošača, primjerice u grijanju prostora, pripremi tople vode za različite potrebe i slično. Pored zajedničkih elemenata posebnim ih čine neke specifičnosti, koje stvaraju utisak nepovezanosti bilo kojeg elementa.

Indirektna povezanost vezana je uz klimatske uvjete. Cilj referata je analizirati i predočiti utjecaj zahlađenja na električni i plinski energetske sustav, te analizirati međuovisnost ovih dvaju sustava u uvjetima ekstremnih klimatskih prilika na primjeru Hrvatske (Zagreba). Tijekom zimskih mjeseci osjetno raste potrošnja električne energije i plina. Nestašica bilo plina bilo električne energije, izaziva u takvim prilikama izuzetno snažno međudjelovanje. Samim time, ugrožavanje jednog sustava posredno u opasnost dovodi i sigurnost drugog sustava.

Referat zorno predočava dio vrlo značajne povezanosti i ovisnosti u pogledu povećanja potrošnje energenata na primjeru iznenadne klimatološke promjene, zahlađenja. Snažno i kratkotrajno sniženje temperature zraka, ima vrlo sličan odziv na oba sustava. Ova pojava u široj stručnoj javnosti nije dovoljno jasno prepoznata, a posljedice još uvijek nisu sagledane.

Ključne riječi: Elektroenergetske sustav, plinski sustav, zahlađenje

Impact of temperature drop on interrelatedness of electric and gas energy systems - analyses

Summary

Electric and gas systems are two complementary, interconnected energy systems. Each of the systems has a different size and coverage. Their networks cover different areas, the structure of their customers varies across regions, and their presence varies in industry and households. The interrelatedness of these systems is both direct and indirect. The direct interrelatedness is visible in the tasks performed by the gas system



in its function of a supplier for electricity production plants. Other than the mentioned direct connection, tasks performed by these two systems complement each other while supplying the consumers, for instance in tasks of heating, hot water preparation, and similar. However, there are also some specific features that create an impression that some systems' elements are separated.

The indirect connection regards climate conditions. The aim of the paper is to analyse and present the impact which a temperature drop has on electric and gas system, as well as to analyse the interrelatedness of the two systems in extreme weather conditions taking Zagreb, Croatia as an example area. In winter the consumption of electrical energy and gas rises considerably. Any shortage leads to reactions. A threat to one system indirectly endangers the other.

The paper tries to clearly present the systems' very important interrelatedness and interdependence in terms of higher demand for energy-generating products using the example of temperature drop. An immediate and considerable temperature drop provokes very similar responses from both systems. This phenomenon has not been recognized clearly enough by the professional community, and its consequences have not been fully considered.

Key words: power system, gas system, temperature drop

1. Uvod

Planiranje rada u elektroenergetskom i plinskom sustavu je vrlo složen proces. Provodi se na dugoročnoj i kratkoročnoj osnovi. Svaki od navedenih planova ima svoje specifičnosti. Za proizvodnju električne energije u energetskim postrojenjima Hrvatske elektroprivrede d.d. (HEP) koriste se različite količine plina koje se kreću od 50 000 do 100 000 m³/h. Plin za proizvodnju električne energije koriste slijedeće termoelektrane: TE TO Zagreb (tri proizvodna bloka, dva kombi i jedan klasičan), ELTO Zagreb (tri proizvodna bloka, jedan kombi i dva klasična), PTE Jertovec (dva klasična proizvodna bloka), TE Sisak (dva klasična proizvodna bloka), TE TO Osijek (jedan klasičan proizvodni blok) i PTE Osijek (dva klasična proizvodni bloka).

Temperatura zraka je jedan od elemenata koji snažno utječu na rad oba energetska sustava. Nagli kratkotrajni prodor hladnog zraka djeluje u smislu značajnog povećanja potrošnje u oba sustava. Ovisno od dana u tjednu kad se prodor hladne zračne mase proširi na cijeli teritorij, odziv svakog sustava je vrlo različit. Zahlađenja se događaju tijekom cijele godine, no ovdje su razmatrana samo zahlađenja tijekom zimskih, hladnijih mjeseci, kad su potrošnja električne energije i plina dostigli maksimalne vrijednosti. Tad kratkotrajna zahlađenja dodatno naprežu oba sustava, a poremećaj na jednom od njih uzrokuje dodatne poteškoće u drugom. Specifični učinak zahlađenja se ne može jednoznačno sagledati. Položaj svakog od dana u tjednu je poseban u pogledu potrošnje i karakteriziraju ga različiti težinski faktori, tzv. ponderi. Zato je pored datuma svakog dana, imenom definiran njegov položaj u tjednu. Empirijski najveće opterećenje tijekom tjedna događa se u njegovoj sredini, ako su svi ostali utjecaji slabo zastupljeni. Prikaz se sastoji načelno od usporedbe dva uzastopna tjedna. Jednog u



kome je došlo do naglog zahlađenja sa prethodnim u kome su temperature zraka bile uobičajene zimske.

Odabir za usporedbu dva komplementarna energetska sustava bio je vrlo skroman. Podaci u ponuđenim primjerima neujednačeni su ili su djelomično dostupni. Osnovni problem sastojao se u pronalaženju dvije cjeline (dva energetska sustava u istoj regiji) za usporedbu. Ovaj zahtjevan zadatak pokušao se riješiti kao što slijedi. Razmatran je i prezentiran primjer zahlađenja u četvrtom tjednu siječnja 2006. godine i posljedično povećanje potrošnje električne energije za cijelu Hrvatsku. Primjereni podaci za plinski sustav Hrvatske nisu bili dostupni. Pored toga rasprostranjenost potrošača plina u Hrvatskoj je neusporediva sa potrošačima električne energije. Takva mogućnost usporedbe je stoga odbačena.

Zato je u nastavku u formi detalja za iste tjedne (T3) i (T4) napravljena usporedba potrošnje energije u znatno manjem elektro i plinskom sustavu šire zagrebačke regije. Koliko su autori mogli zaključiti jedino za ovu regiju se donekle usporedba potrošnje energenata mogla provesti. U grafičkim prikazima su prezentirani podaci iz tri različita sustava, te je ta činjenica bila samo jedna od poteškoća koje je trebalo prevladati.[1]

Za prvi prikaz utjecaja zahlađenja na cijeli EES uzet je primjer dva uzastopna tjedna (T3 i T4) u siječnju 2006.godine. Razmatrani treći tjedan je od 16. do 23. a četvrti od 23. do 29. siječnja. Satne temperature u trećem tjednu (T3) bile su manje ili više očekivane zimske temperature označene sa t_1 . U četvrtom tjednu (T4) ostvaren je snažni kratkotrajni prodor hladne zračne mase utorak tijekom popodneva. Satne vrijednosti temperature zraka u tom tjednu označene su t_2 . Nižim temperaturama istaknutim na grafikonu t_2 pripada povećana potrošnja energije, na grafikonu (jednako i plina) je ona u položaju gornje krivulje [1],[2]. Prikaz utjecaja na dva energetska sustava zasnovan je na dvije vrste grafičkih prikaza. Prvu grupu čine satni grafikoni međusobne ovisnosti temperature zraka i opterećenja. Oni su složeni u satni niz dan za danom svakog od uspoređenih tjedna, te preklapljeni. Svakoj vrijednosti satne temperature odgovara pripadajuće opterećenje sustava. Potrošnja i opterećenje elektroenergetskog i plinskog sustava su radi lakšeg uspoređivanja izraženi u MWh odnosno MW.

Druga vrsta grafikona ovdje korištena u formi je horizontalnih stupića. Prezentira dnevne vrijednosti promjene potrošnje električne energije i plina u funkciji razlike srednje dnevne temperature. Slike 1. i 3. predočavaju satne odzive elektro i plinskog sustava, dok slike 2. i 4. dnevnu razliku potrošnje. Zahlađenje u tjednu (T4) u oba sustava prouzročilo je porast potrošnje u odnosu na treći tjedan.

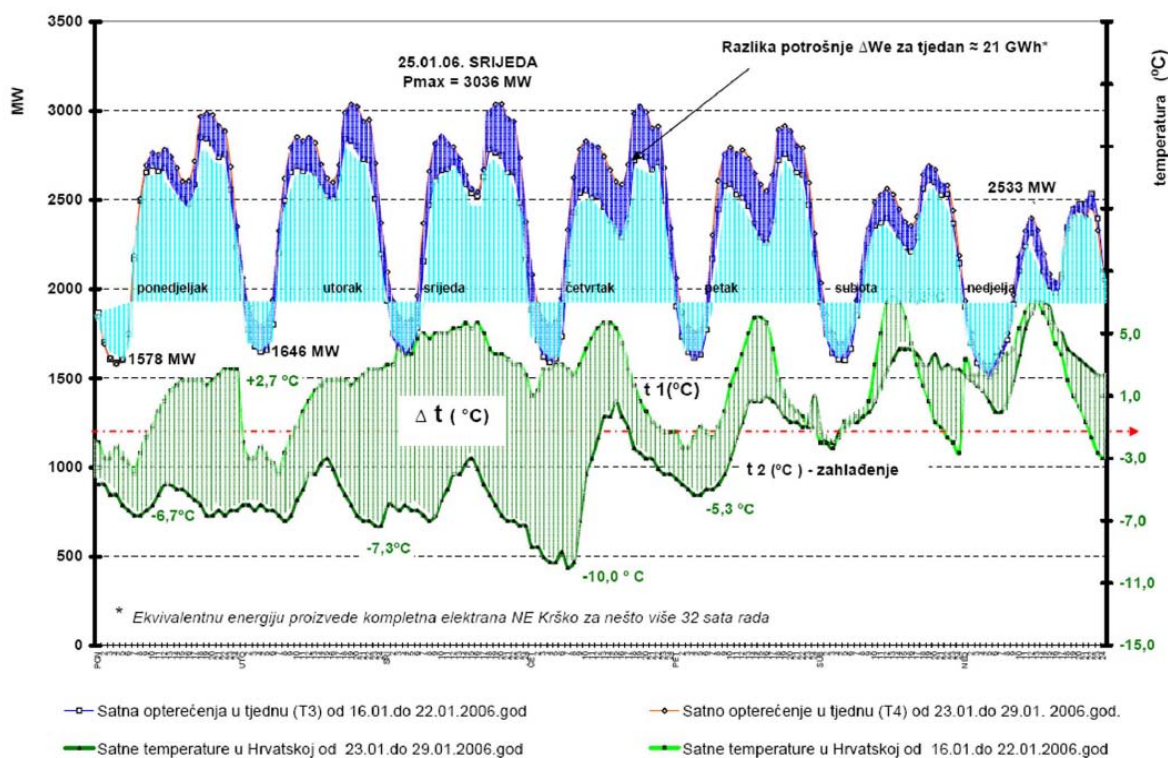
Za cijeli hrvatski EES predočen je učinak zahlađenja. Komplementaran plinski sustav nije tražen ili uspoređen.

Usporedbe su rađene samo za manji sustav električne energije i plina šire zagrebačke regije. Njihova prostorna rasprostranjenost, broj potrošača, te struktura potrošača nisu jednake, ali ih je bilo jedino moguće usporediti. Autorima je kao u sličnim prilikama najveći problem bilo prikupljanje valjanih podataka, njihov odabir i razvrstavanje u skupine.

2. Zahlađenje i utjecaj na potrošnju električne energije u hrvatskom EES-u

Grafikon satnih vrijednosti temperatura i opterećenja EES-a na slici 1. predočava promjenu temperature zraka tijekom tjedna, te njen utjecaj na promjenu opterećenja. Za svaki sat u tjednu (T3) od 16. do 23. siječnja 2006. zabilježene su vrijednosti temperature i opterećenja EES-a. Jednako je učinjeno i za četvrti tjedan (T4) od 23. do 29. siječnja 2006. Podaci za satne temperature prikupljeni su u Zagrebu, Osijeku, Rijeci i Splitu za cijelo razdoblje. Iz navedenih vrijednosti za svaki sat izračunati su reprezentativne vrijednosti temperatura, koje su poslužile za izradu grafikona. [3]

Za svaki sat dana u trećem i četvrtom tjednu uzete su satne temperature. Prikupljeno je dakle za (T3) 168 vrijednosti satnih temperatura i jednako toliko za četvrti tjedan (T4). Svako od vrijednosti satnih temperatura odgovara satna opterećenje (MW). U tjednu (T4) temperature zraka su bile niže nego u (T3) pa je krivulja satnih temperatura (t_2) zauzela u grafikonu nižu poziciju od temperatura t_1 za (T3). Grafikoni satnih temperatura u tjednima (T3) i (T4) kao i pripadajuće vrijednosti opterećenja su preklapljeni. Tako je nastao grafikon na slici 1, ali na identičan način i grafikon na slici 3. Osjenčana površina između linija satnih temperatura predočava razliku temperatura tijekom dva tjedna. Povećanje potrošnje električne energije uzrokovano zahlađenjem predočeno je površinom između satnih opterećenja dva tjedna. [4]



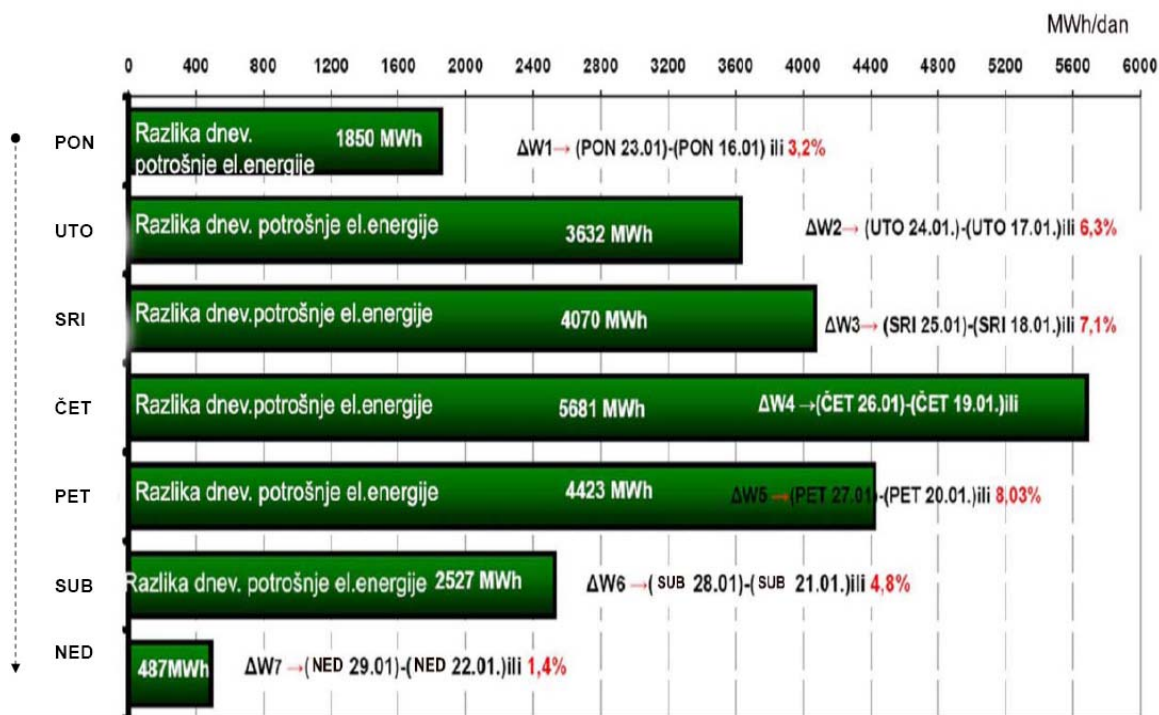
Slika 1: Preklopna usporedba satne potrošnje električne energije za R Hrvatsku tijekom dva uzastopna tjedna (T3) i (T4) u siječnju 2006. godine. [1], [2], [3]



Početak četvrtog tjedna temperature su bile nešto niže nego prethodni tjedan. Jače zahlađenje je nastupilo postupno u popodnevni satima utorak 24. siječnja 2006. odnosno u tjednu (T4). Na sličan način je raslo i opterećenje EES-a uz pomak od 12 do 16 sati. Najveće povećanje potrošnje ostvareno je u satima dvije vršne potrošnje jutarnje i večernje. To su vremenski intervali kad je EES izložen najvećim teretima, pa svako povećanje tereta dodatno napreže sustav dovodeći ga u kritična stanja. Maksimalna razlika opterećenja zabilježena je u četvrtak 26. siječnja 2006. godine.

Prodor hladne mase je nastupio brzo i trajao relativno kratko. Razlika satnih temperatura zraka se prema kraju tjedna smanjivala. Ukupno je u četvrtom tjednu (T4) u odnosu na prethodni (T3) potrošeno 21 MWh čemu je najviše doprinio kratkotrajni brzi prodor hladne zračne mase. Navedena energija je ekvivalentna trećini cjelodnevne zimske potrošnje Hrvatske ili ukupnoj proizvodnji NE Krško u trajanju 32 sata.

Dnevna razlika potrošnje električne energije ΔW izražena u (MWh) nastala je kao razlika dnevne potrošnje u tjednima (T4) i (T3), slika 2. Ona od ponedjeljka do sredine tjedna raste do maksimalnog iznosa, a potom nakon prolaska spomenute hladne fronte krajem tjedna pada. Najveću vrijednost ΔW postiže u četvrtak 26. siječnja 2006. godine.

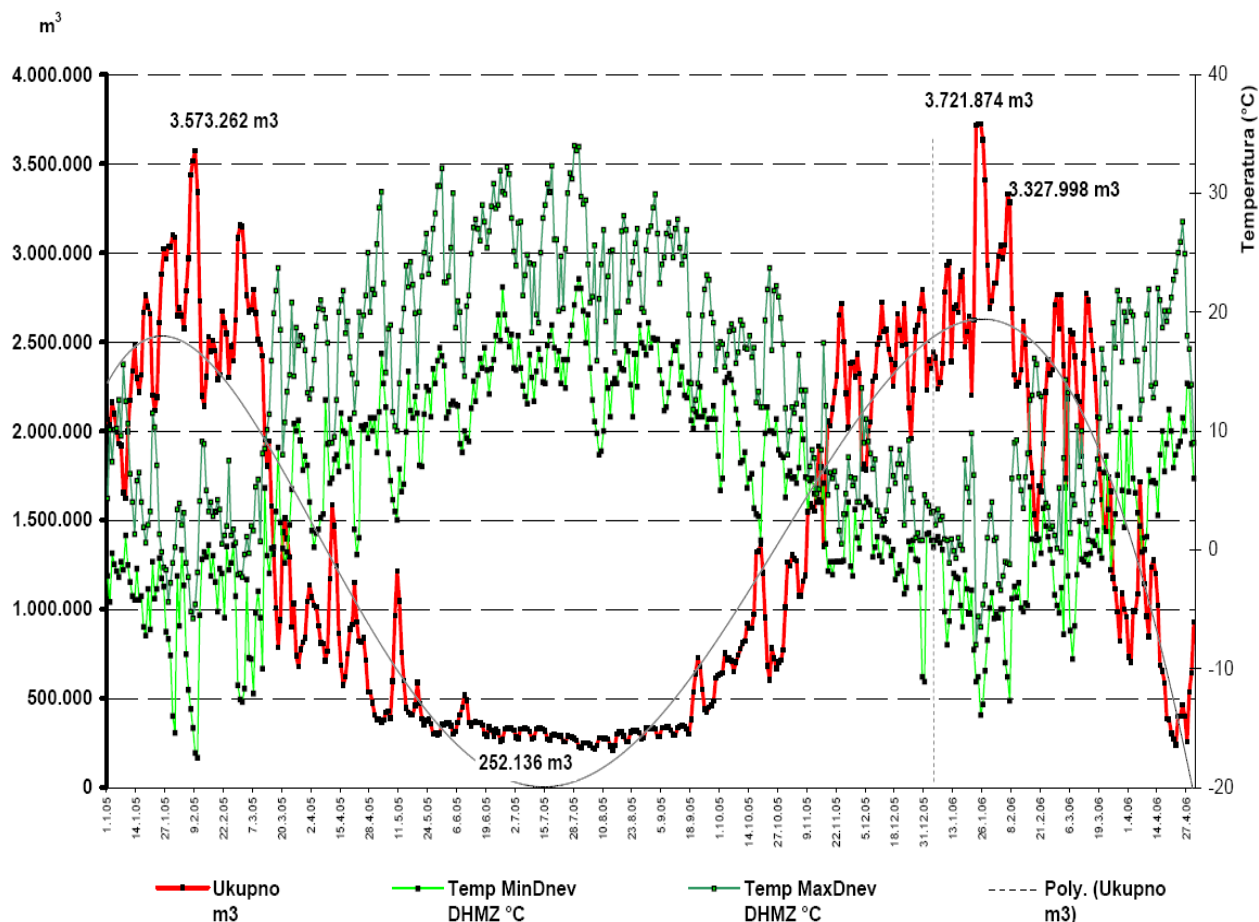


Slika 2: Razlika dnevne potrošnje električne energije za R. Hrvatsku za dva tjedna (T3) i (T4) siječnja 2006. godine. [1]

3. Zahlađenje i utjecaj na potrošnju plina šire zagrebačke regije

Izrazita ovisnost potrošnje prirodnog plina o vanjskoj temperaturi vidljiva je i na grafikonu satnih dobavnih količina prirodnog plina i satnih temperatura. Najveća potrošnja prirodnog plina ostvarena je u najhladnijem dijelu godine od 23. od 29. siječnja 2006.

Nakon izrazitog pada temperature 23. siječnja 2006. uslijedilo je znatno povećanje potrošnje prirodnog plina. Ukupna dnevna dobavna količina prirodnog plina je povećana u odnosu na iste dane prethodnog tjedna (T3) za srijedu 48,36% i 46,76% za četvrtak. Slika 3. općenito predočava promjenu potrošnje plina u temperature zraka za GPZ tijekom 2005. i djela 2006. godine. Iskustveno se pokazalo da je potrošnju plina za hladne zimske mjesece bolje staviti minimalnu dnevnu temperaturu u korelaciju sa potrošnjom plina, što je na slici i prikazano. Kako je vidljivo ove dvije krivulje su komplementarne.



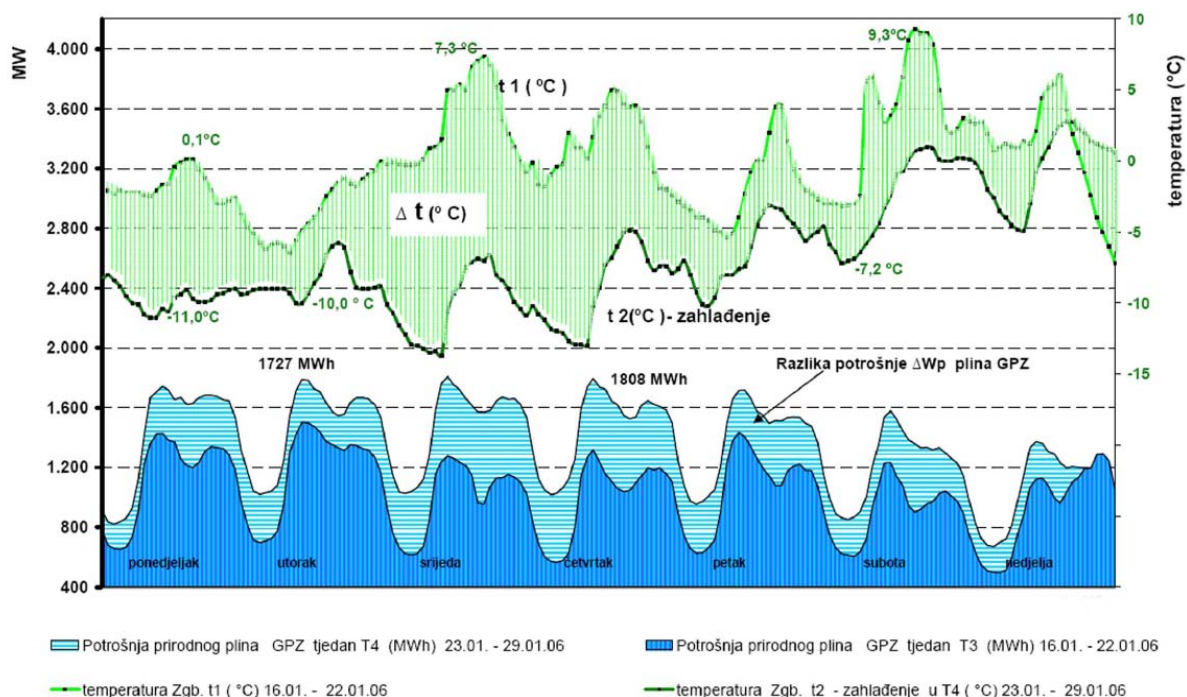
Slika 3: Promjena dnevne potrošnje prirodnog plina(GPZ) u funkciji dnevne temperature zraka za 2005. i 2006. godinu.

Utjecaj zahlađenja na potrošnju plinskog sustava šire zagrebačke regije na ekvivalentan način je predočen na slici 4. Prve naznake rasta potrošnje vidljive na grafikonu u jutarnjim satima srijede 24. siječnja 2006. Potom i značajnije povećanje potrošnje plina.

Tablica 1. Povećanje potrošnje plina u tjednu (T4) u odnosu na (T3) 2006. godine

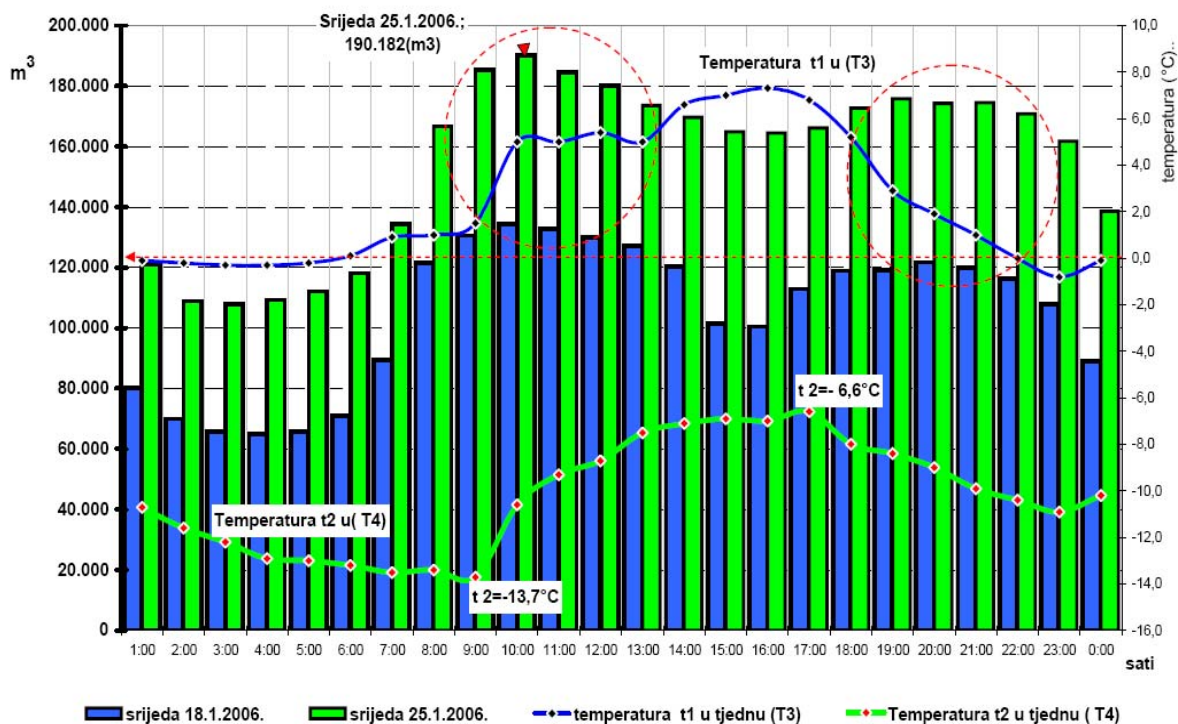
	Suma tjedan (T3) m ³	Suma tjedan (T4) m ³	Povećanje potrošnje m ³	Povećanje potrošnje (%)	Temperatura sred.dnevna tjedan T3	Temperatura sred.dnevna tjedan T4	Pad tem. (°C)
PON	2.834.304	3.576.304	742.000	26,18%	-1,86	-9,61	-7,75
UTO	2.959.520	3.716.180	756.660	25,57%	-3,43	-8,57	-5,14
SRI	2.511.488	3.725.986	1.214.498	48,36%	2,53	-10,20	-12,72
ČET	2.506.638	3.678.814	1.172.176	46,76%	0,96	-8,93	-9,88
PET	2.676.520	3.499.310	822.790	30,74%	-1,98	-6,29	-4,32
SUB	2.286.672	3.056.878	770.206	33,68%	3,13	-2,44	-5,56
NED	2.358.174	2.707.580	349.406	14,82%	1,10	-0,44	-1,55

Gradska plinara Zagreb (GPZ) pokriva potrebe za prirodnim plinom gradova Zagreb, Zaprešić, V. Goricu itd. Veći potrošači plina su: Kraš, Inker, ciglane, bolnice, trgovački centri, te domaćinstva za potrebe grijanje prostora. Za pretvorbu i ujednačavanje jedinica korištena je izvedena relacija koja se svodi na relaciju 1 MW = 108 m³ prirodnog plina.



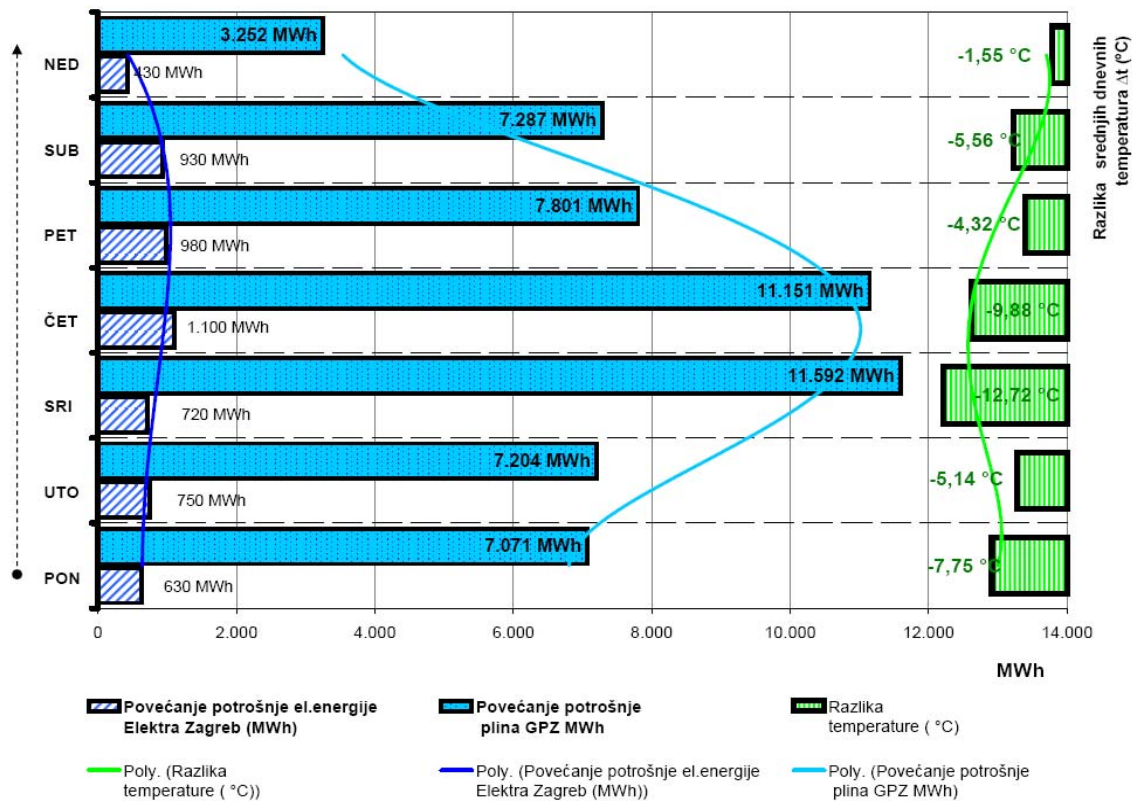
Slika 4: Preklopna usporedba satne potrošnje prirodnog plina GP Zagreb za dva uzastopna tjedna (T3) i (T4) siječnja 2006. u funkciji satne temperature. [2], [5]

Najveće satno opterećenje plinskog sustava tijekom tjedna u kojem je došlo do brzog i naglog prodora hladne zračne mase ostvareno je u srijedu odnosno u četvrtak (vidi tablicu1.). Tijekom navedenih dana ostvareno je najveće ukupno dnevno opterećenje. Povećanje dnevne potrošnje plina predočeno je u tablici 1. te za srijedu na slici 5. Na ovoj slici prikazana je razlika srednje dnevne temperature i primjereni odzivi sustava potrošnje električne energije i plina. Svi podaci za oba vrste energenta se odnose samo na zagrebačku regiju. [5]



Slika 5: Usporedba promjene satne potrošnje plina (GPZ) u funkciji satne temperature t_1 i t_2 za dvije srijede tjedna T4 i T3.[4]

Primjer povećanja dnevne potrošnje plina za srijedu predočen je na slici 5. U tjednu (T4) najveće satno opterećenje ostvareno je u srijedu i četvrtak, kao i ukupno dnevno opterećenje. Na ovoj slici prikazana je razlika srednje dnevne temperature i primjereni odzivi sustava potrošnje električne energije i plina. Svi podaci za oba energenta se odnose samo na zagrebačku regiju. Za razliku od prethodnih računanja satnih temperatura na slici 6. prikazana je razlika srednjih dnevnih temperatura za tjedne (T3) i (T4). Najveća vrijednost temperaturene razlike ostvarena je u četvrtak iznosila je 12,7 °C. Inače omjer zimske i ljetne potrošnje plina za širu zagrebačku regiju (GPZ) je približno 10:1. Dakle potrošnja plina je u toku zimskih mjeseci, deset puta veća nego ljetna potrošnja.



Slika 6: Povećanje ukupne dnevne potrošnje električne energije (Elektra-Zgb) i prirodnog plina (GPZ) za širu zagrebačku regiju tijekom (T4) siječnja 2006. [2], [5]

4. Odzivi različitih sustava na zahlađenje u siječnju 2006. godine

Odzive ovako različitih sustava po veličini i drugim osobinama možemo donekle usporediti. Temeljem dostupnih podataka i grafikona možemo reći da su oni u pogledu odziva uglavnom slični. Različito su vrijeme i brzina odziva. Cijeli elektroenergetski sustav Hrvatske ostvario je maksimalnu potrošnju električne energije u srijedu, dakle približno od 12 do 16 sati nakon klimatološkog poremećaja. Manji sustav nazovimo ga ovdje uvjetno sustav Elektro Zagreb (koji je dio velikog EES-a Hrvatske) i GP Zagreb maksimalne vrijednosti su imali u srijedu i četvrtak. Plinski sustav je u odnosu na elektroenergetski tromiji, te su određena utvrđena kašnjenja odziva očekivana. Usporedi li se potrošnja električne energije i plina za zagrebačku regiju vidljivo je dominantno povećanje potrošnje plina. Razlozi takvoj velikoj razlici u povećanju potrošnje nalazi se u mnogim uzrocima. No jedan čini se prevladavajući, je u činjenici da se za zagrijavanje prostora u zagrebačkoj regiji znatno više koristi plin u odnosu na električnu energiju. U Dalmaciji koja još uvijek nema plinsku mrežu, situacija je drugačija. Električna energija korištena u akumulacijskim pećima ili dvonamjenskim klima uređajima prevladava u zagrijavanju prostora. Smatramo da je u najvećoj mjeri do velikog povećanja potrošnje plina u četvrtom tjednu ostvareno upravo po toj vrsti



potrošnje, te je uslijedio rezultat kao što je to vidljivo na grafikonu. Za slučaj većih poremećaja u jednom sustavu, raste opterećenja u drugom energetsom sustavu. Međuovisnost ova dva sustava je praktično predočena kod djelomičnog raspada EES 22.1.2003.godine. Obustavom plina snižava (obustavlja) se razina proizvodnje električne energije u energetskim objektima koje koriste plin. U siječnju 2009. godine kada je ostvarena veća redukcija plina, takva međuovisnost ova dva komplementarna sustava je praktično potvrđena.

5. Zaključak

U radu je opisana i putem niza grafikona predočena međuovisnost plinskog i elektroenergetskog sustava u periodu naglog zahlađenja, na primjeru podsustava grada Zagreba. Iako je ovu međuovisnost vrlo teško kvantificirati, budući da ovisi o čitavom nizu čimbenika, ista je vrlo zorno prikazana i dokazana kroz predmetni rad. Rizici neosiguranja dovoljnih količina plina kao energenta utjecati će nepovoljno na elektroenergetski sustav u smislu povećanja njegovog opterećenja, a vrijedi i obratna zakonitost. Stoga je navedene činjenice potrebno uzeti u obzir u fazama kako kratkoročnog tako i dugoročnog odnosno strateškog planiranja. Kratkoročnim planiranjem potrebno je u zimskim periodima osigurati dovoljne količine i plina i električne energije, uzimajući u obzir moguće poremećaje u jednom ili drugom sustavu. Kroz dugoročno i strateško planiranje potrebno je dodatno sagledati utjecaj jednog sustava na drugi, pri razmatranju proširenja postojeće plinske infrastrukture odnosno izgradnju proizvodnih objekata na plin.

6. Literatura:

[1] Arhivski podaci HEP-OPS Zagreb.

[2] Arhivski podaci DHMZ, Zagreb.

[3] <http://croatian.wunderground.com/global/RH.html>

[4] Aplikacija programa Archive Client i Archive Report, NDC Zagreb.

[5] Izvješće 2. iz GPZ 2006.godine.

Utjecaj izbora stroja i zagrijavanje materijala u oblikovanju metala deformiranjem na gospodarenje energijom i zaštitu okoliša

B. Grizelj^{1,*}, Josip Cumin¹, Nikola Soskic¹, Ivan Seucek², Branimir Vujčić³

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 korespondenciju. E-mail: branko.grizelj@sfsb.hr

Abstract

The paper is concerned with the influence of selection 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.

Endothermic carburizing atmospheres consist of a mixture of carburizing agents (CO , CH_4) and decarburizing (CO_2 , H_2O) agents, the ratio of which determines the carburizing potential in the furnace. As the driving force for carburizing is determined by the gradient between the carbon potential in the atmosphere and carbon at the steel surface, it is imperative to maintain a high carburizing potential throughout the whole process. From a thermodynamic standpoint, the generation of the carburizing atmosphere is a complex process involving the interaction of numerous gases. Endothermic gas is most commonly produced by mixing air and natural gas and consists of CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , H_2O and N_2 . Among various chemical reactions occurring simultaneously in the carburizing atmosphere, only three reactions are important and determine the rate of carbon transfer.

Key words: 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 (**Figure 1.**), the springback angle is easily determined to be

$$\rho = \alpha - \alpha_r = \left(\frac{1}{K} - 1 \right) \alpha_r \quad .[1]$$

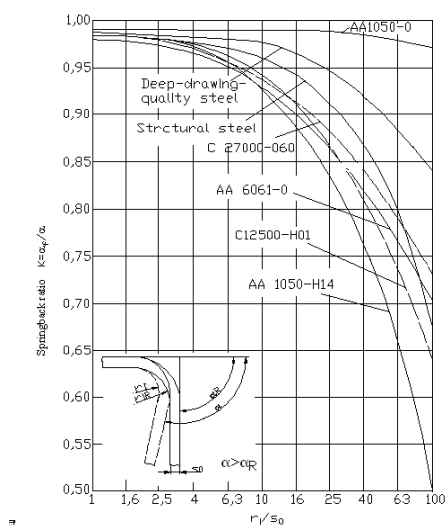


Figure 1. Springback ratio of different work materials as a function of bend radius [1]

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 **Figure 2** **Figure 3**. presents tools Kt 5081 ($R_k = 4925$ mm) and Kt 5136 ($R_k = 4500$ mm).

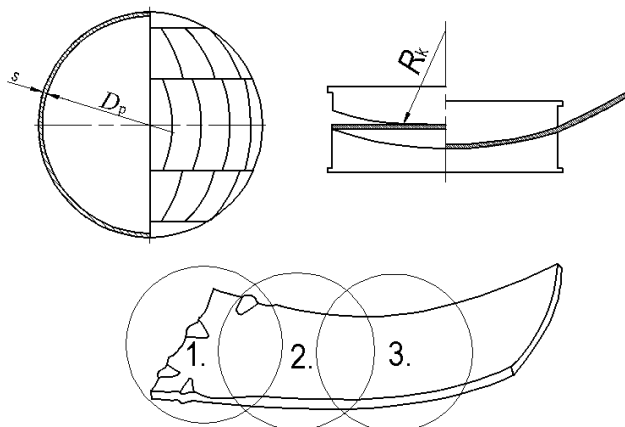


Figure 2. The bending of segment in tool

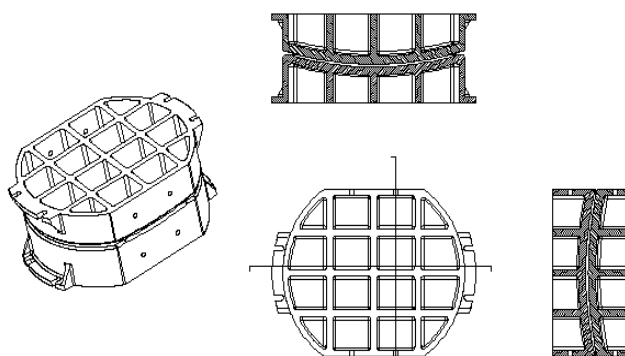


Figure 3. Tool Kt 5081 and Kt 5136

4. Mathematical interpretations of results obtained by experiments in praxis

The experiments were conducted using the plates $\phi 2000 \times 16$ 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 (**Figure 3**) was set 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 $\phi 2000 \times 29$ mm coefficient of calibration k is $k = 2$, and for the plate with dimensions $\phi 2000 \times 16$ 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 $\phi 2000 \times 20$ 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 selection, heating and gas Carburizing Atmosphere Reactions

Optimal machine selection should be based on criteria 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 (Figure 4).



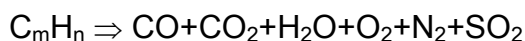
Figure 4. Heated and formed segment of spherical tank

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 differing 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 (≈ 1 kg) 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 heat efficiency 25%. So in this particular example process of hot metal forming requires 135 times higher energy input than process of cold metal forming.

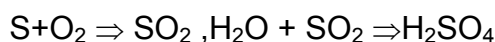
Endothermic carburizing atmospheres consist of a mixture of carburizing agents (CO , CH_4) and decarburizing (CO_2 , H_2O) agents, the ratio of which determines the carburizing potential in the furnace. As the driving force for carburizing is determined by the gradient between the carbon potential in the atmosphere and carbon at the steel surface, it is imperative to maintain a high carburizing potential throughout the whole process. From a thermodynamic standpoint, the generation of the carburizing atmosphere is a complex

process involving the interaction of numerous gases. Endothermic gas is most commonly produced by mixing air and natural gas and consists of CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , H_2O and N_2 . Among various chemical reactions occurring simultaneously in the carburizing atmosphere, only the following three reactions are important and determine the rate of carbon transfer.

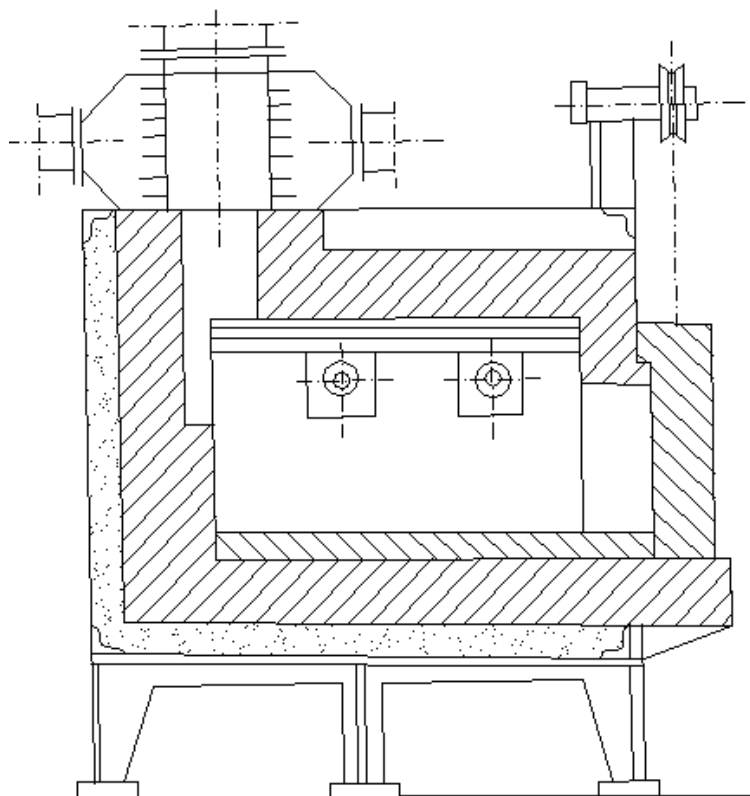
For heating up material C_mH_n is used as a fuel. As a product of burning C_mH_n following gasses arise:



Certain gases combine and create new gases:



If there are too much of these 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 (**Figure 5**).



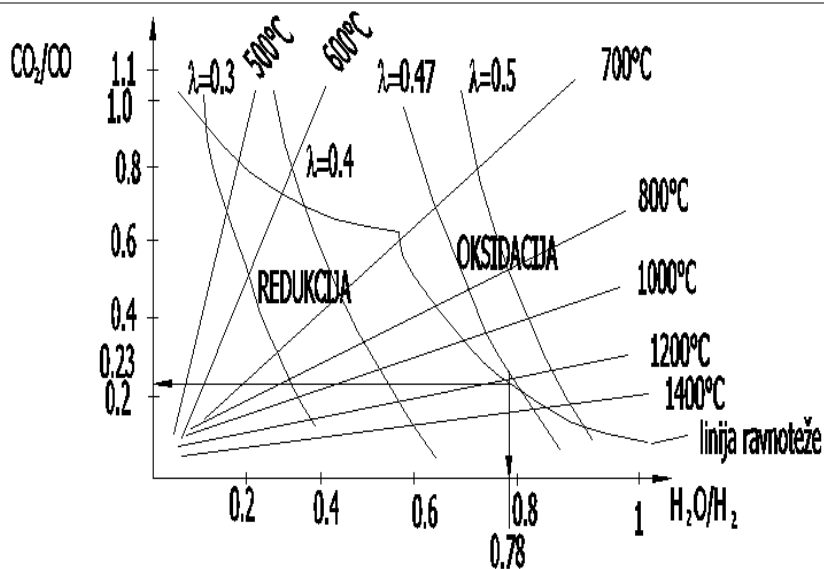


Figure 5. Furnace atmosphere gas balance [1]

From **Figure 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 demanded 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 cleanest energy resource 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.



Ušteda prirodnog plina uporabom sunčeve energije *Saving natural gas using solar energy*

K. Hornung^{1*}, M. Stojkov², E. Hnatko², M. Kljajin², M. Opalić³

¹ Srednja škola Valpovo, Valpovo, Hrvatska

² Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

³ Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju E-mail: marinko.stojkov@sfsb.hr

Sažetak

U članku se govori o mogućnosti uštede prirodnog plina uporabom sunčeve energije na primjeru grijanja u Srednjoj školi Valpovo.

Abstract

This article discusses the possibility of saving gas using solar energy in the case of heating in the High school Valpovo (Croatia).

Ključne riječi: prirodni plin, ušteda, sučeva energija

1. Uvod

Energija kao i potražnja za njom veoma su važni za funkcioniranje cjelokupnog gospodarstva svake države, pa tako i Hrvatske. Analizirajući potrošnju energije u zadnjih stotinjak godina, može se zaključiti da svakim danom važnost i potrošnja energije sve više raste na što utječe više čimbenika. Prema nekim predviđanjima, potrošnja energije u narednih 20 godina u Hrvatskoj bi pod određenim pretpostavkama mogla porasti za 50 ÷ 60 % [1].

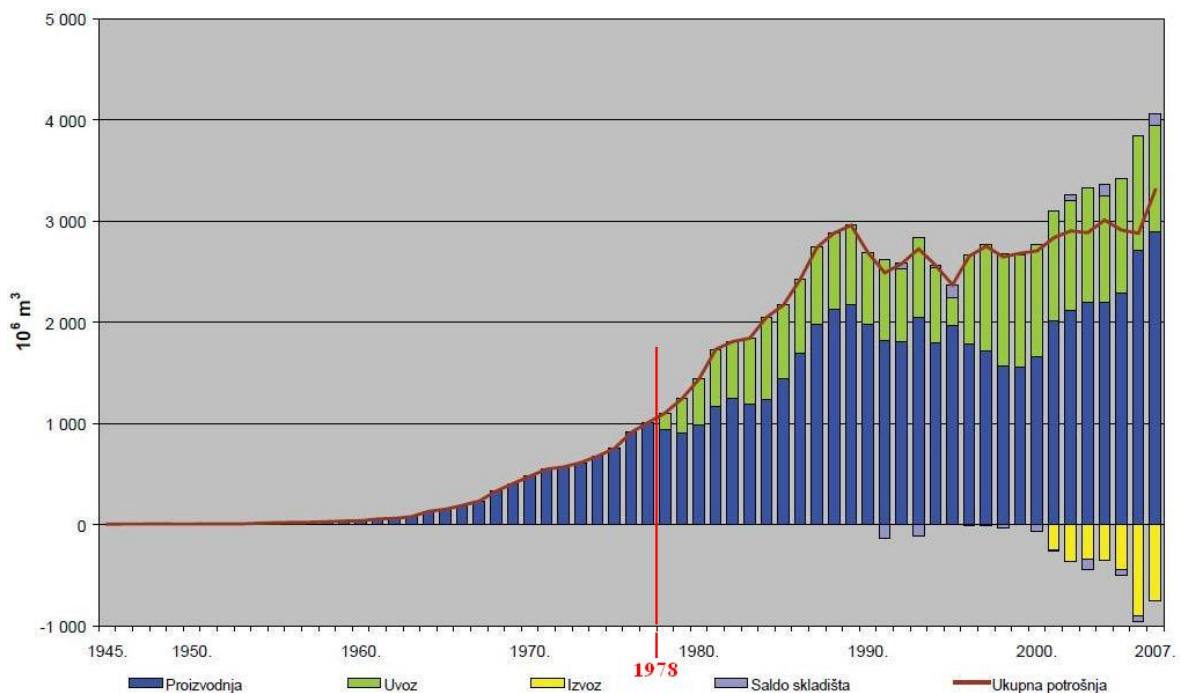
Iako su ulaganja u energetici iznimno velika, potrošnja energije znatno brže raste od proizvodnje pa smo primorani uvoziti određenu količinu energije. Pokrivenost potrošnje energije s energijom iz domaćih izvora zadnjih se godina kreće oko 50 %.

Kao izvor energije, danas dominira plin sa 44,1 %, slijedi hidroenergija s 30 %, sirova nafta s 15,6 %. Potrošnja ugljena u Republici Hrvatskoj godinama je u padu, ali ipak postoji (TE Plomin 2). Obnovljivi izvori još su uvijek nedovoljno zastupljeni.

Struktura potrošnje primarne energije mijenjala se u skladu sa procesom industrijalizacije i globalizacije pa tako danas na opću potrošnju (kućanstva, javne ustanove, obrti i malo gospodarstvo) otpada 46,2 %, na promet 33,8 %, a na industriju 20 % energije u Hrvatskoj. Na pad potrošnje energije u industriji bitno je utjecalo zatvaranje velikih potrošača energije (proizvodnja sirovog željeza u Sisku, ferolegura u Dugom Ratu, aluminijska u Šibeniku i tome slično) [1].

Opisrbu plina u Hrvatskoj možemo promatrati kroz dva razdoblja. Prvo razdoblje je do 1978. kada smo trošili plina koliko smo i proizveli, i drugo nakon 1978. kada trošimo više plina nego što proizvedemo, kao ští je prikazano na slici 1. [1]

Prirodni se plin pokazao kao najprihvatljiviji energent. Ekološki gledano, on najmanje zagađuje okoliš, a po cijeni je najprihvatljiviji. Stoga je nužno da prirodni plin i dalje održavamo kao naš najvažniji energent. Međutim, nužno je poraditi i na energetskeim uštedama kako bi smanjili ovisnost o uvozu prirodnog plina. Jedna od mogućih ušteda je i uporaba obnovljivih izvora energije. Od svih oblika obnovljivih izvora, ovdje će biti analizirana uporaba Sunčeve energije i to za proizvodnju toplinske i električne energije.



Slika 1. Raspoložive količine prirodnog plina u Hrvatskoj od 1945. do 2007. [1]

2. Obnovljivi izvori energije (OIE)

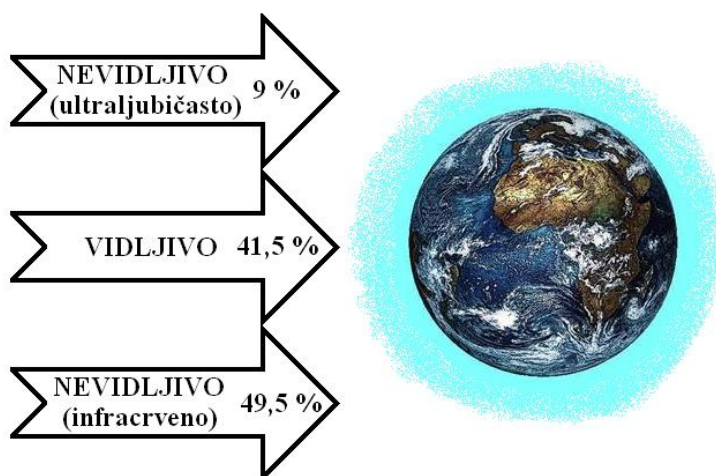
Trenutačna proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije kao što su energija Sunca, vjetra, energija otpada i biogoriva, geotermalna energija i ostalih OIE - daju manje od 1 % ukupne energije koju danas trošimo. Sunce isporučuje Zemlji 15 tisuća puta više energije, nego što čovječanstvo u sadašnjoj fazi uspijeva potrošiti. 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, a vidljivo je na slici 2, 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 pristigle na površinu Zemlje [2].

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. Razvoj tehnologija i korištenja obnovljivih izvora energije – Sunce, vjetar, voda i biomasa – važni su zbog nekoliko razloga:

- Obnovljivi izvori energije imaju važnu ulogu u smanjenju emisije CO₂ u atmosferu.
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije, povećava energetske održivosti 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.



Slika 2. Sunčevo zračenje na površini Zemlje [2]

Glavni problem za instalaciju solarnih sustava je početna cijena, a to povećava cijenu dobivene energije u prvih nekoliko godina na razinu potpune neisplativosti u odnosu na ostale komercijalno dostupne izvore energije.

Veliki udio u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora, rezultat je ekološke osviještenosti stanovništva, koje usprkos početnoj ekonomskoj neisplativosti, instalira postrojenja za proizvodnju "čiste" energije [2].

3. 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 sl. 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, može vidjeti da u skladu sa promjenom zemljopisne širine, ukupna godišnja količina Sunčeva zračenja općenito raste od sjeverozapada prema jugoistoku. Najveću



ozračenost vodoravne plohe ostvaruje jug Hrvatske, odnosno, priobalni pojas i pučinski južnodalmatinski otoci (1650 kWh/m² godišnje) [3].

Prema PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) podacima, optimalni kut se za područje RH kreće od 33° na sjeveru do 37° na jugu. Treba imati na umu da se optimalni kut mijenja tijekom godine zbog prividnog kretanja Sunca [4].

U tablici 1 dani su podaci o raspoloživom Sunčevom potencijalu na horizontalnu plohu i plohu pod optimalnim nagibom te srednje temperaturne vrijednosti za Valpovo. Zemljopisni položaj i klimatski uvjeti su uzrok da Valpovo ima manje raspoloživog sunčevog potencijala u odnosu na jug Hrvatske, ali i ovdje postoje povoljni uvjeti za korištenje istog. Iz tablice 1 vidljivo je da postavljanjem plohe pod optimalni kut, možemo utjecati na količinu Sunčevog zračenja.

Tablica 1. Raspoloživost sunčevog potencijala za Valpovo [4]

Mjesec	Optimalni kut nagiba (°)	Globalno Sunčevo zračenje - optimalni kut (Wh/m ² dnevno)	Globalno Sunčevo zračenje na horizontalnu plohu (Wh/m ² dnevno)	Srednja dnevna temperatura (°C)
Siječanj	61	1591	1060	0,1
Veljača	54	2395	1741	2,4
Ožujak	43	3446	2827	6,7
Travanj	29	4553	4157	11,8
Svibanj	17	5132	5116	17,0
Lipanj	12	5272	5462	20,1
Srpanj	16	5726	5790	21,8
Kolovoz	26	5510	5150	21,5
Rujan	41	4645	3815	16,7
Listopad	53	3301	2388	12,8
Studen	59	1783	1223	6,7
Prosinac	62	1256	841	1,1
Srednja vrijednost	33	3724	3306	11,5

4. Primjena sunčeve energije

S obzirom da na opću potrošnju (kućanstva, javne ustanove, obrti i mala privreda) otpada 46,2 % potrošnje primarne energije, na primjeru javne ustanove (Srednja škola Valpovo), analizirati će se potrošnja i moguća ušteda energije.

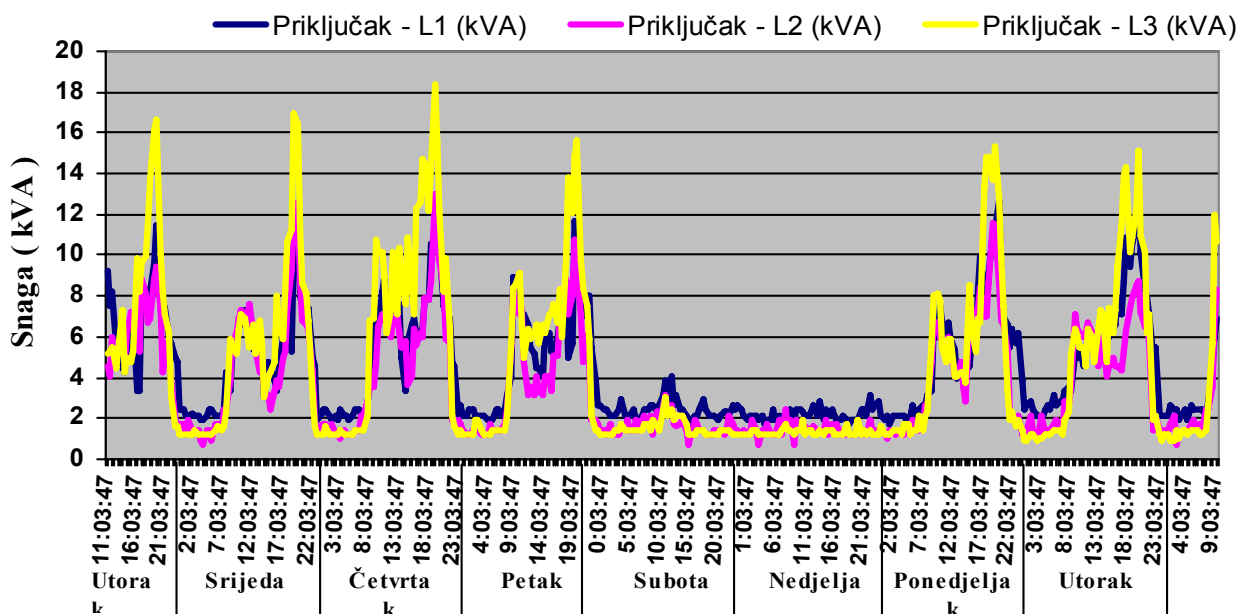
Školska zgrada ima ukupnu površinu 4771 m² s različitim funkcionalnim prostorima. Opremljenost škole nastavnim pomagalicama, ali i opremom neophodnom za kvalitetno odvijanje nastave, također je na visokom nivou (kvalitetna rasvjeta, veliko broj osobnih računala i LCD projektor za potrebe nastave i sl.) .

Optimalni prostorni uvjeti, kao i sama opremljenost škole, uvjetuje određenu potrošnju električne energije i plina, kao što je navedeno u tablici 2, gdje je prikazana potrošnja energenata za razdoblje od 2007. – 2009. godine kao i potrošena financijska sredstva [5]. Iz tablice 2 je vidljivo da ukupna godišnja potrošnja energenata raste. Kako i cijene samih energenata rastu, financijski izdatak je značajan.

Tablica 2. Pregled ukupno potrošenih energenata i financijskih sredstava za energente u razdoblju 2007. – 2009. [5] (u tablici nije navedena potrošnja radionice za obradu metala)

PREGLED POTROŠENIH ENERGENATA I FINANCIJSKIH SREDSTAVA U RAZDOBLJU 2007. – 2009.				
Godina	Energent	Potrošeno	Cijena	Ukupno
2007	Struja	155 236 kW	122 989,77 kn	274 189,47 kn
	Plin	79 446 m ³	151 199,70 kn	
2008	Struja	109 880 kW	109 767,70 kn	295 887,34 kn
	Plin	97 793 m ³	186 119,64 kn	
2009	Struja	223 919 kW	178 044,20 kn	371 704,97 kn
	Plin	83 691 m ³	193 660,77 kn	

Na osnovi izvršenih mjerenja potrošnje električne energije od strane HEP-a, provedenih 02.03.–10.03.2010., a odnosi se na školsku zgradu i 11.03.-19.03.2010. za gradsku športsku dvoranu, izrađeni su dijagrami (slika 3 do 6) koji prikazuju potrošnju (opterećenje) tijekom nekoliko dana, a takvi oblici dijagrama vrijede za cijelu školsku godinu jer je potrošnja električne energije uvjetovana odvijanjem nastave.

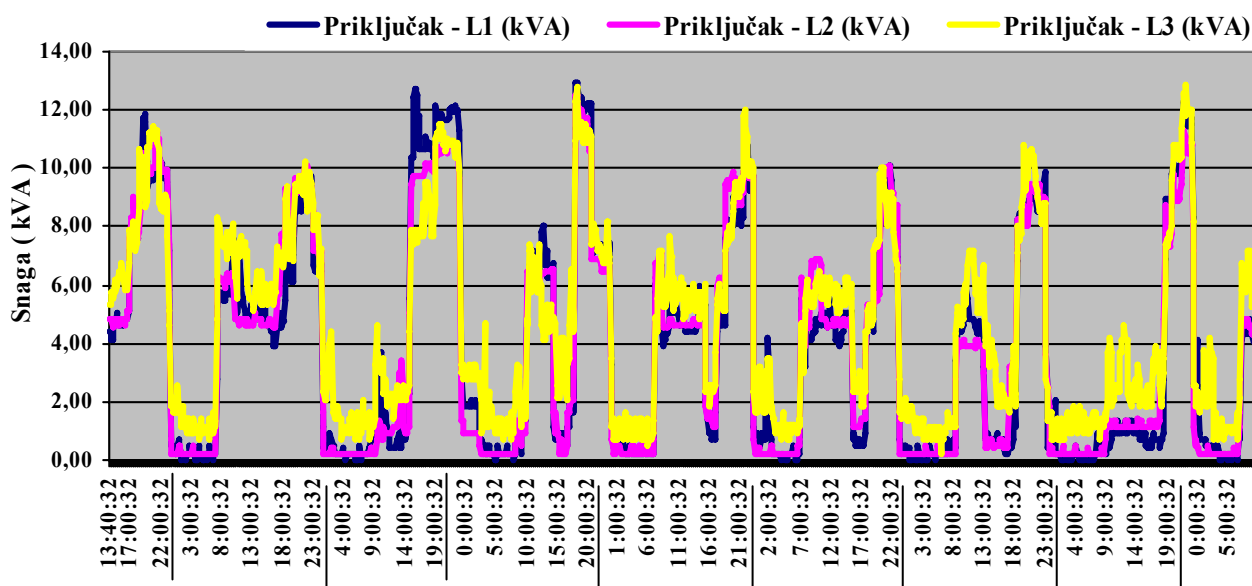


Slika 3. Ukupno opterećenje priključka (školska zgrada) [6]

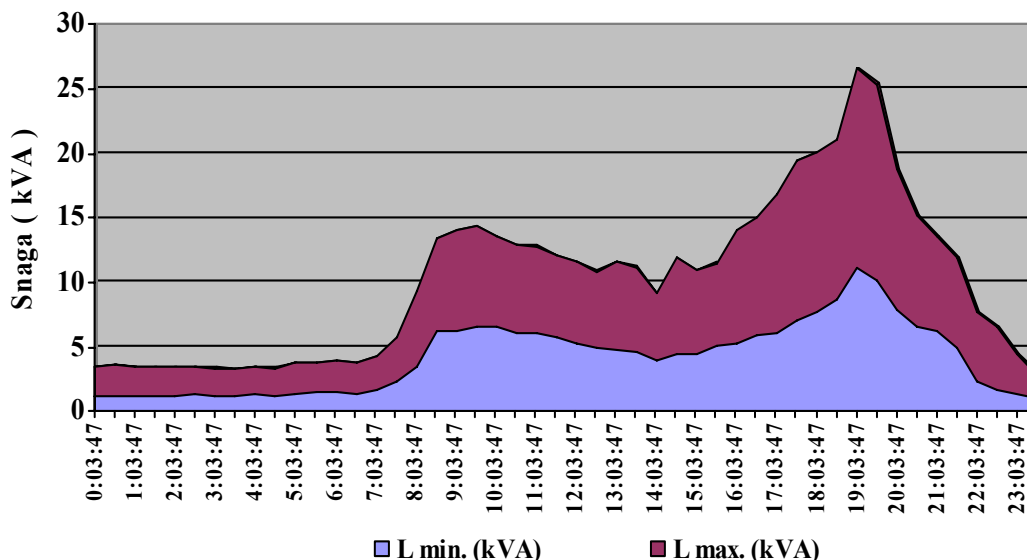
Iz dijagrama na slici 3 vidljivo je da se potrošnja električne energije u školskoj zgradi mijenja tijekom radnih dana, a tijekom vikenda je minimalna. Takvi rezultati su bili za

očekivati. S druge strane, slika 4, prikazuje dijagram potrošnje električne energije u športskoj dvorani. I ovdje su očekivani rezultati, potrošnja električne energije je povezana s korištenjem, tj. s aktivnostima u dvorani.

Ako se od rezultata mjerenja za radne dane uzmu prosječne vrijednosti i u dijagramu prikažu grafove za minimalne i maksimalne vrijednosti promjena tijekom 24 sata, kao što je prikazano na slici 5 za školsku zgradu i 6 za športsku dvoranu, vidi se da promjene potrošnje prate "aktivnosti" u školskoj zgradi, odnosno športskoj dvorani.



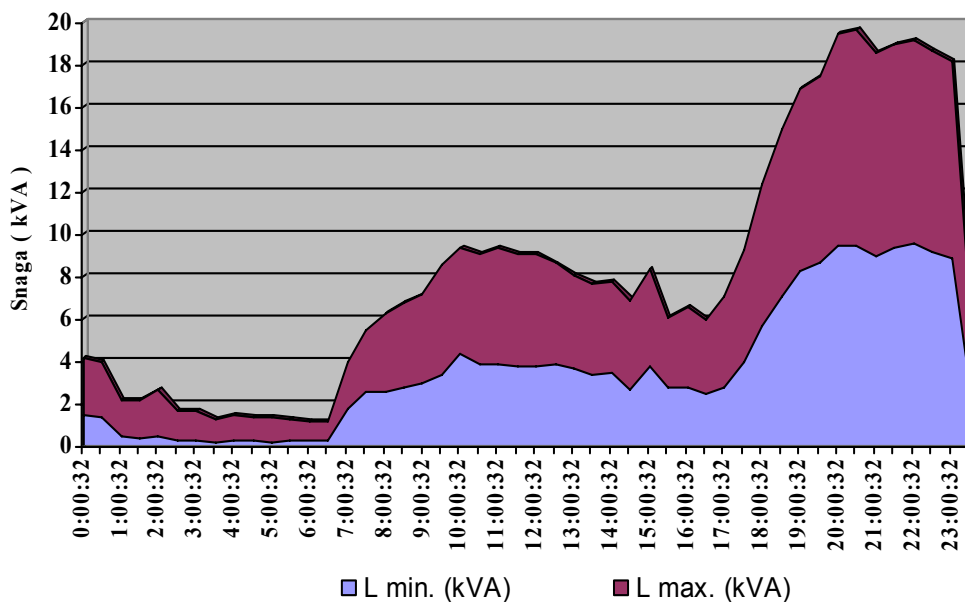
Slika 4. Ukupno opterećenje priključka (športska dvorana) [6]



Slika 5. Ukupno opterećenje priključka tijekom radnog dana (školska zgrada) [6]

Na potrošnju električne energije, može se utjecati na više načina. Ako se fizički smanji broj potrošača električne energije, to bi imalo utjecaja na kvalitetu života. S druge strane, izborom štedljivih potrošača, može se znatno smanjiti potrošnja, i to bez utjecaja na broj

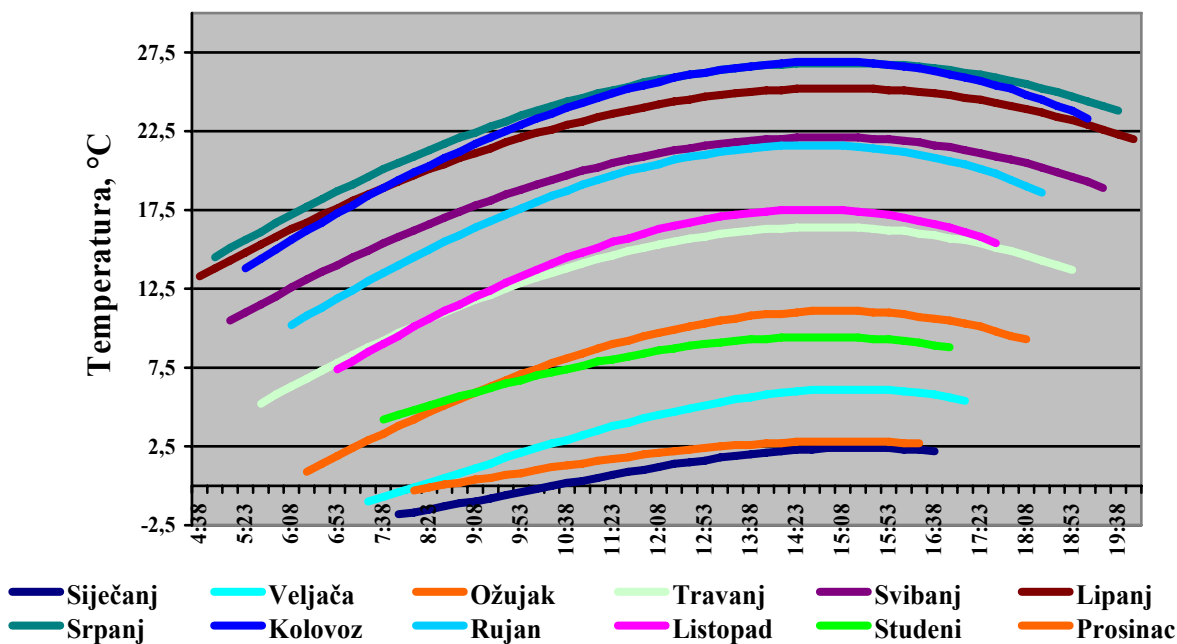
potrošača. Od štedljivih potrošača, npr. mogu poslužiti štedne žarulje koje mogu uštedjeti do 80 % električne energije ili različiti električni aparati energetskog razreda A.



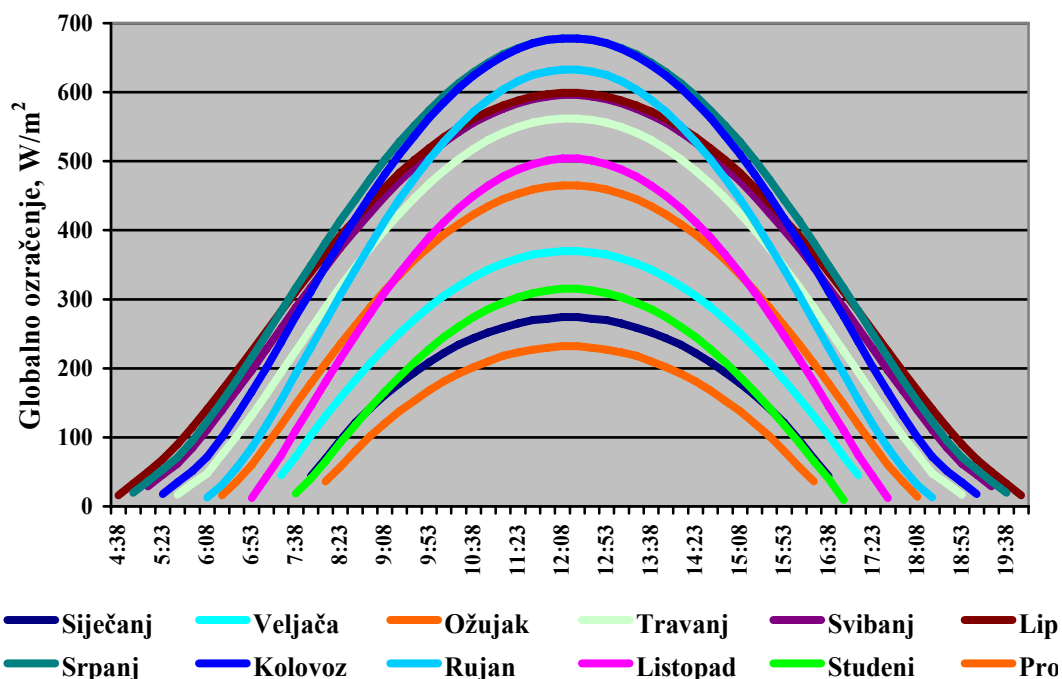
Slika 6. Ukupno opterećenje priključka tijekom dana (športska dvorana) [6]

5. Sunčeva energija u Valpovu tijekom godine

Prilikom projektiranja sustava za korištenje Sunčeve energije, mora se biti upoznat sa koliko energije se može raspolagati. Prema PVGIS podacima za Republiku Hrvatsku i grad Valpovo, na slikama 7 i 8 su grafički prikazani podaci za promjene prosječne temperature i globalno ozračenje tijekom dana po mjesecima za grad Valpovo. Iako vrijednosti nisu velike jer se Valpovo nalazi sjevernije pa je i upadni kut manji, dozračena energija je značajna i može se povoljno iskoristiti za proizvodnju toplinske i električne energije.



Slika 7. Prosječna satna temperatura tijekom dana po mjesecima (u C°), u Valpovu [4]



Slika 8. Globalno ozračenje tijekom godine (u W/m^2), lokacija Valpovo [4]

Tijekom godine vršen je veći broj cjelodnevni mjerenja podataka, a u tablici 3 prikazani su podaci mjereni tijekom samo jednog dana. Ako pogledamo podatke na slici 5 i rezultate Sunčevog zračenja u tablici 3, vidimo određeno poklapanje povećanja potrošnje energije tijekom dana i promjene Sunčevog zračenja.

Tablica 3. Rezultati mjerenja izvršenih 23.06.2011.

Sat	Zračenje, w/m^2	FN - struja, A	FN - napon, V	T. okoline, °C	MM1, °C	MM2, °C
7:00	198	0,3	12,989	19,4	22,2	23,3
8:00	319	0,67	13,717	20,7	26,4	26,4
9:00	546	0,86	13,218	22,1	33,7	43,2
10:00	710	0,94	13,269	23,4	43,4	61,6
11:00	839	1,01	13,252	24,9	65,8	82,5
12:00	873	1,03	13,379	27,7	95,2	127,3
13:00	929	1,07	13,501	28,6	101,7	136,4
14:00	958	1,04	13,649	29,3	104,8	142,7
15:00	972	1,07	13,679	30,2	101,9	139,2
16:00	946	1,09	13,618	31,2	94,1	107,1
17:00	894	1,05	13,535	31,6	80,2	93
18:00	756	0,26	13,149	30,7	61,1	79,2
19:00	53	0,03	12,925	29,5	45,9	57,5

Kao što se vidi iz podataka, mogućnosti korištenja Sunčevog zračenja su velike. Postavljanjem adekvatnog FN sustava za proizvodnju električne energije, može se smanjiti



potrošnja el. energije iz mreže ili se tako proizvedena energija može po povlaštenoj cijeni distribuirati u mrežu. Pod takvim uvjetima, FN sustav se može otplatiti za 5 do 6 godina.

S druge strane, potrošnja plina (za navedenu školu) je najviše vezana za zagrijavanje prostorija pa se tako i potrošnja plina mijenja iz mjeseca u mjesec. Trošenje plina i mogućnosti uštede analizirane su i opisane u [7]. Tada je analizirana potrošnja u 2008. godini kada je potrošeno 97 793 m³ plina, a da se koristila Sunčeva energija za zagrijavanje PTV i podršku grijanju, moglo se uštedjeti tijekom godine 19 199,94 m³ plina što za ovaj primjer iznosi 19,63 %.

6. Zaključak

Uporabom Sunčeve energije za proizvodnju električne i / ili toplinske energije, mogu se tijekom vremena uštedjeti znatna materijalna sredstva. Otplata sustava se može promatrati ili kroz poticajna sredstva koja se dobiju isporukom električne energije u mrežu i otkupom po povlaštenoj cijeni (ovisno o jačini sustava) od strane distributera ili kroz smanjenje potrošnje energenata (npr. plina) prilikom pripreme potrošne tople vode (PTV) i/ili za grijanje prostora.

Sustavi za korištenje toplinske energije mogu znatno utjecati na smanjenje potrošnje energije za zagrijavanje sanitarne vode ili za zagrijavanje prostora. Pravilnim dimenzioniranjem i postavljanjem sustava, može se sunčevu energiju iskoristiti, kao i kod FN ćelija, za djelomičnu ili potpunu samostalnost objekta u energetske 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 upotrebu. Kod toplinske energije može nastati problem ako je sustav akumuliranja energije / spremnik nedovoljan te može doći do povišenja temperature u kolektorima iznad dozvoljene granice, ali postoje mogućnosti da se riješe i ti problemi.

7. Literatura

- [1] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva : Energija u Hrvatskoj 2008
http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/ENERGETIKA/EUH08_za%20web.pdf
(12.06.2011.)
- [2] Branko Vuk, Ivan Šimurina: Energija u Hrvatskoj od 1945. do 2007. godine
<http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/ENERGETIKA/EUH45-07.pdf> (06.06.2011.)
- [3] Knežević, Siniša; Zidar, Margareta: Sunčevo zračenje. Energetski institut Hrvoje Požar. ISSN 1845-4372. http://www.eihp.hr/hrvatski/sunceva_energija6.htm , (28.03.2011.)
- [4] European Commission, Joint Research Centre, Ispra (VA): PVGIS PV Estimation Utility. <http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/pvest.php?europe>, (28.03.2011.)
- [5] Srednja škola Valpovo: Računi za utrošenu energiju (Arhiva računovodstva), Valpovo, 2007. – 2009.
- [6] Hrvatska elektroprivreda Osijek: Mjerenje opterećenja SŠ Valpovo, 02.03.-10-03.2010. uređaj s.n.4022
- [7] Hornung, Krunoslav; Hnatko, Emil; Stojkov, Marinko; Kljajin, Milan. Natural gas savings using solar heating. // Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 17, 4(2010), 475-480.



UTVRĐIVANJE OŠTEĆENJA TLAČNOG DIJELA KOTLA C12 TIP 5000

INVESTIGATION OF DAMAGES ON PRESSURE PARTS OF BOILER TYPE C12 5000

A. Ravlić¹, V. Pecić², I. Vitez²

1. Brod-plin d.o.o. Tome Skalice 4, Slavonski Brod, Hrvatska - Društvo energetičara Slavonski Brod, Županjska 33, Slavonski Brod, 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 korespondenciju. E-mail: antobplin@gmail.com

E-mail: vpecic@sfsb.hr

Sažetak

U radu su obrađeni i sistematizirani rezultati utvrđivanja oštećenja tlačnog dijela kotla C12 Tip 5000. Nakon 24 godine eksploatacije utvrđeno je da oštećenja nastaju na donjem dijelu cijevne stijene i dimne komore u kotlu, te da su ona daleko češća nego po cijeloj površini kotlovskog materijala. Također su analizirane i promjene svojstava osnovnih materijala u tlačnom dijelu kotla uz pomoć službe održavanja.

Abstract

The paper analyzed and systematized the results of investigation of damages on pressure parts of boiler C 12 Type 5000. After 24 years of exploitation has been found that the damage caused to donjem dijelu pipe wall and the smoke chamber in the boiler, and that they are far more common than the entire surface of boiler materials. They also analyzed the changes in properties of the basic material in the pressure of the boiler with the help of maintenance and operations.

Ključne riječi: kotao, debljina kotlovskih cijevi, utvrđivanje oštećenja, rezultati ispitivanja.

Key words: the boiler, the thickness of boilers tubes, investigation of damages, test results.



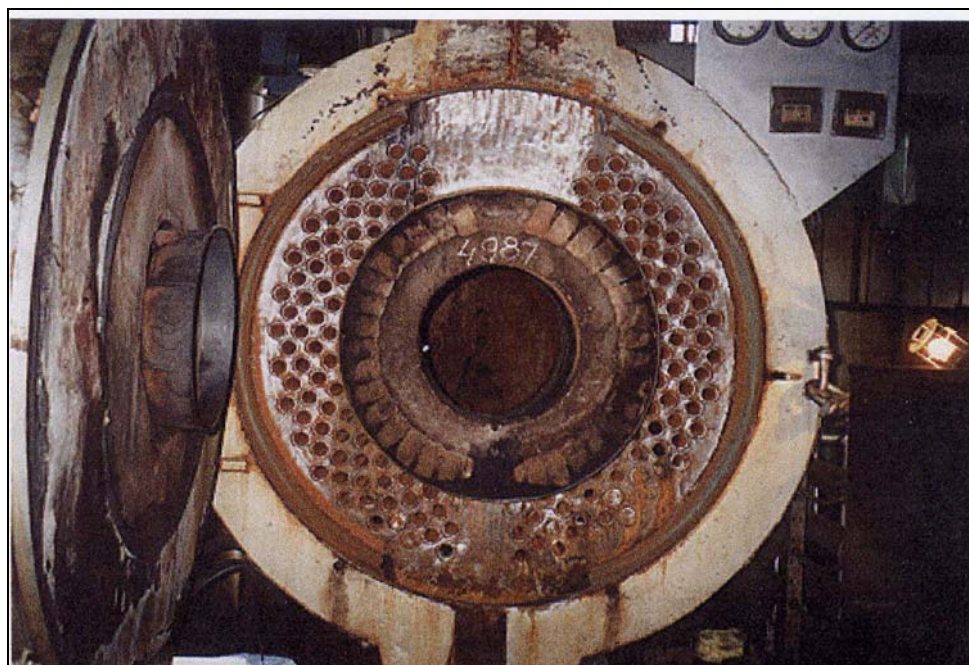
1. UTVRĐIVANJE OŠTEĆENJA TLAČNOG DIJELA KOTLA C 12 TIP 5000

1.1 Uvod

Na tlačnom dijelu kotla C 12 tipa 5000 došlo je nakon perioda eksploatacije od 24 godine do primjetnih oštećenja, te je predloženo utvrđivanje stanja kotla i oštećenja radi sanacije i nastavka rada.

Cilj utvrđivanja oštećenja je da se utvrdi potpunost pojedinih komponenti tlačnog sustava kotla, budući da je kotao u dugogodišnjoj eksploataciji i da je u zadnjim sezonama grijanja bilo havarija na komponentama (propuštanje dimnih cijevi).

Obim ispitivanja je u skladu s konstruktivnom izvedbom kotla (postojećeg odgovarajućeg ulaznog otvora) i iskustvima pri ispitivanju sličnih konstrukcija (slika 1.1.) [1].



Slika 1.1 Otvorena prednja vrata na kotlu C 12 Tip 5000



1.2 Osnovni tehnički podaci kotla

Tablica 1 Osnovni tehnički podaci kotla

r/b	Osnovni tehnički podaci kotla C 12, tip 5000	
1	Mjesto instaliranja	kotlovnica,
2	Tip kotla	blok kotao C 12 – 5000,
3	Tvornički broj	4987,
4	Godina proizvodnje	1978.,
5	Proizvođač	"Đuro Đaković", Slavonski Brod
6	Maksimalni dozvoljeni tlak kotla	7,5 bar,
7	Toplinska snaga kotla	5,82 MW,
8	Maksimalna dozvoljena temperatura vode u kotlu	140 °C,
9	Ogrjevna površina kotla	100,67 m ² ,
10	Sadržaj vode u kotlu	6,7 m ³ ,
11	Vrsta goriva	lož ulje – mazut.

1.3 Opseg ispitivanja na kotlu C 12 Tip 5000

Na tlačnim komponentama kotla provedena su slijedeća ispitivanja:

- vizualni pregled plamenice i prednje i stražnje cijevne stijene, s dimne strane, sa ciljem utvrđivanja površinskih nepravilnosti koje su tijekom eksploatacije mogle nastati na pregledanim površinama,
- magnetsko ispitivanje prednje i stražnje cijevne stijene ("mostići", zavari dimnih cijevi, poklopaca-čepova dimnih cijevi i zavari cijevnih stijena za plamenicu i dimnu komoru kotla) sa ciljem detektiranja površinskih nepravilnosti (pukotina),
- metalografsko ispitivanje materijala plamenice metodom uzimanja otiska strukture s ciljem utvrđivanja eventualne promjene strukture materijala i mehaničkih svojstava materijala,
- mjerenje debljine stjenke plamenice sa ciljem utvrđivanja eventualnog stanjenja stjenke,
- mjerenje debljine stjenke dostupnih dimnih cijevi i debljine stjenke cijevnih stijena,
- endoskopsko ispitivanje unutrašnjosti dimnih cijevi, u obimu 10 %, s ciljem detektiranja nepravilnosti



unutrašnjosti dimnih cijevi koje su tijekom eksploatacije mogle nastati [1].

Pogled od prednje cijevne stijene – plamenice dan je na slici 1.2.



Slika 1.2 Izgled plamenice – pogled od prednje cijevne stijene

2 Rezultati ispitivanja

Utvrđivanje minimalne debljine stjenke je provedeno budući da u eksploataciji moglo doći do stanjivanja istog.

Priprema površina mjernih mjesta izvedena je brusilicom tako da je obrušena stjenka do metalnog sjaja.

Za ispitivanje korištena je oprema:

- mjerač debljine – DM 2 –Krautkramer,
- mjerna sonda – DA – 201,
- kontaktno sredstvo – strojna mast.

Prednja cijevna stijena očišćena je od čađi i taloga za potrebe magnetskog ispitivanja. Stražnja cijevna stijena i plamenica sa pripadajućim zavarima nisu očišćene od taloga.

Vizualno ispitivanje je provedeno na tlačnom dijelu kotla s dimne strane s svrhom da se detektiraju nepravilnosti koje su tijekom eksploatacije mogle nastati na kotlu i to neposrednim pregledom pri osvjetljenju prijenosnom lampom snage 60 W a u skladu sa



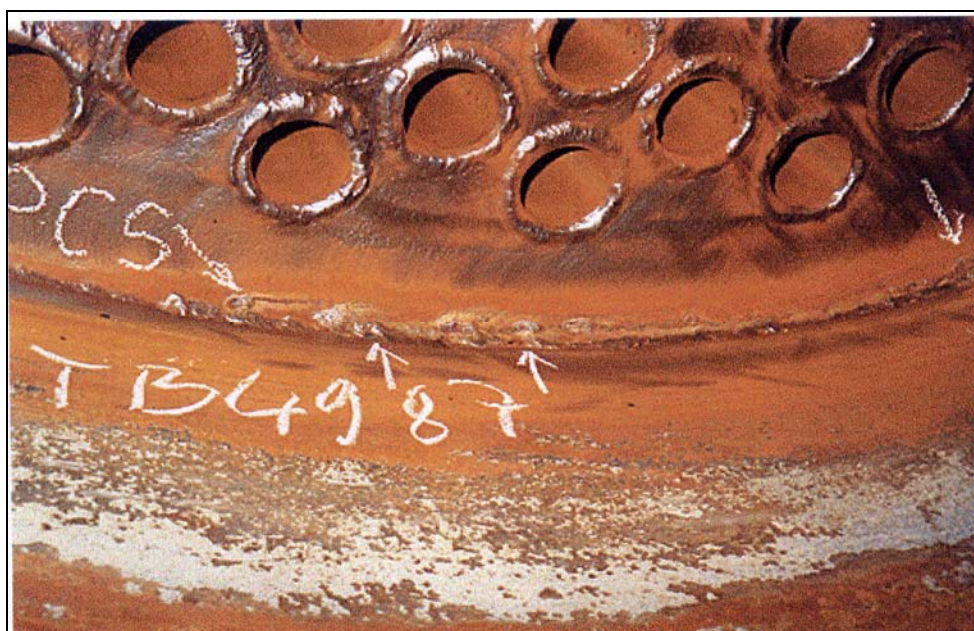
internim postupkom QP. 09.13 [1, 2].

2.1 Vizualni pregled plamenice i cijevnih stijena

Unutrašnjost plamenice presvučena je oko 50 % smolastim talogom do 2 mm debljine, a preostali dio je žuto crvene boje od produkata korozije.

Na donjem dijelu prednje cijevne stijene (PCS) utvrđena su korozijska oštećenja, te je deset dimnih cijevi "čepljeno", a na zavarenim spojevima "čepova" su utvrđene površinske pogreške.

Zavareni spoj između PCS i dimne komore imao velika korozijska oštećenja a mjestimično su vidljive i duboke "rupe"., slika 2.1. [1]



Slika 2.1 Oštećenja od korozije (rupe) na zavaru prednje cijevne stijene dimna komora kotla [1]

Kutni zavareni spoj između plamenice i PCS na većem dijelu opsega ima vidljive pukotine (odvajanje zavora od plamenice).

Po cijeloj površini stražnja cijevna stijena je vidljiv talog korozijskih produkata žuto crvene boje i vidljivi su tragovi curenja vode te je ova djelomično mokra, slika 2.3. Izgled donjeg dijela PCS, (vidljivo – tragovi curenja, čepljene dimne cijevi i korozijska oštećenja)



prikazani su na slici 2.2 [1].



Slika 2.2 Izgled prednje cijevne stijene na desnoj strani kotla [1]



Slika 2.3 Izgled stražnje cijevne stijene u donjem dijelu kotla [1]

2.2 Magnetsko ispitivanje prednje i stražnje cijevne stijene i plamenice

Magnetskim ispitivanjem spoja prednje



cijevne stijene i dimne komore utvrđena su oštećenja po cijeloj dužini zavarenog spoja. Zavareni spoj prednje cijevne stijene i plamenice imao je indikacije pukotina u ukupnoj dužini od 1488 mm.

Na zadnjoj cijevnoj stijeni na pet zavarenih spojeva dimnih cijevi s cijevnom stijenom utvrđene su pukotine (do 10 mm dužine) koje se prostiru iz zavara u cijevnu stijenu.

Na stražnjoj strani plamenice (stražnja strana kotla) utvrđene su pukotine ukupne dužine 980 mm koje se prostiru po sredini stjenke plamenice.

Izgled prednje cijevne stijene na desnoj strani kotla dan je na slici 2.4 [1].



Slika 2.4 Izgled prednje cijevne stijene na desnoj strani kotla [1]

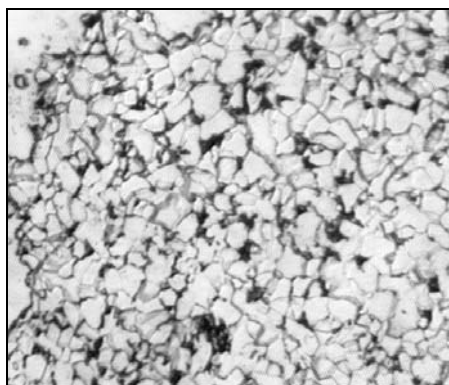
2.3 Metalografsko ispitivanje materijala plamenice

Ispitivanja metalografske strukture materijala plamenice provedena su metodom bez razaranja pomoću metalografskih replika a prema standardu ISO 3057-1974 (E);(1998), ISO 3058-1974 (E));(1998) (ISO 3057: 1998, Non-destructive testing - Metallographic replica techniques of surface examination),(ISO 3058: 1998, Non-destructive testing - Aids to visual inspection - Selection of low-power magnifiers), HRN C.A7.091.

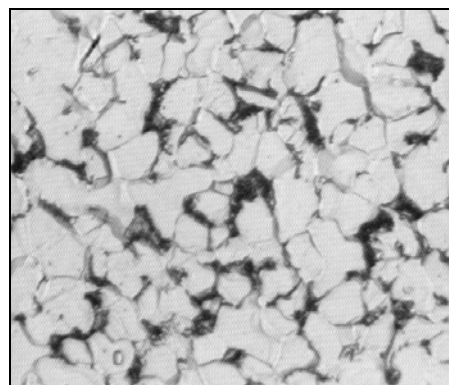
Metalografskim ispitivanjem plamenice₀₄₋₇



utvrđeno je da nema anomalija u strukturi materijala niti većeg prisustva korozivskih produkata prikazan na slikama 2.4. i 2.5.



Slika 2.5. Mikrostruktura materijala plamenice povećanje – 100 : 1 [1]



Slika 2.6. Mikrostruktura materijala plamenice povećanje – 200 : 1 [1].

Na slici 2.5 vidi se otisak feritno-perlitne strukture osnovnog materijala uz povećanje 100 : 1 , veličine zrna 8 prema standardu ASTM E 112, bez anomalija u strukturi. Na slici 2.6 prikazan je isti mikrostrukturni oblik uz povećanje 200 : 1.

2.4 Mjerenje debljine stjenke plamenice

Mjerenjem debljine stjenke u unutrašnjosti plamenice, utvrđena je minimalna debljina stjenke plamenice od 13,2 mm (ugrađena 14 mm) što je stanjenje debljine stijenke u granici rupičastog korozivskog dodatka [1].

2.5 Mjerenje debljine stjenke dimnih cijevi i debljine stjenke cijevnih stijena

Mjerenjem debljine stjenke dostupnih cijevi utvrđena je najmanja debljina od 2,4 mm što predstavlja smanjenje debljine stjenke za 25 %, u odnosu na početnu debljinu od 3,2 mm. Izmjena debljina stjenke prednje cijevne stijene iznosila je 19,2 mm (ugrađena 18 mm), a izmjerena debljina stjenke stražnje cijevne stijene iznosi 10,2 mm (ugrađena 11 mm) što je stanjenje debljine stjenki u granici



rupičastog korozijskog dodatka [1, 4].

Oštećenja od korozije (rupe) na zavaru PCS– dimna komora kotla prikazani su na slici 2.7.



Slika 2.7. Izgled donjeg dijela prednje cijevne stijene (vidljivo – tragovi curenja, čepljene dimne cijevi i korozijska oštećenja) [1]

3 ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih ispitivanja, može se konstatirati slijedeće:

- na dimnim cijevima kotla su utvrđeni nedostaci koji su direktna posljedica dugotrajne eksploatacije kotla (10 dimnih cijevi "čepljeno", znatno stanjenje stijenke korozijom je rupičastom korozijom.
- dimne cijevi su u takvom stanju da se u kraćem vremenu mogu očekivati daljnji kvarovi pri nastavku eksploatacije (pucanje ili curenje dimnih cijevi),
- na plamenici detektirane su pukotine ukupne dužine 980 mm.
- zavareni spoj prednje cijevne stijene i plamenice imao je indikacije pukotina ukupne dužine 1488 mm,
- na zavarenom spoju prednje cijevne stijene i dimne komore utvrđene su "rupe" i "krateri" po čitavoj dužini,
- na pet zavarenih spojeva dimnih cijevi sa zadnjom cijevnom stijenom utvrđene su



pukotine koje su se prostirale iz zavarenog spoja u osnovni materijal cijevne stijene.

- Na temelju gore navedenog, zaključeno je da su ispitivane komponente (dimne cijevi, plamenica i obje cijevne stijene) s ispitivanog kotla u takvom stanju da je potrebno izvršiti opsežne popravke na njima. Njihov eksploatacijski vijek je sigurno pri kraju i daljnji radovi na njihovom popravku iziskivati bi velike troškove, te je preporučena njegova izmjena, tj. ugradnju novih komponenti. Također, potrebno je utvrditi i stanje plašta kotla u pogledu korozijskih oštećenja kada se osigura dostupnost plašta.
- Svi radovi na komponentama kotla trebaju biti obavljeni od strane stručne tvrtke i u duhu Zakonskih propisa i Normi [2,3].

4 LITERATURA

[1] Centar za istraživanje i razvoj d.o.o. *Utvrđivanje oštećenja tlačnog dijela kotla C 12 – Tip – 5000*, Slavonski Brod, 2002.

[2] *Kotlovi*, Društvo energetičara Slavonije i Baranje, Osijek, 1985.

[3] *Pravilnik o tlačnoj opremi*. Ministarstvo gospodarstva rada i poduzetništva NN br.158/2003. Zagreb, 2003.

[4] Rački – Weihnacht N: *Boje i lakovi – jučer danas sutra - Rupičasta korozija*, Cromos boje i lakovi d.d., Zagreb, 2004.



Unapređenje projektiranja i sklapanja plinske mjerno-redukcijske stanice

Improvement of planning and assembly of gas metering and reducing station

F. Strsoglavec, Z. Kunica^{1,*}

¹Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: zoran.kunica@fsb.hr

Sažetak

Radom se razmatra plinska mjerno-redukcijska stanica koja se realizira prema projektima tvrtke Plinacro d.o.o. S obzirom da je riječ o malim proizvodnim količinama, tipično, proces montaže nije obuhvaćen projektiranjem, već se izvedba sklapanja prepušta vještini specijaliziranih izvođača. Ipak, s obzirom na razvijenost softverskih alata, situacije proizvoda malenih proizvodnih količina danas predstavljaju velik potencijal za značajna unapređenja. U radu su prikazani rezultati računalnog oblikovanja stanice i procesa montaže njezine mjerne linije. Načinjen je plan montaže u okviru kojega su određivana vremena montaže sustavom MTM i softverom DELMIA.

Abstract

The paper discusses the gas metering and pressure reducing station, which is implemented according to the projects of the company Plinacro d.o.o. Given that this is a production of small quantities, typically, the process of assembly is not included in planning, and assembly execution is left to the specialised and skilled workers. However, due to development of software tools, the situations of products in small production quantities now represent the large potential for significant improvements. This paper presents the results of computer design of station and the assembly process of its measuring line. The assembly plan has been made, where assembly execution times are determined by the MTM system and DELMIA software.

Ključne riječi: plin, mjerno-redukcijska stanica, projektiranje, sklapanje, CAE

1. Uvod

Transport prirodnog plina je regulirana energetska djelatnost koja se obavlja kao javna usluga i predstavlja osnovnu djelatnost tvrtke Plinacro d.o.o. Mjerno-redukcijska stanica, jest objekt plinovodnog sustava u čijim uređajima se smanjuje tlak prirodnog plina na tlak distributivne plinske mreže ili neki drugi tlak potreban za potrošače izravno priključene na plinovodni sustav te se provodi mjerenje isporučenih količina plina. Projektiranje i montaža



mjerno-redukcijske stanice povezuje inženjerska područja strojarstva, građevinarstva i elektrotehnike, te je time potrebno riješiti razne tehničke, zakonodavne i organizacijske probleme, a pri tome nastojati primijeniti načela istodobnog inženjerstva [1].

2. Projektiranje mjerno-redukcijske stanice

Glavni projekt mjerno-redukcijske stanice izrađuje projektni ured na temelju projektnog zadatka tvrtke Plinacro d.o.o., dok se izvođači projekta biraju na javnom natječaju. Glavni projekt sadržava strojarski, elektrotehnički, građevinski projekt i projekt vođenja procesa.

Sa stanovišta montaže, najzanimljiviji dio glavnog projekta jest strojarski projekt u kojemu se navode specifikacije montažnih radova i upute za montažu strojarske opreme. Strojarskim projektom oprema i materijal su podijeljeni za redukcijsku i mjernu liniju zasebno te su prikazani po količini. Po količinskoj podjeli se ne može raspoznati struktura proizvoda (nisu definirani stupnjevi ugradnje) [2]. Prema strojarskom projektu, sve radove sklapanja izvodi izvođač koji je opremljen potrebnom radnom opremom, alatom, priborom, napravama i potrošnim materijalom, i koji ima na raspolaganju vještu iiskusnu radnu snagu za kvalitetno obavljanje ovakve vrste posla.

Trenutačno, tijekom projektiranja ne izrađuje se plan montaže te nisu korišteni suvremeni 3D CAD/CAM/CAE programski paketi koji bi omogućili jednostavniji pregled, razvoj, analizu i izmjenu proizvoda. Razmatranjem izradbe i montaže već tijekom oblikovanja (konstruiranja) proizvoda postiglo bi se značajno sniženje troškova proizvodnje i smanjenje potrebnog vremena montaže. [3] Nadalje, kako bi se proces montaže što efikasnije odvijao, potrebno je izraditi plan montaže. Ovisno o shvaćanju i uvjetima izrade, plan poprima različite oblike i obuhvaća različite sadržaje, kao što su: definiranje redoslijeda sklapanja, određivanje rasporeda ugradbenih dijelova, definiranje elemenata rada, određivanje vremena, izradu grafa prethodnosti, dodjelu elemenata rada radnim mjestima, oblikovanje/specificiranje montažnih sredstava i sustava te izradu radne dokumentacije.

Za određivanje vremena izvođenja montaže, ovisno o zahtijevanoj točnosti i projektnom zadatku, u fazi planiranja procesa, koriste se: metoda procjene i usporedbe, računaska metoda, i sustavi unaprijed određenih vremena. Sustavi unaprijed određenih vremena su postupci koji se temelje na raščlani elemenata rada u osnovne pokrete, kojima se dodjeljuje unaprijed određeni standard vremena, određen prirodom pokreta i uvjetima izvođenja. Određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada. Najpoznatiji sustavi unaprijed određenih vremena su *Work Factor (WF)* i *Methods-Time Measurement (MTM)* [4].

3. Model mjerno-redukcijska stanice

Općenito, MRS obavlja sigurnosnu funkciju: ograničenje tlaka u „nizvodnom“ dijelu sustava na sigurnu vrijednost. U većini slučajeva ova funkcija je osigurana uz dodatne sigurnosne uređaje ili čak i drugi, rezervni regulator. Regulatorske stanice su stoga vrlo pouzdane. U nekim stanicama vrši se mjerenje protoka plina tako da i ta funkcija obično utječe na oblik stanice.

Shematski prikaz funkcionalnih relacija cjevovoda, instrumenata i opreme unutar MRS-a prikazuje se dijagramom P&ID (od engleskog izraza *Piping and Instrumentation Diagram*) sa simbolima koji prikazuju: cjevovode s grananjem, redukcije, ventile, te svu ostalu standardnu i nestandardnu opremu, instrumente i elemente. Uglavnom, P&ID dijagrami i ostali tehnički crteži izrađuju se u AutoCAD-u (crtanje u 2D). Korištenjem 3D CAD/CAM/CAE programskih paketa moguće je izraditi virtualni trodimenzionalni model stanice te upotrijebiti taj model za simulaciju procesa sklapanja.

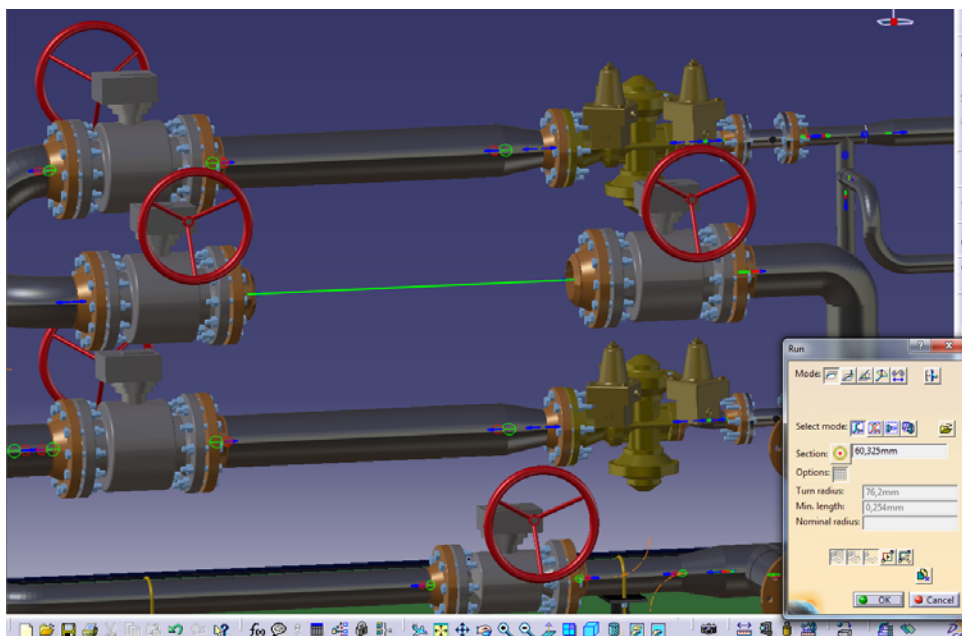
Model mjerno-redukcijske stanice izrađen je u programskom paketu CATIA [2, 5 i 6]. Najprije je modeliran kontejner (Slika 1.) u kojem će se montirati oprema mjerno-redukcijske linije MRS-a.



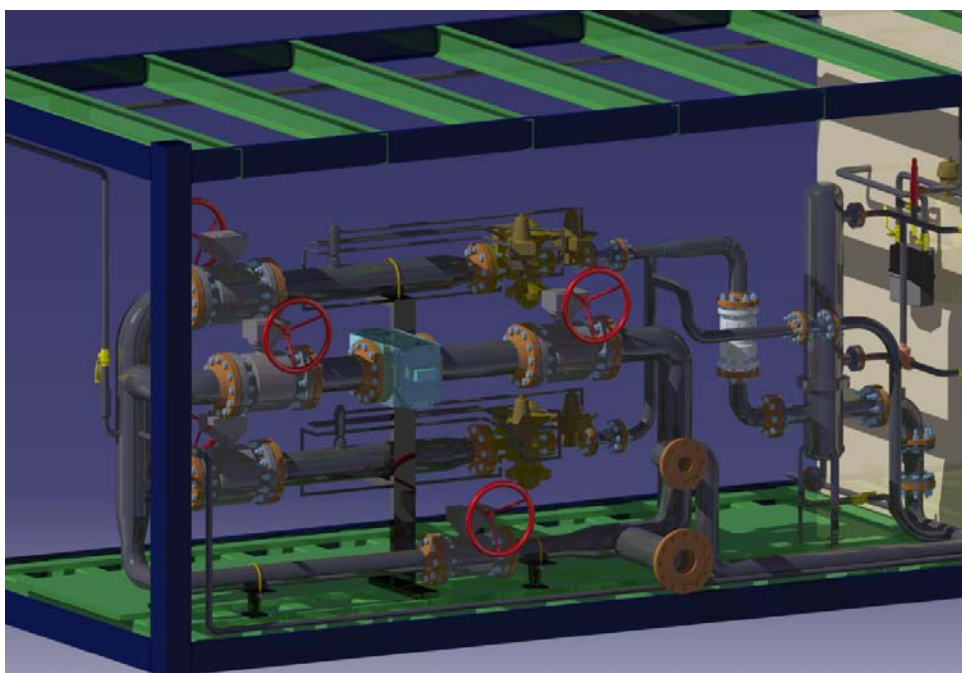
Slika 1. Model kontejnera MRS-a

Odabirom funkcije *Equipment & Systems-Piping Discipline-Piping Design*, moguće je modeliranje cijevne linije tj. sklapanje cijevi i cijevnih elemenata (koljena, T-komada, redukcijskih komada i slično), prirubnica, brtvi i ventila standardnih dimenzija u funkcionalnu cjelinu. Pri odabiru ventila i cijevnih elemenata potrebno je odabrati željene karakteristike, nazivni promjer i klasu. Ako se cijevni element spaja na postojeću cijev, onda je samo slaganje cijevne linije olakšano automatskim prepoznavanjem standardnog promjera cijevi na koji se spaja cijevni element te se shodno tome vrši automatska prilagodba dimenzija cijevnog elementa. *Piping Design* prikazuje cijevi, prirubnice i brtve s točnim vanjskim dimenzijama ali bez prikaza provrta. Prikaz ventila je podjednako pojednostavnjen te se glavna funkcija i obilježja ventila prikazuje simbolima. Takav prikaz cijevnih elemenata je sličan shematskom prikazu cjevovoda u dijagramu P&ID, pri čemu je važno prikazati funkcionalni raspored cijelog sustava (tzv. principijelno tehničko rješenje) a ne sve elemente za ostvarenje te funkcije (kao što su provrti na prirubnicama, vijci i matice, zavari). Kako je u ovome radu naglasak na montaži, model stanice u CATIA-i kasnije ipak mora sadržavati prikaz vijčanih spojeva (vijaka i matica) te će shodno tome biti potrebno izraditi modele prirubnica i ventila kako bi se mogli odrediti elementi plana montaže (razrada tehničkog rješenje) [6].

Modeliranje mjerno-redukcijske linije MRS-a započinje raspoređivanjem ventila i opreme unutar kontejnera, korištenjem funkcija *Assembly Design*, a prema tehničkoj dokumentaciji strojarskog projekta. Zatim se dodaju brtve i priрубnice s vijcima i maticama na odgovarajuća mjesta te se spajaju cijevima (Slika 2.). Moguć je i suprotni postupak, naime, da se postavi cijevna linija u prostoru, a onda na nju direktno postavljaju cijevni elementi, koljena, T-komadi, redukcijski komadi i drugo. Postavljanjem svih cijevnih linija model mjerno-redukcijskog dijela MRS-a je dovršen (Slika 3.).



Slika 2. Umetanje cijevi i spajanje s cijevnim elementima



Slika 3. Mjerno-redukcijski dio MRS-a

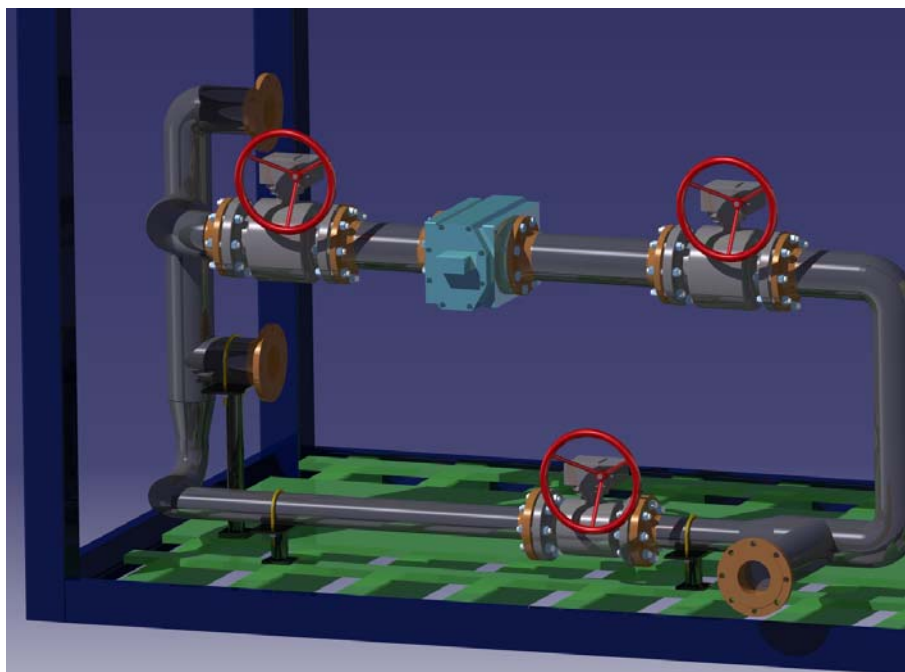
4. Montaža

Montaža čelične cijevne mreže u stanici obuhvaća montažu: cijevi, navojnih i navarnih cijevnih elemenata (koljena, T-komada, redukcijskih komada i slično), prirubnica i prirubničkih spojeva, navojnih spojeva i drugoga, a sve u skladu s odgovarajućim crtežima i specifikacijama materijala i opreme.

Proces montaže opreme obavljaju četiri radnika, osim pri pozicioniranju filter-zagrijača plina gdje ih je potrebno šest. Pozicioniranje opreme se vrši uz pomoć hidraulične sklopive dizalice, maksimalne nosivosti 1100 kg (ovisno o poziciji kрана). U osnovi, postupak montaže se svodi na pozicioniranje (i orijentiranje) i spajanje sklopova cijevnih elemenata, koji su u predmontaži zavareni, na nosače cijevi. Zatim, uz pomoć hidraulične dizalice, pozicionira se oprema (ventili, regulator tlaka, mjerilo protoka) i spaja prirubnicama na cijevne elemente. Pri procesu spajanja prirubnica potrebna su tri radnika, jer se istodobno spajaju obje strane opreme sa prirubnicama cjevovoda. Postupak se nastavlja dok se ne spoji sva oprema i svi cijevni elementi.

Za detaljniji opis elemenata rada montaže odabran je jedan dio montaže mjerno-redukcijskog dijela stanice, postupak montaže mjerne linije MRS-a (Slika 4.). Prirodni plin nakon prolaska kroz redukcijsku liniju ulazi u mjernu liniju te zatim izlazi iz MRS-a. Mjerna linija sadrži i zaobilazni vod.

Postupak montaže mjerne linije obuhvaća sve procese završne montaže kojima se montiraju cijevni elementi i oprema mjerno-redukcijskog dijela MRS-a te time predstavlja reprezentativan dio montaže opreme mjerno-redukcijske linije.



Slika 4. Mjerna linija MRS-a



Sustav MTM-2 [4] se sastoji od devet kategorija gibanja i dva elementa dodatak za težinu predmeta. Dvije ključne kategorije gibanja su uzimanje i postavljanje, to su ujedno i jedine varijabilne kategorije. Određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada.

Montažu mjerne linije obavljaju četiri radnika. Njihovo se mjesto rada nalazi unutar kontejnera mjerno-redukcijske stanice te zauzima površinu od otprilike 6 m². Uz operacije spajanje opreme na radnom mjestu odvijaju se i operacije transporta ugradbenih elemenata kao što su ručni prijenos sklopova elemenata cijevi i transport slavina pomoću hidraulične dizalice.

Manji ugradbeni elementi, vijci i matice su smješteni u kutijama za odlaganje koje se nalaze na radnom mjestu unutar kontejnera blizu pozicija spajanja opreme. Brtve se nalaze u kutiji koja se može smjestiti unutar kontejnera. Veći ugradbeni elementi, slavine i sklopovi cijevnih elemenata su smješteni na paletama dalje od kontejnera.

Upotrebom sustava MTM-2 određeni su osnovni pokreti i vremena t_m za: postupak ručnog transporta sklopa elemenata cijevi, spajanja vijaka i matica, spajanja obujmice, zatezanja vijka, pripreme opreme za transport dizalicom, te postavljanje brtve.

Standardno vrijeme rada t_1 dobiva se iz množenjem vremena t_m faktorom dodatnog vremena, koji uključuje faktor zamora ($k_n = 0,4$) i faktor djelovanja okoline ($k_a = 1,2$ za normalne uvjete okoline):

$$t_1 = t_m (1 + k_n \cdot k_a). \quad (1)$$

Pri analizi vremena montaže mjerne linije pretpostavlja se da su oprema i materijali dostupni i pripremljeni za montažu, svi alati kalibrirani te su izvedene sve aktivnosti pripreme za proces spajanja vijkom. Tablica 1. sadrži standardna vremena, dobivena analizom rada sustavom MTM-2, dodijeljena elementima rada. Zbrojem trajanja svih elemenata rada dobiva se ukupno vrijeme montaže u trajanju od 162 minute.

5. Oblikovanje modela za simulaciju procesa montaže mjerne linije

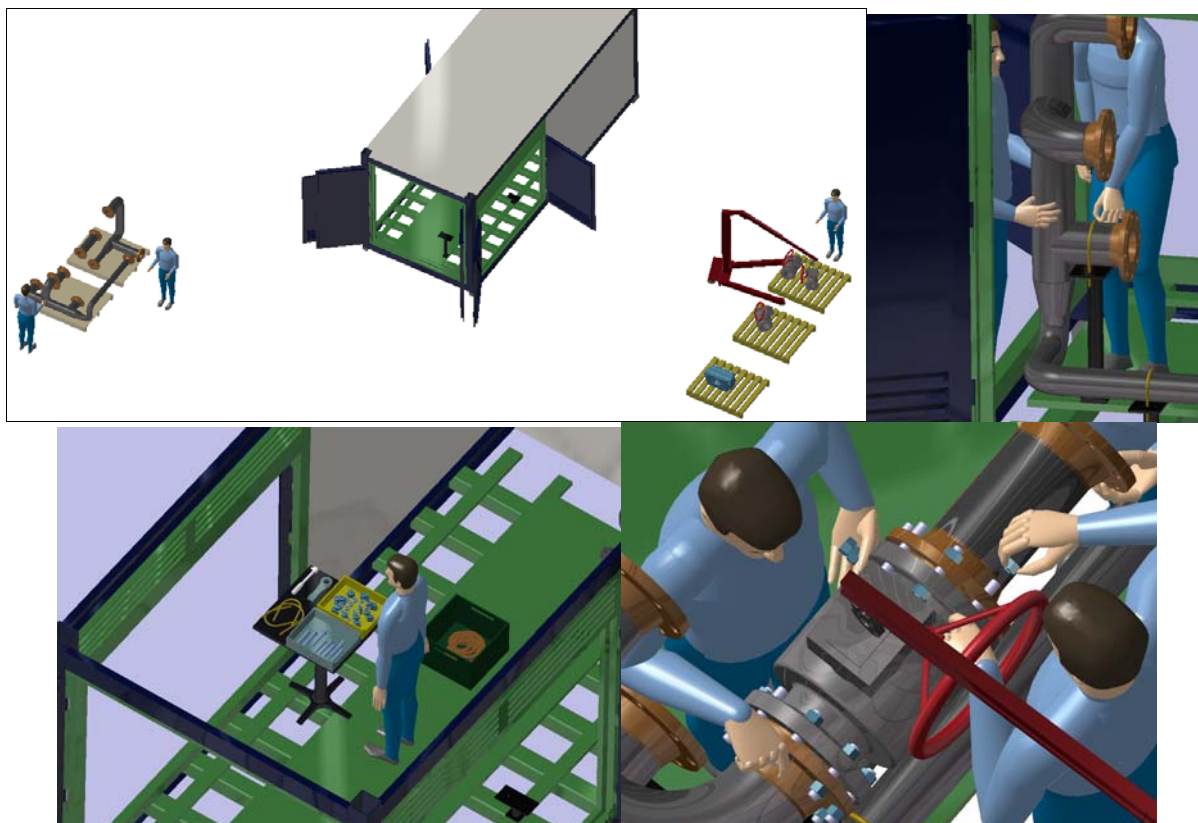
Za oblikovanje procesa montaže korišten je programski paket DELMIA V5 R16. DELMIA je kompatibilna sa softverom CATIA te se svi 3D modeli proizvoda mogu upotrijebiti za oblikovanje i simulaciju procesa montaže. Za oblikovanje, simuliranje i analizu procesa montaže [2] koristio se DELMIA-in modul *Human Task Simulation* za simuliranje gibanja radnika tijekom ručne montaže, i *Assembly Process Simulation* za kombiniranje simulacija ručne montaže sa simulacijama sredstava za montažu kao npr. dizalice.

5.1. Oblikovanje radnog mjesta

Model prethodno oblikovanog kontejnera je postavljen u radni prostor. Stol za smještaj sredstva za montažu, manjih ugradbenih elemenata je pozicioniran unutar kontejnera zajedno sa kutijom koja sadrži brtve. Ostali ugradbeni elementi su postavljeni na paletama oko kontejnera, ne dalje od deset metara, te je uz njih pozicionirana hidraulična dizalica. Modeli ljudi su preuzeti iz baze podataka DELMIA-e te pozicionirani unutar radnog mjesta (Slika 5.).

Tablica 1. Usporedba vremena elemenata rada dobivenih simulacijom i sustavom MTM-2

Element rada	Učestalost	SIMULACIJA	MTM-2	
		t_m , minuta	t_m , minuta	t_1 , minuta
ER1	2	3,93	2,69	3,97
ER2	4	16,13	16,35	25,00
ER3	4	16,13	16,35	25,00
ER4	2	0,67	0,87	1,30
E5	1	0,35	0,44	0,67
E6	1	0,55	0,62	0,93
E7	1	0,50	0,62	0,93
E9	1	0,43	0,44	0,67
E10	1	0,50	0,62	0,93
E12	1	6,67	8,27	12,30
E13	1	6,67	8,27	12,30
E14	1	2,08	1,34	1,98
E16	1	6,67	8,27	12,30
E17	1	6,67	8,27	12,30
E18	1	2,75	1,34	1,98
E20 do E24	1	4*6,67	4*8,27	4*12,30
Ukupno, minuta		97,38	107,84	162,00



Slika 5. Radno mjesto montaže

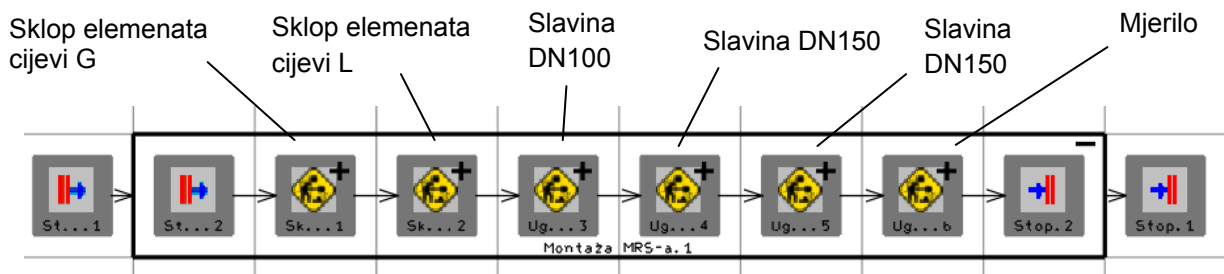
5.2. Oblikovanje gibanja

Kako bi se simulirao proces montaže potrebno je odrediti putanje ugradbenih elemenata i sredstava za montažu da odgovaraju očekivanom postupku montaže. Na početku, ljudski model je samo u stanju stajati na definiranoj poziciji. Kako bi se vjerno simulirao proces, potrebno je ljudske modele „naučiti“ osnovnim pokretima koje obavljaju tijekom pojedinih operacija montaže. Nakon što je utvrđen redoslijed spajanja opreme, moguće je umetnuti modele radnika u simulaciju i oblikovati pokrete radnika.

6. Simulacija procesa montaže mjerne linije

Tijekom izrade procesa u DELMIA-i slijedi se prethodno definiran plan montaže. Plan montaže u DELMIA-i prikazuje se dijagramom PERT (Slika 6.). Iz dijagrama PERT se vidi da je proces montaže podijeljen na šest elemenata rada pozicioniranja i spajanja opreme i cijevnih elemenata. Ti osnovni elementi se dalje dijele – podjela procesa je moguća sve do definiranja elementa rada ugradnje pojedinog ugradbenog elementa, npr. vijka i matice.

Definiranim elementima rada iz dijagrama PERT su dodani radnici i zatim simulirani pokreti rada. Svaka operacija je podijeljena na osnovne pokrete gibanja i za svako gibanje softver traži unos podataka (pozicije, udaljenosti) od korisnika. Poteškoća kod ovog pristupa modeliranja jest potreba za unosom velike količine podataka za pravilno postavljanje modela ljudi i rasporeda elemenata postrojenja.



Slika 6. Dijagram PERT montaže mjerne linije, prvi stupanj procesa

7. Usporedba vremena dobivena simulacijom i sustavom MTM-2

Simulacijski model procesa montaže omogućuje uvid u gibanja modela ljudi i opreme u 3D virtualnom okruženju tijekom animacije. Pomoću simulacije analiziraju se mogućnosti radnika da sastavi dio ili komponentu, koliko je „teško“ ili „lako“ sastaviti ili rastaviti neki sklop te procijeniti koliko dugo traje radnja, koliko je rad ergonomski primjeren, ima li dovoljno mjesta za alat i slično. Položaji tijela i njegovih dijelova mogu biti ispitani te se može odrediti udobnost, sigurnost, snaga i performanse radnika kada je u interakciji s predmetom rada. Moguće je analizirati sile i njihov utjecaj na zglobove i cjeline kao što su zdjelica, vrat, kralježnica, ramena i ruke. Softverskom simulacijom postaje moguće pouzdano predvidjeti interakciju ljudi i strojeva u stvarnom svijetu, i izbjegavaju se visoki troškovi fizičkih prototipova [7].



Iz simulacije su očitana vremena elemenata rada, t_m , te su u tablici 1. uspoređena vremena dobivena simulacijom s vremenima rada dobivenima primjenom sustava MTM-2.

Iz tablice 1. se mogu vidjeti mala odstupanja između vremena montaže dobivenih simulacijom i vremena po sustavu MTM-2. Najuočljivija vremenska razlika jest u trajanju rada zatezanja vijka gdje vrijeme dobiveno sustavom MTM-2 traje 1,6 minuta dulje od vremena simulacije. Razlika u kraćem trajanju pokreta radnika iz simulacije se može objasniti što radnik u simulaciji izvodi pokrete maksimalnom mogućom brzinom i akceleracijom pokreta bez obzira na veličinu i težinu predmeta s kojim je u interakciji. Pozornost na detalje tijekom definiranja pokreta u simulaciji ovisi o korisniku, te će između svake definirane pozicije tijela, ruke, zglobova modela sam model radnika po najkraćem mogućem putu zauzimati zadane pozicije: time ispravnost pokreta ovisi o količini unesenih podataka korisnika i može značajno utjecati na rezultat simulacije.

Može se primijetiti da jedino vremena elemenata rada transporta opreme dizalicom traju dulje u simulaciji nego MTM-2 sustavom. Model hidraulične dizalice je umetnut u simulaciju te se transport opreme dizalicom mogao detaljnije oblikovati dok je primjenom sustava MTM-2 vrijeme elemenata rada s dizalicom tek procijenjeno te zbog toga dolazi do odstupanja. Za izradu vjerodostojnije simulacije rada trebalo bi prikupiti podatke o tehnološkim vremenima rada sklopivom hidrauličnom dizalicom.

U tablici 1., jedinično vrijeme montaže, t_1 , dobiveno je uvećanjem vremena elemenata rada po sustavu MTM-2 za 48 % a prema izrazu (1). Uzimajući u obzir faktor dodatnog vremena odstupanje ukupnog vremena montaže dobiveno simulacijom i primjenom MTM-2 sustavom je znatno veće i iznosi 1,7 puta. Odstupanje se pojavljuje zato što je u DELMIA-i simuliran rad pod idealnim uvjetima u kojima nema zastoja te nije uzet u obzir umor radnika.

5. Zaključak

U radu su razmatrane mogućnosti unapređenja projektiranja mjerno-redukcijske stanice, i to sa stanovišta oblikovanja proizvoda i procesa njegove montaže. Projektiranje stanice zahtijeva suradnju i koordinaciju različitih struka koja je učinkovitije ostvariva primjenom naprednih pristupa i računalnih programa. Montaža MRS-a, kako je riječ o malim proizvodnim količinama, na razini nekoliko desetaka komada, izvodi se ručno. Stoga je u praksi uobičajeno da se glavnim projektom ne obuhvaća projektiranje procesa montaže nego se proces montaže prepušta iskustvu izvođača montažnih radova. Ipak, smatra se da bi se izradom plana montaže tijekom procesa projektiranja stanice postigla efikasnija montaža. Naime, planom se montaže određuju, uz ostalo, postupci i vremena izvođenja montaže, te se tako mogu definirati točne upute za izvršenje rada i pouzdanije odrediti troškovi montažnoga procesa. Usto, omogućila bi se jednostavnija i efikasnija koordinacija montažnih radova i drugih djelatnosti.

Stoga je ispitana mogućnost integriranog oblikovanja proizvoda – MRS-a, i procesa njegove montaže, programskim paketom CATIA/DELMIA.



Za montažu mjerne linije MRS-a razrađen je plan montaže, na razini elemenata rada, pri čemu su vremena određivana sustavom MTM-2 (vrijeme sklapanja iznosi 108 minuta) i simulacijom u programu DELMIA (vrijeme je sklapanja 97,38 minuta).

Dakle, na osnovi analize postojećeg postupka projektiranja uočene su mogućnosti za uspostavu znatno efikasnijeg postupka projektiranja MRS-a. Novi postupak projektiranja obuhvatio bi integrirano izvođenje svih potrebnih radnji (od projektiranja, razrade i proračuna konstrukcije, projektiranja strujnih instalacija, odabira i izrade potrebnih ugradbenih elemenata te same montaže) jednim CAD/CAM/CAE programskim paketom. Projektiranjem u virtualnom 3D okruženju može se i simulirati proces sklapanja (plan montaže, potrebna tehnička dokumentacija za montažu) MRS-a prije nego što je i jedan dio opreme u stvarnosti naručen ili izrađen.

U smislu daljnjeg rada, bilo bi prikladno razmotriti odnos između sustava MTM i DELMIA-ine programske definicije pokreta, za olakšano dobivanje još realnijeg simulacijskog modela procesa, te načiniti usporedbu s drugim CAE softverima (npr. Tecnomatix).

Nadalje, s obzirom na male proizvodne količine, umjesto sustava MTM-2, za analizu se mogao koristiti sustav MTM-MEK, upravo namijenjen da zadovolji karakteristike pojedinačne ili vrlo male serijske proizvodnje.

Na koncu, u budućem bi se radu mogla razmotriti mogućnost mehanizacije i automatizacije procesa montaže, upravo u svjetlu trendova prodora automatizacije u područja vrlo malih proizvodnih količina.

6. Literatura

- [1] Prasad, Biren. Concurrent Engineering Fundamentals, Volume II: Integrated Product Development. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. (ISBN 978-0133969467)
- [2] Strsoglavac, Filip. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2011.
- [3] Boothroyd, Geoffrey; Dewhurst, Peter; Knight, Winston A. Product Design for Manufacture and Assembly. Boca Raton: CRC Press, 2010. (ISBN 978-1420089271)
- [4] Krznar, Marko. MTM sistem za analizu ručnih i montažnih radova u serijskoj proizvodnji, Zagreb: SOUR Rade Končar, 1986.
- [5] Dassault Systemes. CATIA V5R19 Equipment & Systems Engineering CATIA - Piping & Instrumentation Diagrams 2 (PID).
http://www.catia.cz/fileadmin/Pictures_Menu/Catia/Catia_V5/Equipment/pdf/PID.pdf
Pristupljeno: 2011-07-18.
- [6] Dassault Systemes. CATIA V5R18 Equipment & Systems Engineering CATIA - Piping Design 2 (PIP).
<http://www.edstechnologies.com/assets/pdf/CATIA%20V5/Equipment%20&%20Systems/CATIA%20-%20Piping%20Design%20%20%28PIP%29.pdf>
Pristupljeno: 2011-07-18.
- [7] Fireman, Jerry; Lesinski, Nancy. Virtual Ergonomics: Taking Human Factors into Account for Improved Product and Process. Dassault Systèmes Delmia Corp., 2009.



Sigurno i ekološko zbrinjavanje otpada *Safe and environmentally friendly waste disposal*

T. Grizelj

GRIZELJ d.d., Nikole Šopa 48 – Stup, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

HEP-Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska

E-mail: grizelj@grizelj.com

Sažetak:

Izuzetno težak naslov ali ga vrijedi sagledati kroz rad koji čini sinergiju otpada kao energenta. Zbrinjavanje otpada treba biti u skladu sa važećom zakonskom regulativom i preporukama normi EU u zaštiti okoliša I to ekološki – podobno, veterinarski – ispravno, zdravstveno – humano, energetski – efikasno, ekonomski – profitabilno, volumenski – racionalno, nivo buke – zadovoljen, ambijent – urban. Otpad koji se stalno generira neophodno je korektno zbrinuti i na adekvatan način iz njega dobiti repromaterijal za reciklažu, komposiranje i spaljivanje.

Selekcija otpada na mjestu nastajanja, selekcija na sabirnim punktovima i selekcija na deponiji kao repromaterijal. Nove generacije postrojenja spaliona koje iz procesa spaljivanja otpada mogu istovremeno producirati toplinsku, rashladnu i električnu energiju i istu istovremeno balansirati prema potrebama konzuma za toplinskom, rashladnom ili električnom energijom i raspoloživom otpadu kao energentu su sinergija nauke, prakse i iskustva.

Pored toga imamo i pepeo koje se može koristiti kao eko đubrivo.

Govorimo o benefit od 60 % – 80 % energetske efikasnosti, odnosno za 1€ utrošene

energije – LPG/zemni gas + električna energija, dobije se 1,60 € – 1,80 € energije

(toplinska, rashladna, električna), plus eko đubrivo koje se može iskoristiti za hortikulturu.

Glavne riječi: otpad, energent, spalione, benefit.

Abstract:

Extremely difficult title, but it is worth to look at the work that makes the synergy of waste as fuel. Disposal should be in accordance with relevant legislation and the recommendations of the norms of the EU in environmental protection and ecologically - eligible, Veterinary - correctly, health - human, energy - efficient, economical - profitable, volume - the rational, the noise level - is met, the neighborhood - urban.

Wastes that are constantly being generated it is necessary to properly cared for and adequately in him to get raw material for recycling, composting and incineration



The selection of wastes at the formation, selection at the collection points and the selection of the landfill as a feedstock.

A new generation of plants incineration that the incineration process can also produce heat, electricity, and the same at the same time balancing the needs of the consumption of heat, or electricity and disposable waste as energy synergy of science, practice and experience. In addition we have received and ash that can be used as an eco-fertilizer.

We are talking about the benefit of 60% - 80% energy efficiency, for 1€ spent Energy - LPG / natural gas + electricity, we get 1.60 € - 1.80 € Energy (Heat, cooling, electricity), plus eco-fertilizer that can be used for horticulture.

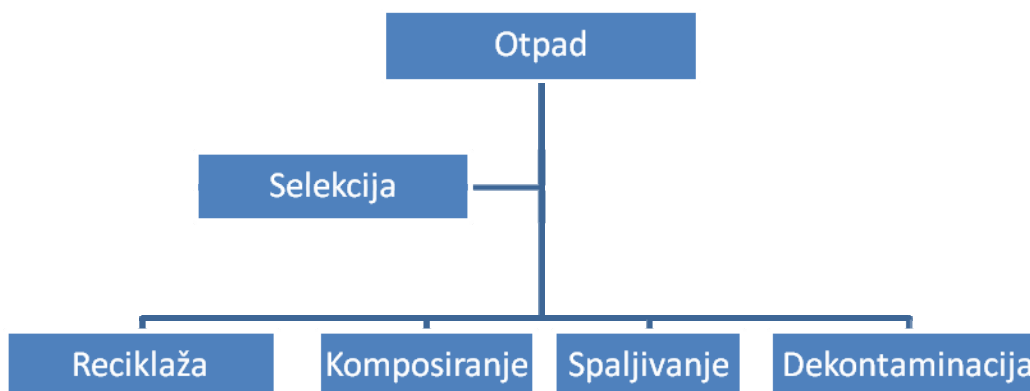
Keywords: waste, energy, incineration, benefit.

Uvod

Zbrinjavanje otpada treba biti u skladu sa važećom zakonskom regulativom i preporukama normi EU u zaštiti okoliša I to ekološki – podobno, veterinarski – ispravno, zdravstveno – humano, energetska – efikasno, ekonomski – profitabilno, volumenski – racionalno, nivo buke – zadovoljen, ambijent – urban.

Priroda i Čovjek generiraju otpad koji je neophodno korektno zbrinuti i na adekvatan način iz njega dobiti repromaterijal za reciklažu, komposiranje i spaljivanje.

Selekcija otpada na mjestu nastajanja, selekcija na sabirnim punktovima i selekcija na deponiji kao repromaterijal.



Shema 1. Načini zbrinjavanja otpada nakon selekcije



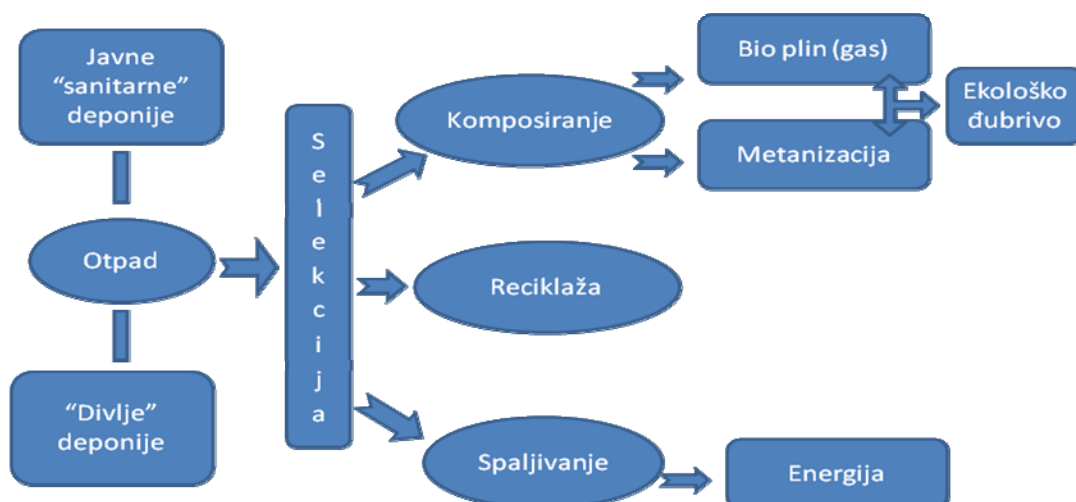
Sanitarne deponije

Deponije možemo slobodno nazvati rudnicima repro – materijala!

Prije odlaganja otpada bilo da je to na „divlje“ deponije ili na javne „sanitarne“ deponije treba se vršiti selekcija otpada te isti upotrijebiti za proces komposiranja, reciklaže, spaljivanja i dekontaminacije.

Komposiranjem otpada dobija se bio plin (gas), te dovoljno dobra metanizacija, a tim procesom dobije se đubrivo, ekološki podobno.

Animalni otpad (konfiskat) koji se zbrinjava spaljivanjem može dati kroz kogeneraciju, dvogeneraciju ili trigeneraciju energiju i to toplinsku, rashladnu i električnu.



Otpad u procesu reciklaže, staklo, papir, PVC ambalaža. Proces klanja, trijaže, rasjecanja, iskoštavanja životinja domaćih i divljih imaju svoj otpad. Otpad iz prirode šiblje, granje, trave, ostaci od voća, povrća u procesu komposiranja stvaraju visoko kvalitetno đubrivo a u većim formama đubrivo iz kojeg je potrebno izdvojiti bio plin i na adekvatan način iskoristiti.

Prečistač Butila gdje je primjenjen postupak metanizacije iz separatora za proizvodnju toplinske i električne energije, farma krava Dr Mujbegović Modriča toplinske i električne energije itd.

Dekontaminacija

Različite su situacije kao i produkti koji svakodnevno kontaminiraju zemljište a i vodu.



Vrlo često tlo biva kontaminirano naftom i naftnim derivatima, zatim uginulim životinjama, strvinama i lešinama.

Odlaganje otpada na javnim, sanitarnim ili divljim deponijama zbog raznovrsnosti otpada i nepravilnog odlaganja, svojim razlaganjem svodi do kontaminacije tla.

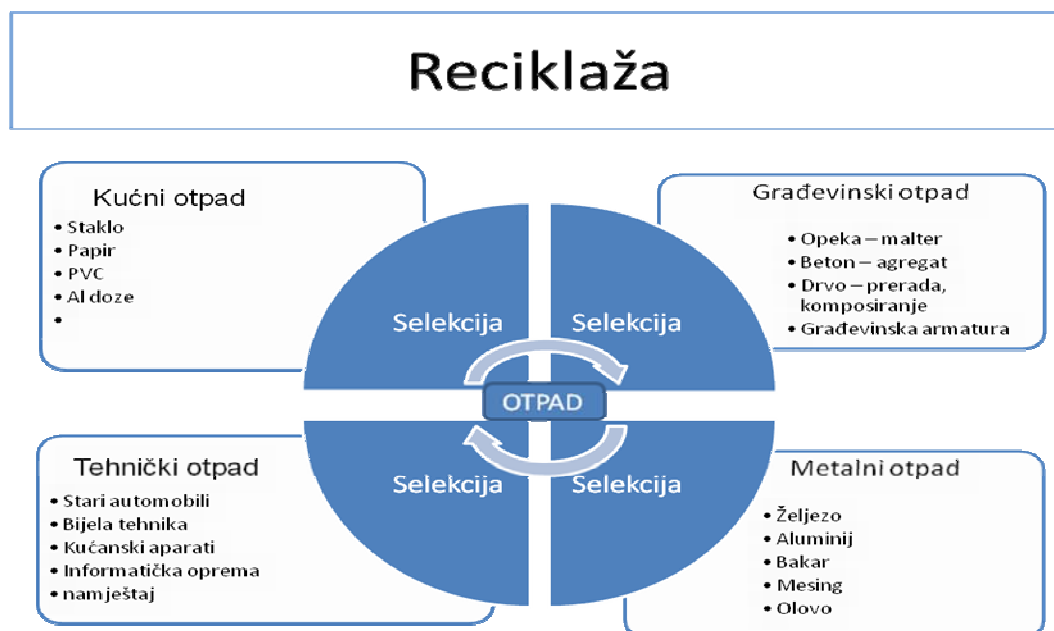
Svakako svemu tome potpomaže izlivanje rijeka i potoka, kao i različite elementarne nepogode i havarije.

Neka postrojenja imaju mogućnost procesa dekontaminacije.

Reciklaža

Otpad nakon selekcije moguće je reciklirati. Reciklirati se može komunalni otpad kao što je papir, staklo, PVC i Al doze, zatim građevinski otpad kao što je opeka (u malter), zatim beton (agregat), drvo (prerada, komposiranje), te željezo za građevinske armature.

Također se može reciklirati tehnički otpad kao što je bijela tehnika, kućanski aparati, informatička oprema, namještaj, stari automobile itd., zatim otpad kao što je željezo, aluminij, bakar, mesing, olovo i sl.



Shema 2. Selekcija materijala za reciklažu

Spalione

Spalionice otpada su rješenja za sigurno zbrinjavanje i uništavanje otpada koji nastaje kao nus svakodnevnice života.

Postrojenja za spaljivanje otpada izrađuju se usaglašena sa normama EC No. 1069/2009 i kao takva se mogu instalirati i koristiti kao ekološki podobna postrojenja za okoliš.

Putem spalionica se može zbrinuti čvrsti otpad, humani otpad, tečni kao i gasoviti/plinski otpad.

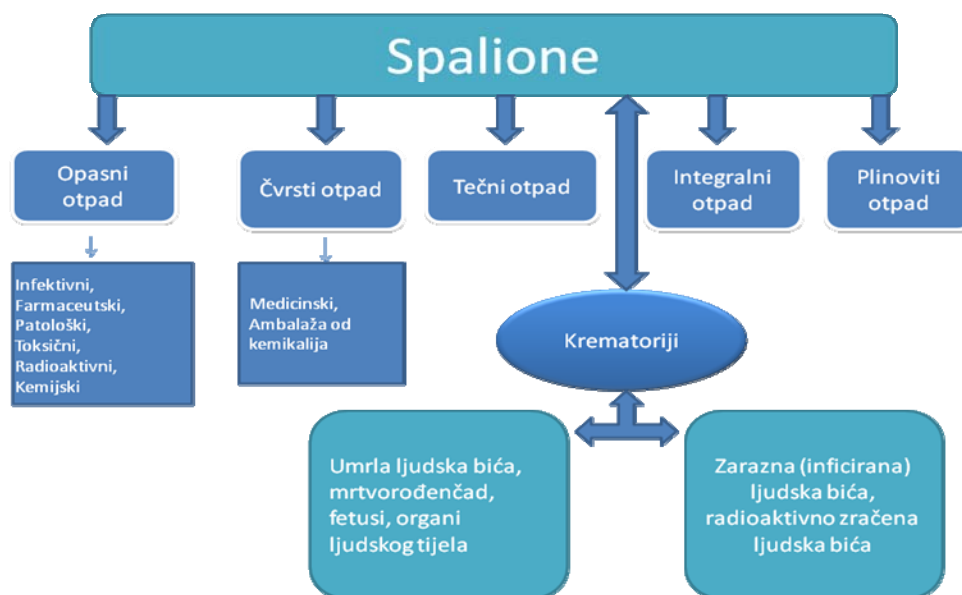
Pod čvrstim otpadom podrazumjeva se biološki, medicinski, infektivni, organski, farmaceutski, patološki, genetski, toksični, radioaktivni, kemijski, ambalaže od kemikalija.

Zatim tečni otpad su stara motorna ulja, trafo ulje, pneumatska ulja, rashladna ulja kao i rashladna emulzija.

Gasoviti/ plinski otpad jesu petrokemijski, bitumenski, biogas/biopljin.

U humanom otpadu imamo anatomski i animalni koji se na human način zbrinjava putem krematorija, adekvatno se zbrinjavaju umrla ljudska bića, mrtvorođenčad, fetusi, organi ljudskog tijela kao i zarazna/inficirana ljudska bića, kao i radioaktivno zračena ljudska bića.

Sve zemlje u okruženju Slovenija, Hrvatska, Srbija imaju krematorije pa za očekivat je da će i BiH shvatiti da je krajnje vrijeme da se i u BiH treba instalirati krematorij.

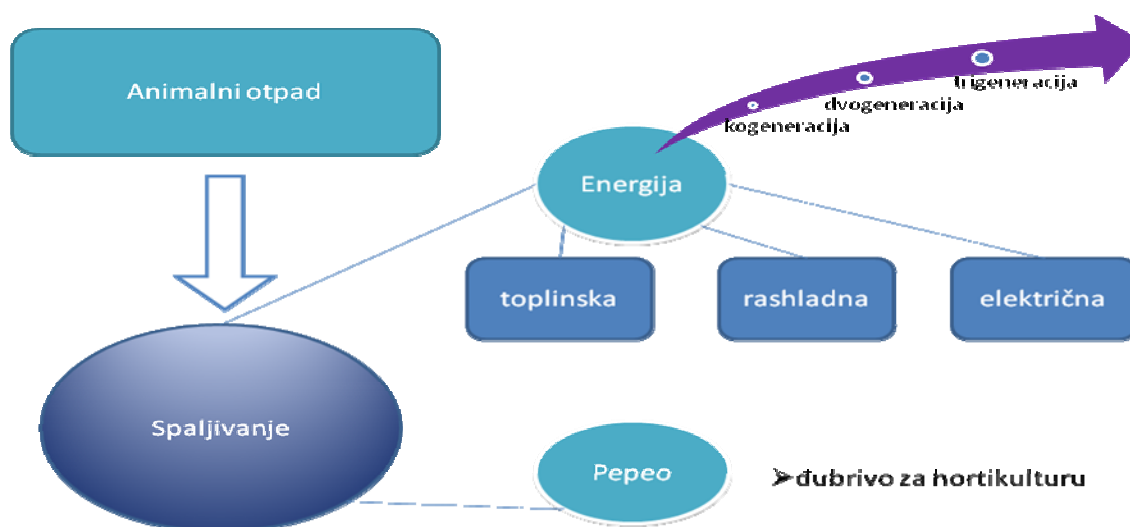


Shema 3. Spalionica kao vid zbrinjavanja otpada

Nove generacije postrojenja spaliona koje iz procesa spaljivanja otpada mogu istovremeno producirati toplinsku, rashladnu i električnu energiju i istu istovremeno balansirati prema

potrebama konzuma za toplinskom, rashladnom ili električnom energijom i raspoloživom otpadu kao energentu su sinergija nauke, prakse i iskustva.

Danas otvoreno govorim o trigeneraciji koja se sastoji iz toplinske, rashladne i električne energije.



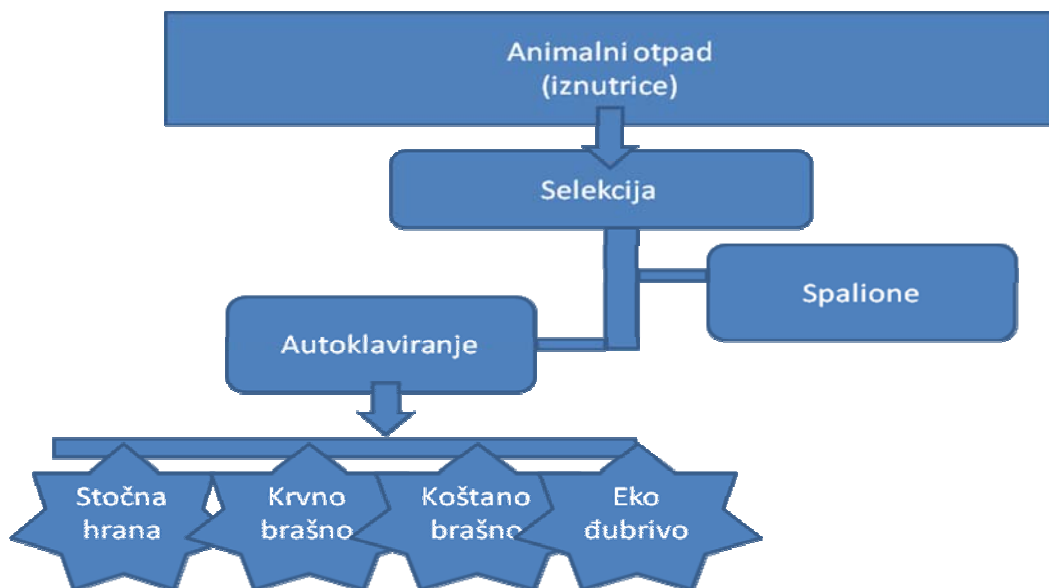
Shema 4. Benefit kroz spaljivanje animalnog otpada

Ne smije se zaboraviti i zbrinjavanje uginuli strvina, uginulih životinja, riba ili pojave epidemije, zarazne infekcije u životinjskom carstvu sve se može ekološki, veterinarski, zdravstveno, humano, zbrinuti u spalioni nove generacije.

S obzirom da je tema naučnog skupa animalni otpad ovaj naslov se mora proširiti i na autoklav (sterilizaciju/kuhanje) i proizvodnja stočne hrane za kućne ljubimce i nus proizvod ulje za kozmetičku industriju.

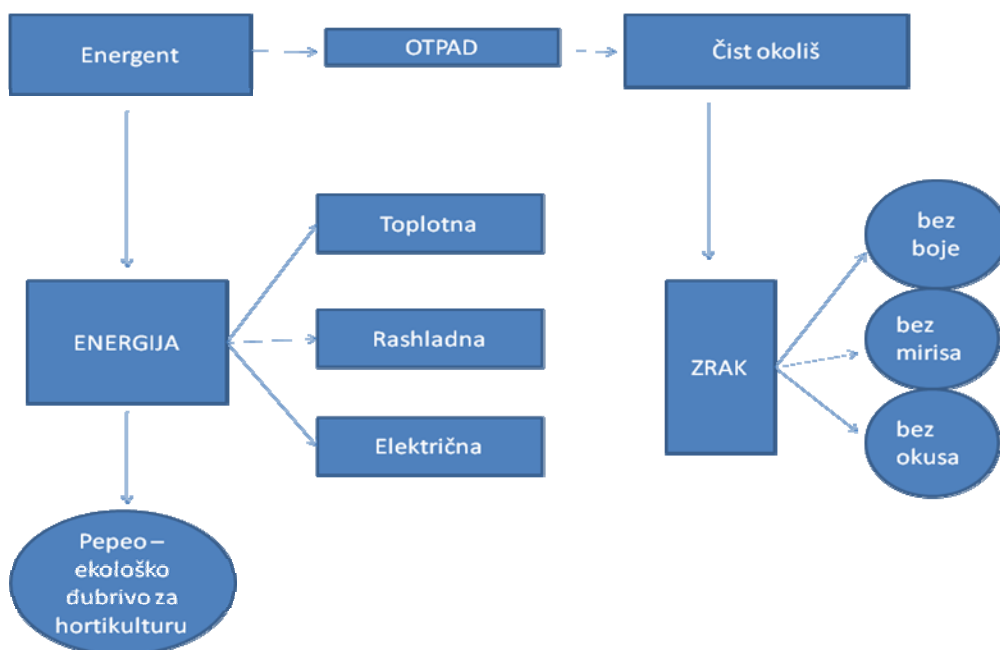
Također se i ovdje može napraviti podjela na:

stočnu hranu od mesnog ili ribljeg otpada, koštano brašno, krvno brašno ovisno šta imamo kao repro materijal.



Shema 5. Benefit kroz autoklaviranje animalnog otpada

Perje iz peradarskih farmi, crijeva životinjskog porijekla, mogu se postupkom sterilizacije koristiti kao ekološki vrlo kvalitetno đubrivo u hortikulturi. Ekološki i energetski opravdana temperatura u reaktorima spaljionu >1250°C je garancija da u emisiji polutanata nema dioksina i furana vrlo opasnih po ljude i životinje plinova koji su nus pojava kod sagorijevanja otpada na otvorenom ili u neadekvatnim ložištima za spaljivanje otpada.



Shema 6. Prikaz otpada kao energenta



BENEFIT - 60 % – 80 % energetske efikasnosti

1.00 € utrošene energije LPG/zemni gas + električna energija daje

1,60 € – 1,80 € energije (toplinske, rashladne i električne+ pepeo kao đubrivo za hortikulturu.

Za 1000 kg/h animalnog otpada potrebno je 130 kg/h LPG ili 194 m³/h zemnog plina

zemni plin 194 m³ x 8,9 kW – 1728 kW

animalni otpad 1000 kg x 3,0 kW – 3000 kW

$$4728 \text{ kW} : 8.9 \text{ kW/m}^3 \rightarrow 531 \text{ m}^3/\text{h}$$

Godišnje otpada: 8760 t/a x 4728 kW/h = 41 417 280 kW/a

Utrošak plina za: 8760 h/a x 194 m³/h = 1 699 440 m³/a

$$1.699.440 \text{ m}^3/\text{a} \times 0,5 \text{ €} = 849.720,00 \text{ KM/a}$$

849.720,00 €/a : 41 417 280 kW/a = 0,02 €/kW

Plin: 0,05 €/kW

Plin + otpad: 0,02 €/kW

$$\Delta 0,03 \text{ €/kW}$$

Korištenjem zemnog plina kao energenta dobije se da je 0,05 €/kW

Korištenjem zemnog plina i animalnog otpada kao energenta dobije se da je 0,02 €/kW

CIJENA POSTROJENJA (bez građevinskih radova) od 1000 kg/h koje radi 24 h/365 dana

Kogeneracija 907.000, 00 €

Dvogeneracija 1.135.000, 00 €

Trigeneracija 1.361.000, 00 €

z. plin x cijena z. plina

$$4728 \text{ kW} = 531 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ €} \rightarrow 265,50 \text{ €} \times 8760 \text{ t/a} = 1.476.060,00 \text{ €/a}$$

(z. plin + otpad) x cijena z. plina

$$4728 \text{ kW} = 194 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ €} \rightarrow 97,00 \text{ €} \times 8760 \text{ t/a} = \underline{849.720,00 \text{ €/a}}$$

$$\text{Benefit} = 626.340,00 \text{ €/a}$$



ZAKLJUČAK

Otpad se može slobodno smatrati repro materijalom, njega kao partnera okoliša treba zbrinuti na efikasan, human i racionalan način, te iz istog stvoriti ekonomsku korist.

Naša **VIZIJA** jeste emisija polutanata bez boje, okusa i mirisa, te pepeo ekološki podoban, a **MISIJA** sačuvati okoliš za buduće generacije.



RBS wave - Netzmanagement RBS wave - Netmanagement

E. Osmančević^{1,*}, G. Gangl²

¹RBS wave GmbH, Team Netze, Stuttgart, SR Njemacka

²RBS wave GmbH, Team Netzrehabilitation, Stuttgart, SR Njemacka

*Autor za korespondenciju. E-mail: e.osmancevic@rbs-wave.de

Sažetak

U radu su sadržane osnovne naznake vezana za upravljanje, održavanje, planiranje i gradnju plinovodnih i vodovodnih distribucionih sustava (mreža). Naime, namjera nam je bila da sudionicima međunarodne konferencije PLIN 2011 u Osijeku izložimo naša iskustva u gore navedenim oblastima. U SR Njemackoj se izdvajaju velika sredstva za rehabilitaciju distribucionih sustava u cilju sigurne i racionalne opskrbe potrošača plinom i vodom. Prije svega za ova dva medija smo u našem inženjerskom birou razvili Netzmanagement koji daje odgovor na slijedeca dva pitanja;

1. Sta podrazumjevamo pod racionalnim upravljanjem distribucionih sustava (operativni Asset Management)?
2. Sta podrazumjevamo pod strateskim planiranjem distribucionih sustava (strateski Asset Management)?

Abstract

The paper contains main indications with regard to management, a maintenance, planning and construction of distribution system (network) for the supply of gas consumers and water. Specifically, our intention was that the International Conference in Osijek 2011 GAS showcases our experience in the areas listed above. In Germany are allocated substantial resources for rehabilitation of distribution systems in order to secure supply and rational consumer of natural gas and water. Primarily for these two media have in our office of engineering developed Netzmanagement to answer the following two questions;

1. What we mean the under rational management of distribution system (operational Asset Management)?
2. What we mean the distribucionih the strategic planning system (strategic Asset Management)?

Ključne riječi: plin, voda, hidraulički proračuni, rehabilitacija cjevovoda, gubitci vode

1. Uvod

Poznato je da se u plinovodnim i vodovodnim sustavima najviše i skoro svakodnevno investira u mreže. U ovisnosti od strukture sustava kako je to na slici 1 za jedan vodovodni sustav prikazano, taj dio iznosi od ca. 60 do 90 %.



Slika 1. Struktura investicija u jednom vodovodnom sustavu

Samo saznanje o strukturi investicija u jednom vodovodnom sustavu ukazuje na to da se ovdje odvijaju veoma dinamični procesi koji zahtijevaju i određenu dinamiku ulaganja kako bi se obezbjedila sigurna, pouzdana ali i privredno opravdana opskrba potrošača. Samo onaj ko zna u kakvom se stanju nalazi njegov sustav u stanju je da lako nađe put ka sigurnoj, pouzdanj i privredno opravdanoj opskrbi potrošača. To znači da racionalno upravljanje distribucionim sustavom nije moguće bez strateškog planiranja distribucionog sustava i obrnuto.

Veoma je važno prije svega da onaj ko upravlja plinovodnim i vodovodnim sustavima poznaje u kakvom se stanju nalazi plinovodna odnosno vodovodna mreža, kako u hidrauličkom tako i u pogledu broja kvarova.

Dobro stanje distribucionog sustava u hidrauličkom pogledu ne znači istovremeno da je u tom sustavu izuzetno mali broj kvarova. Isto tako mali broj kvarova u distribucionom sustavu ne znači da se distribicioni sustav nalazi u dobrom hidrauličkom stanju. Samo saznanje o obadva stanja nam daje pravu sliku o stanju jednog distribucionog sustava.

Za pouzdanu opskrbu potrošača pored stanja potrebno je poznavati i mogućnosti odnosno sposobnosti distribucionog sustava u;



- redovnom pogonskom stanju (npr. smanjena potrošnja vode, pojačana potrošnja vode u ljetnom periodu ili u slučajevima požara i sl.) i
- vanrednom pogonskom stanju (npr. smanjeni proizvodni kapaciteti, ispad jednog od rezervoara iz sustava, ispad jednog od glavnih dovoda i sl.).

Kada je poznato stanje i mogućnosti odnosno sposobnost distribucionog sustava u stanju smo strateski planirati;

- mjere ka poboljšanju stanja,
- finansiranje predviđenih mjera,
- realizaciju predviđenih mjera i
- sistematski i sukcesivno realizovati predviđene mjere.

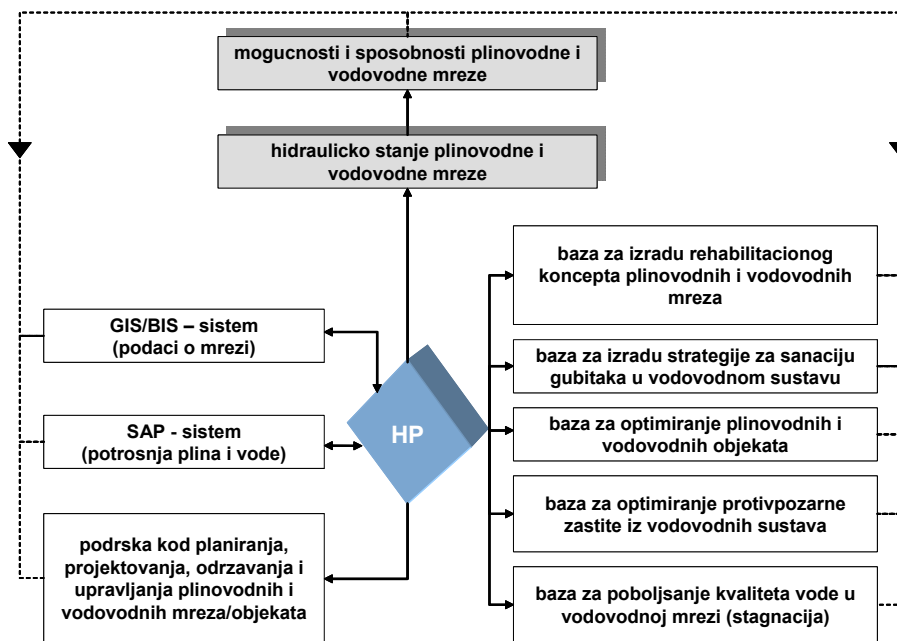
2. Osnova strateskog planiranja

Nasa iskustva su pokazala da je za stratesko upravljanje i planiranje plinovodnih i vodovodnih distribucionih sustava neophodna dobra baza podataka koja se odnosi na;

- geometriju sustava (npr. položaj cjevovoda, prečnik cjevovoda, dužina cjevovoda, broj i položaj armatura na cjevovodu i sl.)
- istoriju sustava (npr. godina izgradnje cjevovoda, uslovi izgradnje cjevovoda i sl.)
- tehnicke karakteristike sustava
- pogonske karakteristike sustava (npr. hidrostatički i dinamički pritisak na pojedinim mjestima sustava, brzine toka u cjevovodima, količine proticaja u cjevovodima, smjerovi tecenja u cjevovodima i sl.)
- potrošnju pojedinog potrosaca (npr. godišnja potrošnja pojedinog potrosaca, minimalne i maksimalne godišnje, mjesečne, dnevne i časovne potrošnje i sl.)

Kako je to i na slici 2 prikazano, u cilju racionalnog upravljanja, održavanja, planiranja, projektovanja i izgradnje plinovodnih i vodovodnih sustava potrebno je da postoji;

- dobar informacijski sustav (kao baza podataka) i
- hidraulička analiza i hidraulički proračun (HP) plinovodnog odnosno vodovodnog sustava kao sredstvo [Tool] za sve.



Slika 2. Stratesko planiranje plinovodnih i vodovodnih mreza/objekata

U nizu tema prikazanih na slici 2 koje RBS wave Netzmanagement obuhvata, u nastavku rada ce biti samo obradjene slijedece teme;

- hidraulicka analiza i proracun plinovodnih i vodovodnih distribucionih sustava
- sanacija gubitaka u vodovodnim distribucionim sustavima
- rehabilitiranje plinovodnih i vodovodnih cjevovoda

3. Hidraulicka analiza i proracun plinovodnih i vodovodnih distribucionih sustava

Postavlja se pitanje;

- je li nam poznato stanje plinovodnog i vodovodnog distribucionog suastava u hidraulickom pogledu?
- koje su stvarne vrijednosti untrasnje hrapavosti cijevi (korozija, naslage i sl.)?
- postoje li uska grla (djelimicno ili potpuno zatvoreni zatvaraci na pojedinim cjevovodima) u distribucionom sustavu?

Hidraulicke analiza odnosno kalibriranje modela distribucionih mreza daje jasan odgovor na gore postavljena pitanja.

3.1 Hidraulicka analiza

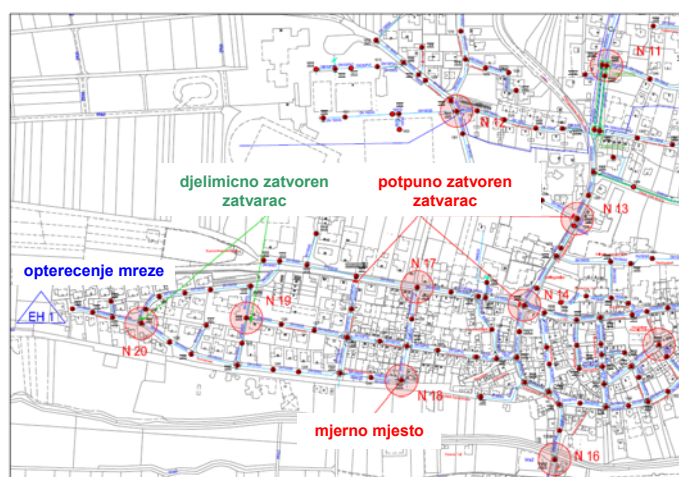
Hidraulicka analiza plinovodnih i vodovodnih distribucionih mreza obuhvata;

- izradu hidrodinamickog modela distribucionog sustava na bazi podataka iz geografskog informacionog sustava (GIS), slika 3



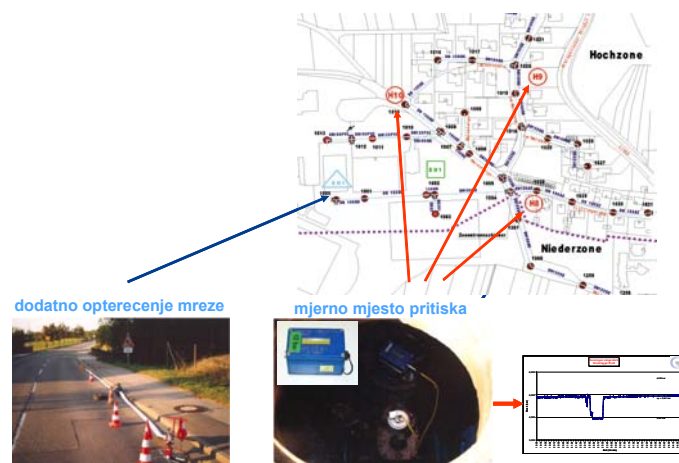
Slika 3. Hidraulički model distribucionog sustava

- izradu plana mjerenja proticaja i pritiska u distribucionom sustavu, slika 4



Slika 4. Plan mjerenja proticaja i pritiska u vodovodnom distribucionom sustavu

- mjerenje proticaja i pritiska u vodovodnom distribucionom sustavu, slika 5



Slika 5. Mjerenje proticaja i pritiska u vodovodnom distribucionom sustavu

- obradu mjernih podataka i
- kalibriranje modela

Minimalno potreban broj mjernih mjesta za mjerenje pritisaka u plinovodnoj i vodovodnoj mreži je ovisan od dužine mreže, tablica 1.

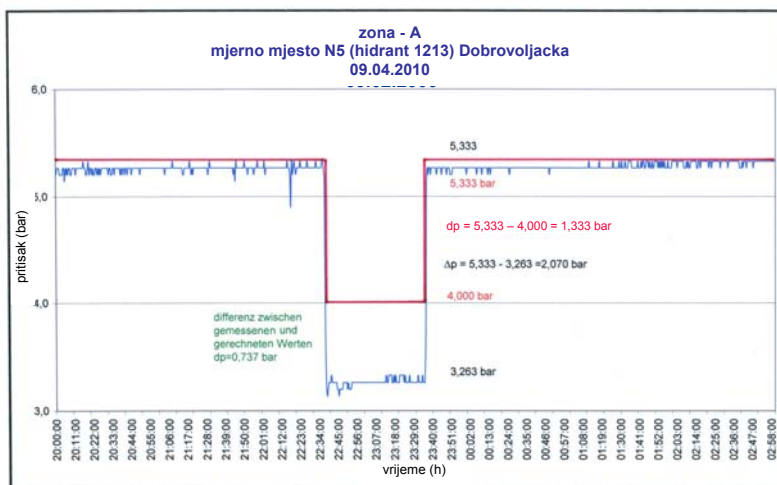
Tablica 1. Minimalno potreban broj mjernih mjesta u distribucionoj mreži*

Duzina mreže	Broj mjernih mjesta u mreži
do 100 km	20 - 30
100 - 200 km	30 - 50
200 - 400 km	50 - 70
400 - 800 km	70 - 100

* Izvor: njemacko drustvo za plin i vodu (DVGW GW 303-1)

Minimalno potreban broj mjernih mjesta za mjerenje pritisaka u plinovodnoj i vodovodnoj mreži je dat po preporuci njemackog drustva za plin i vodu [3]. Stvarno potreban broj mjernih mjesta ovisan je kako od cilja mjerenja, tako i od tacnosti kalibriranja samog modela.

Moguca su dugorocna mjerenja (mjerenja pri normalnom pogonskom stanju, koja se uglavnom koriste u plinovodnim mrežama) i kratkorocna mjerenja (mjerenja u nocnim satima s dodatnim opterecenjem sustava, koja se uglavnom koriste u vodovodnim mrežama). RBS wave je razvio i primjenjuje metodu kratkorocnog nocnog mjerenja proticaja i pritisaka u vodovodnim sustavima, pri cemu u okviru kalibriranja modela vrši usporedbu mjernih (plava linija na slici 6) i racunatih (crvena linija na slici 6) pritisaka.



Slika 6. Usporedba mjerenih i racunatih pritisaka u distribucionom sustavu



Diagram na slici 6 pokazuje razliku od 0,737 bara između mjerenog i računatog pritiska na hidrantu 1213, mjerno mjesto N5. Ova razlika ukazuje da se u području mjernog mjesta N5 nalaze;

- cjevovodi manjeg precnika nego što je to u planu dato (GIS podaci),
- djelimično ili potpuno zatvoreni zatvaraci na cjevovodima,
- cjevovodi s jako izrazenom korozijom i naslagama.

Precnik cjevovoda i zatvarace na cjevovodima je potrebno na licu mjesta i kroz raspolozivu dokumentaciju provjeriti, te promjenom podataka u modelu stvarno stanje simulirati. Na ovaj nacin moguće je u okviru kalibriranja modela gore navedenu razliku znacajno raducirati. Dalje reduciranje razlike između mjerenih i računatih pritisaka moguće je kroz povecanje (isto tako ako je potrebno smanjenje) hrapavosti cjevi.

Kalibriranje modela prema preporukama DVGW GW 303-1 je završeno onog momenta kada razlika mjerenog i računatog pritiska nije veća od $\pm 2\%$ od hidrostatičkog pritiska na mjernom mjestu.

Hidraulicka analiza distribucionog sustava (kalibriranje modela) daje odgovor na;

- ispravnost podataka koji se nalaze u GIS-u
- uska grla u sustavu izrazena kroz djelimično ili potpuno zatvorene zatvarace ili horizontalne i vertikalne etaze u sustavu
- stanje unutrasnje korozije i naslaga u cjevovodima i
- omogucava pouzdanu primjenu modela (hidraulicki model odgovara realnom stanju na terenu) za simulaciju razlicitih pogonskih stanja sustava.

3.2 Hidraulicki proračun

Na osnovu kalibriranog modela moguće je između ostalih primjenom hidraulickog proračuna slijedeca pogonska stanja plinovodnih i vodovodnih sustava simulirati;

- stagnaciju u sustavu pri maloj potrošnji. Ovo pogonsko stanje je posebno vazno u vodovodnim sustavima radi opasnosti od pogorsanje kvaliteta vode u mrezi.
- maksimalno potrebnu potrošnju (voda - ljetni period, plin - zimski period). Ovo pogonsko stanje je mjerodavno za dimenzioniranje cjevovoda u distribucionom sustavu.
- protivpozarnu zastitu preko vodovodnog distribucionog sustava. Ovo pogonsko stanje je takodje mjerodavno za dimenzioniranje cjevovoda u distribucionom sustavu.
- ispade pojedinih objekata iz sustava, te odredjivanje njihovog znacaja u sustavu za sigurnu i pouzdanu opskrbu potrosaca.
- optimiranje broja i poloza ja rezervoara za vodu.
- optimiranje broja i poloza ja regulacionih stanica u plinovodnoj mrezi i sl.



Za simuliranje gore navedenih stanja u SR Njemačkoj postoje smjernice/kriteriji od Njemačkog udruženja za plin i vodu (DVGW) koje su od velike pomoći stručnim ljudima koji rade na ovom polju [4].

4. Sanacija gubitaka u vodovodnim distribucionim sustavima

Bez poduzimanja odovarajućih rehabilitacionih mjera sve veće prisustvo starih cjevovoda u vodovodnim sustavima vode ka većem stepenu kvarova na istima kao i na povećanju gubitaka vode u sustavu. Visoki gubici u vodovodnim sustavima ne samo da prouzrokuju visoke pogonske troškove nego narušavaju i odnos između raspoloživih i potrebnih vodoopskrbnih resursa.

S ekonomskog i ekološkog aspekta je veoma važno izraditi strategiju sistematskog i sukcesivnog smanjenja ali i održavanja minimalnog nivoa gubitaka u vodovodnim sustavima, tablica 2.

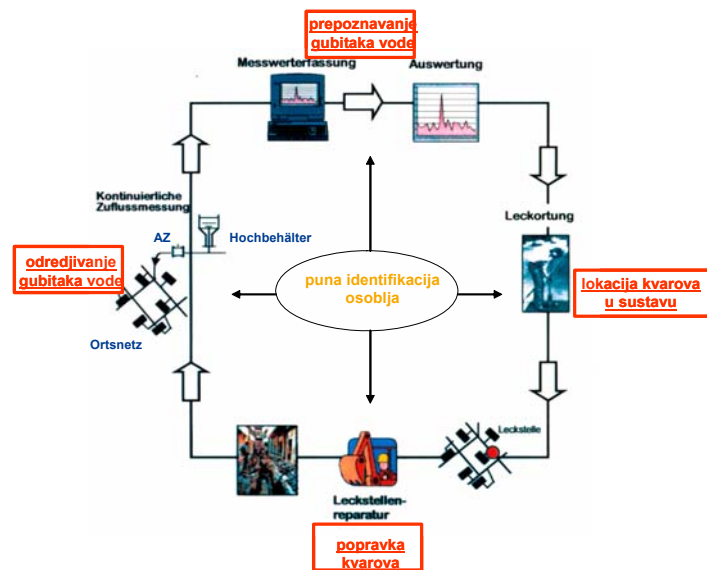
Tablica 2. Specifični gubici vode u jednoj distribucionoj mreži*

zona opskrbe	prosječna potrošnja vode*	dužina mreže	prosječni gubitak vode*	specifični gubitak vode*	područje	
	[m ³ /a]		[km]	[m ³ /a]	[m ³ /(h x km)]	[m ³ /(km x a)]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
zona A	551.748	57,70	125.251	0,25	9.562	2 (gradsko)
zona B	415.020	43,50	45.455	0,12	9.541	2 (gradsko)
zona C	256.184	25,40	12.075	0,05	10.086	2 (gradsko)
ukupno:	1.262.770	130,70	194.525	0,17	9.662	2 (gradsko)

gubici vode (prema DVGW W 392)	struktura snabdijevanja		
	područje 1 (veliki gradovi)	područje 2 (gradovi)	područje 3 (selo)
niski gubici	< 0,10	< 0,07	< 0,05
srednji gubici	0,10 - 0,20	0,07 - 0,15	0,05 - 0,10
visoki gubici	> 0,20	> 0,15	> 0,10

* Izvor: njemačko društvo za plin i vodu (DVGW W 392 [5]), prosječne vrijednosti u tablici su date za period 2002-2010

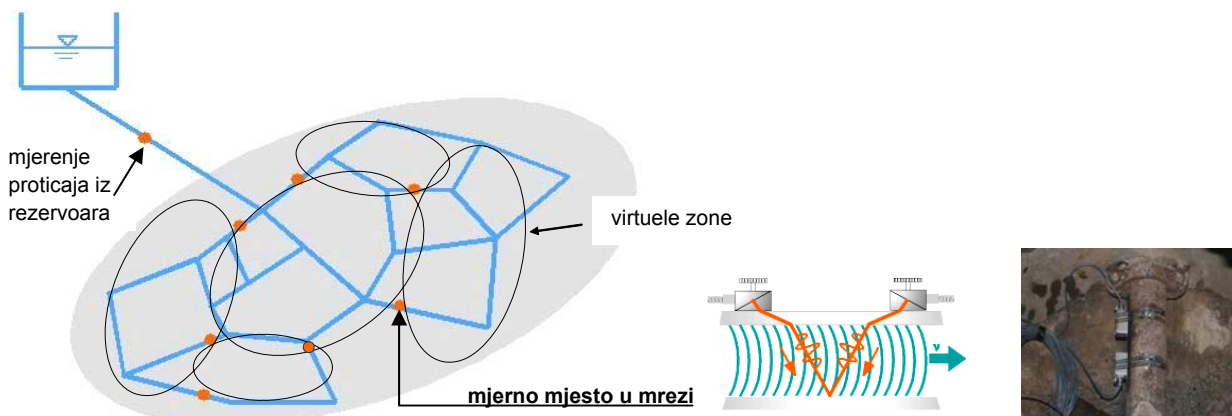
Efektivne i provjerene metode za smanjenje gubitaka u vodovodnim sustavima SR Njemačke su vezane za permanentan nadzor potrošnje odnosno proticaja vode u sustavu, slika 7.



Slika 7. Stalni nadzor gubitaka u vodovodnom sustavu

Osnova ideje se sastoji u permanentnom mjerenju proticaja vode u vodovodnom sustavu uz primjenu odgovarajuće, danas manje više poznate mjerne tehnike na trzistu kao i u brzom otkricu kvarova u sustavu. Proticaje na izlazu iz rezervoara mjeri skoro svako vodovodno poduzeće, no ipak imamo relativno visoke gubitke u vodovodnim sustavima mnogih evropskih zemalja.

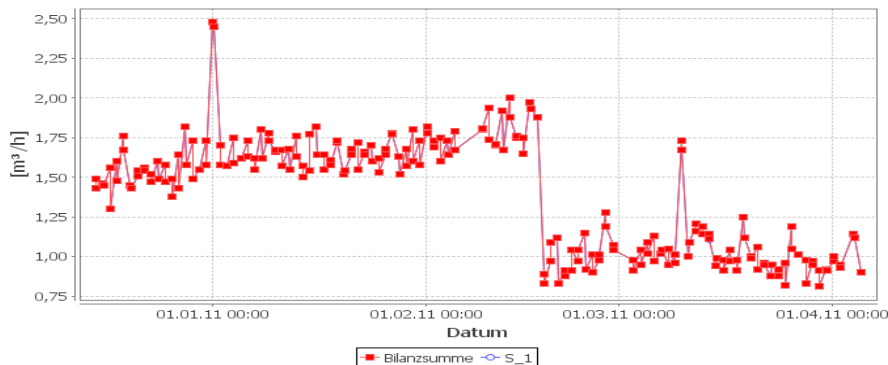
Stoga je potrebno pored mjerenja proticaja na izlazu iz rezervora, permanentno mjerenje i proticaja na pojedinim mjestima u distribucionom sustavu uz prethodno odredjene virtuelne zone, slika 8.



Slika 8. Mjerenje proticaja u distribucionom sustavu (virtuelne zone)

Za mjerenje proticaja u distribucionim vodovodnim sustavima RBS wave GmbH je razvio mjerni uređaj (LeakControl) koji se jednostavno ugrađuje na bilo koji cjevovod (gus, Pe, PVC, AZ, ...) i koji registruje izuzetno male proticaje (važno za nocnu kontrolu proticaja) u cjevovodima.

Podrskom odgovarajućeg kompjuterskog programa, na raspolaganju su nam za svako mjerno mjesto u distribucionom sustavu protokoli preko kojih svakodnevno možemo prepoznati odnose proticaja na doticnom mjernom mjestu odnosno u sustavu, slika 9.



Slika 9. Protokol o mjerenju proticaja u distribucionom sustavu (virtuelne zone)

Sustina strategije za smanjenje i održavanje mali gubitaka u vodovodnom sustavu, kako je to na slici 7 pokazano podrazumjeva;

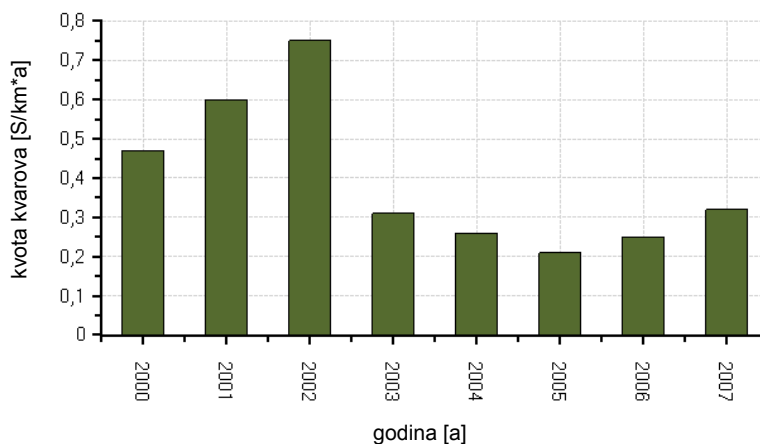
- postavku mjernih uređaja na određena mjesta u sustavu,
- korektno mjerenje proticaja u vodovodnom sustavu i mjerenje potrošnje vode,
- korektan proračun gubitaka vode u vodovodnom sustavu,
- kalibriranje minimalnih noćnih proticaja vode na mjernim mjestima,
- skraćivanje vremena između prepoznavanja kvara, lokalizovanja kvara i popravke kvara.

Gore navedeni procesi zahtijevaju puni angažman i identifikaciju osoblja koje radi na upravljanju i održavanju vodovodnog sustava.

U radu su date samo osnovne konture RBS wave strategije koja je u mnogim vodovodnim poduzecima u SR Njemačkoj uspješno primjenjena.

5. Rehabilitiranje plinovodnih i vodovodnih cjevovoda

U plinovodnim i vodovodnim sustavima mnogih evropskih zemalja se nalaze cijevi različitih materijala i starosti (preko 100 godina). Manje više u ovisnosti od mnogih faktora ovi cjevovodi pokazuju visoku ratu kvarova, slika 10.

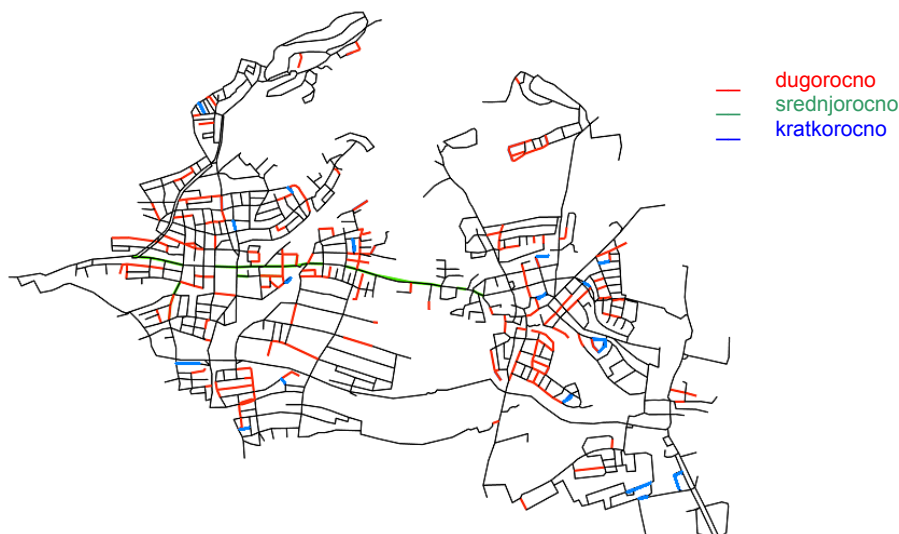


Slika 10. Kvota kvarova u jednoj plinovodnoj distribucionoj mrezi

Povećane kvote kvarova u distribucionom sustavu ugrožavaju ne samo poslovanje poduzeca nego ugrožavaju sigurnu i redovnu opskrbu potrošača plinom i vodom.

Da bi se smanjila kvota kvarova na cjevovodima potrebno je blagovremeno reagovati i cjevovode sistematski i sukcesivno rehabilitovati [7]. U tom cilju potrebno je;

1. permanentno voditi evidenciju kvarova sa svim relevantnim podacima koji će poslije poslužiti za izradu koncepta za rehabilitiranje cjevovoda.
2. izvršiti analizu kvarova u posljednjih nekoliko godina (poželjno, najmanje u posljednjih 5 godina).
3. izvršiti analizu cjevovoda s hidrauličkog aspekta (vidi poglavlje 3.1).
4. izvršiti prognozu kvarova za srednjoročni i dugoročni period i različite scenarije (s ulaganjem i bez ulaganja u distribucione sustave).
5. izraditi koncept rehabilitacije cjevovoda za kratkorocni, srednjoročni i dugoročni period, slika 11.
6. u okviru koncepta rehabilitacije cjevovoda potrebno je s tehničko-privrednog aspekta analizirati i donijeti odluku koje je cjevovode potrebno potpuno zamjeniti a koje cjevovode je moguće primjenom poznatih metoda na tržištu sanirati.
7. za određene faze rehabilitiranja cjevovoda obezbjediti finansijska sredstva.
8. sistematski i sukcesivno rehabilitovati planirane cjevovode.



Slika 11. Kratkoročni, srednjoročni i dugoročni koncept rehabilitacije cjevovoda

Rehabilitiranje cjevovoda zahtjeva kako s tehničkog tako i privrednog aspekta profesionalni pristup. U okviru naših inženjerskih aktivnosti s partnerom iz Austrije smo razvili kompjuterski program [PiREM] koji omogućuje izradu pouzdanih rehabilitacionih konceptata u plinovodnim, vodovodnim i toplovodnim distribucionim sustavima.

6. Zaključak

U svim poduzecima u SR Njemačkoj koja se bave opskrbom potrošača plinom i vodom, RBS wave Netzmanagement je u cilju optimalnog upravljanja distribucionim sustavima (operativni Asset Management) i optimalnog planiranja distribucionih sustava (strateski Asset Management) nezaobilazan.

RBS wave Netzmanagement primjenom hidrauličke analize i proračuna određuje s jedne strane hidrauličko stanje a s druge strane omogućava optimiranje plinovodnih i vodovodnih sustava. Rezultat hidrauličke analize i proračuna je važna podloga za izradu koncepta za rehabilitaciju plinovodnih i vodovodnih distribucionih sustava kao i strategije za smanjenje i održavanje mali gubitaka u vodovodnom sustavu.

U cilju sigurne i privredno optimalne opskrbe potrošača plinom, vodom i toplinom potrebno je strateski usvojiti Netzmanagement i isti kroz određenu aktivnu politiku poduzeca sistematski i sukcesivno sprovesti.



7. Literatura

- [1] DIN EN 805 – Wasserversorgung, Anforderungen an Wasserversorgungssysteme außerhalb von Gebäuden und Bauteilen; Deutsche Fassung EN 805 :2000
- [2] DIN 2000, Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen
- [3] DVGW – Arbeitsblatt GW 303-1, Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen – Teil 1
- [4] DVGW – Arbeitsblatt W 303, Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen
- [5] DVGW – Arbeitsblatt W 392, Rohrnetzinspektion und Wasserverluste – Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen
- [6] DVGW – Arbeitsblatt W 400-1/2/3, Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen
- [7] DVGW – Hinweis W 401, Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen
- [8] DVGW – Arbeitsblatt W 410, Wasserbedarf Kennwerte und Einflussgrößen



Mjerenje vlage u kombinaciji s IC termografijom *Measuring moisture in combination with IR thermography*

Željko Krklec, dipl.ing.str.

ENERGONOVA d.o.o., Novačka 333, Zagreb

www.energonova-zagreb.eu

Autor za korespondenciju E-mail: zeljko.krklec@energonova.hr

Sažetak:

Prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08 i 89/09) i normi HRN EN ISO 13788 (Značajke građevnih dijelova i građevnih dijelova zgrada s obzirom na toplinu i vlagu) zgrade se danas projektiraju i izvode na način da se spriječi nastajanje građevinske štete uslijed kondenzacije vodene pare.

Pri mjerenju vlage koristila se metoda mjerenja površinske vlage dielektričnom sondom, dubinske vlage mikrovalnom sondom i snimanje površinske temperature IC kamerom.

Mjerenje vlage ovim metodama bazira se na usporedbi izmjerenih vrijednosti.

Kombinacijom ovih metoda moguće je vršiti analizu pojave plijesni radi kondenzacije vlage u stambenim građevinama, otkrivanje kapilarne vlage, otkrivanje pojave higroskopne vlage radi salinizacije i lokalizacija propusnosti.

Kao primjer izvršena su mjerenja površinske i dubinske vlage, te snimanje IC kamerom stambenih prostora građenih sedamdesetih godina i stana izgrađenog 2007. godine.

Mjerenja su pokazala da problem kondenzacije, pojave gljivica i plijesni ne mora biti prvenstveno vezan uz stariju gradnju i slabo izolirane zgrade, već je u prikazanim primjerima vezan uz „lošu gradnju“ i način korištenja stambenih prostora.

Ključne riječi: mjerenje vlage, IC termografija, površinska vlaga, dubinska vlaga

Abstract:

According to the Technical Regulations on rational use of energy and thermal protection in buildings (NN 110/08 and 89/09) and the HRN EN ISO 13788 (Properties of building components and building elements in consideration to the heat and humidity) buildings are now designed and built in a way to prevent damage due to condensation.

The method of measuring surface moisture with dielectric probe, deep moisture with microwave probe and measuring the surface temperature with the IR camera were used during the measurement of moisture.

Measurement of moisture in this method is based on a comparison of measured values.

The combination of these methods can be used to analyse the appearance of mold due to condensation of moisture in residential buildings, the detection of capillary moisture, detection of hygroscopic moisture due to salinization and localization of leakage.

As an example measurements of surface and deep moisture were made in combination with iR thermography of residential building built in 1970's and apartment built in year 2007.

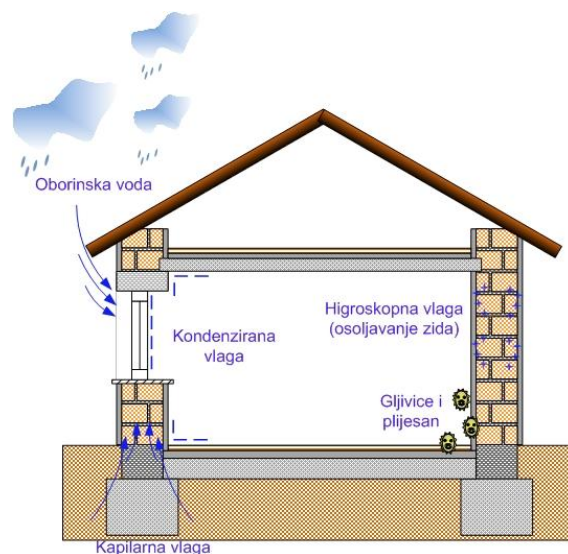
Measurements have shown that the problem of condensation, the appearance of fungi and mold need not be primarily associated with the older and poorly insulated buildings. It is shown in the examples that it is related with to the "poor construction" and the lifestyle.

Keywords: Measuring moisture, IR thermography, surface moisture, deep moisture

1. Uvod

U građevnim dijelovima zgrade vlaga se može pojaviti na površini ili unutar građevne konstrukcije radi:

- propusta u gradnji,
- oštećenja ili
- starosti.



Slika 1. Pojava vlage u građevini

Vlaga se može pojaviti (slika 1.):

- uslijed oborinske vode,
- kao kapilarna vlaga,
- kao kondenzirana vlaga i
- kao higroskopna vlaga.

Pojava vlage u građevini za posljedicu može imati:

- materijalnu štetu uslijed propadanja i uništavanja građevnih dijelova,
- opasnost po zdravlje radi stvaranja gljivica i plijesni.

2. Osvrt na zakonske propise i regulativu

Sukladno Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08 i 89/09) i normi HRN EN ISO 13788 zgrade se danas projektiraju i izvode na način da se spriječi nastajanje građevinske štete uslijed kondenzacije vodene pare [1].

Računski dokaz ispunjenja gornjih uvjeta provodi se prema normi HRN EN ISO 13788 (Značajke građevnih dijelova i građevnih dijelova zgrada s obzirom na toplinu i vlagu) [2].

3. Pregled korištenih metoda

U svrhu dokazivanja učinaka vlage koristila se metoda mjerenja površinske vlage dielektričnom sondom, dubinske vlage mikrovalnom sondom i snimanje površinske temperature IC kamerom [3].

Mjerenje vlage ovim metodama je kvalitativno, odnosno bazira se na usporedbi izmjerenih vrijednosti.

Mjerenja površinske i dubinske vlage, te snimanje IC kamerom izvršena su u tri različita stambena prostora: klasično građenoj obiteljskoj kući građenoj sredinom sedamdesetih, stanu u zgradi građenoj sedamdesetih godina i stanu u zgradi izgrađenoj 2007. godine.

- 1) Izvršeno je snimanje IC kamerom stambenih prostora u svrhu prethodne kontrole kako bi se ustanovila i locirala eventualna mjesta anomalija,
- 2) Na mjestima gdje su uočene vidljive razlike u temperaturama površina zidova izvršeno je dodatno snimanje IC kamerom i mjerenje površinske i dubinske vlage.

4. Snimanje IC kamerom

4.1. Primjer 1. – Stan u obiteljskoj kući građenoj sredinom sedamdesetih godina

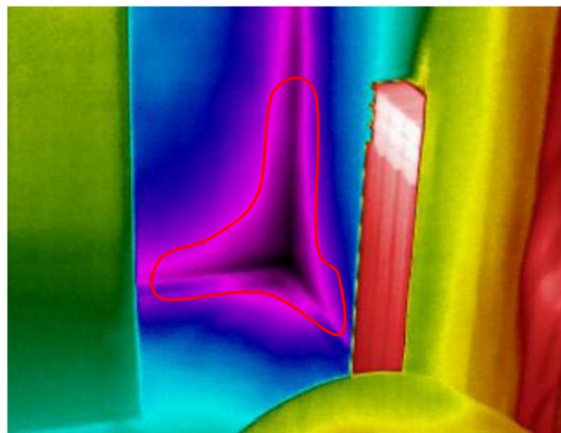
Građevina bez toplinske izolacije

Parametri ispitivanja

Vanjska temperatura:	0 °C
Unutarnja temperatura:	22 °C
Temperatura zida:	19 °C (na sredini sobe – cigla)
Temperatura zida:	17 °C (uz kut – beton)
Temperatura zida _{min} :	14 °C (kut – beton)



Slika 2. Digitalna fotografija - primjer 1.



Slika 3. IC fotografija - primjer 1.

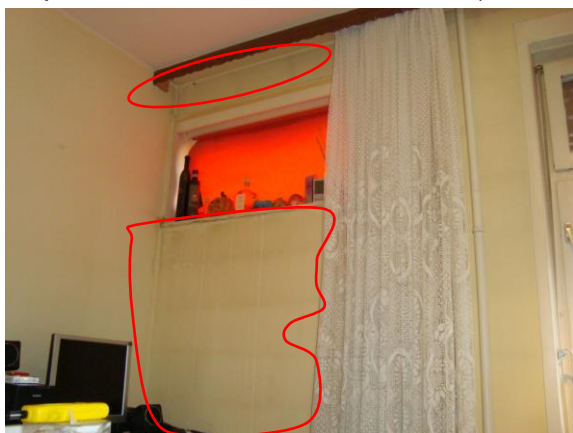


4.2. Primjer 2. – Stan u zgradi građenoj sedamdesetih godina

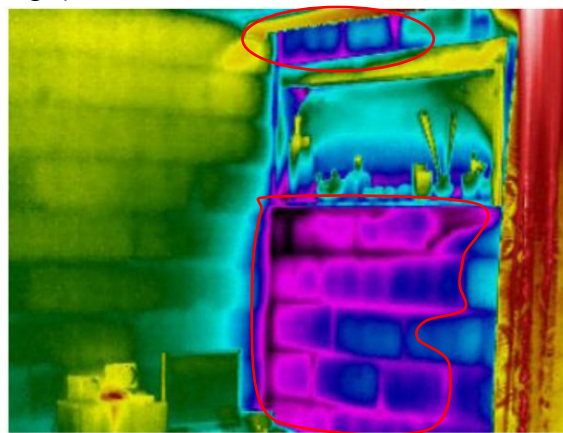
Građevina bez toplinske izolacije

Parametri ispitivanja

Vanjska temperatura:	-1°C
Unutarnja temperatura:	22 °C
Temperatura zida:	19 °C (građevni element)
Temperatura zida:	16,6 °C (vlažna fuga)
Temperatura zida _{min} :	14,6 °C (kut – vlažna fuga)



Slika 4. Digitalna fotografija - primjer 2.



Slika 5. IC fotografija - primjer 2.

4.3. Primjer 3. – Stan u zgradi izgrađenoj 2007. godine

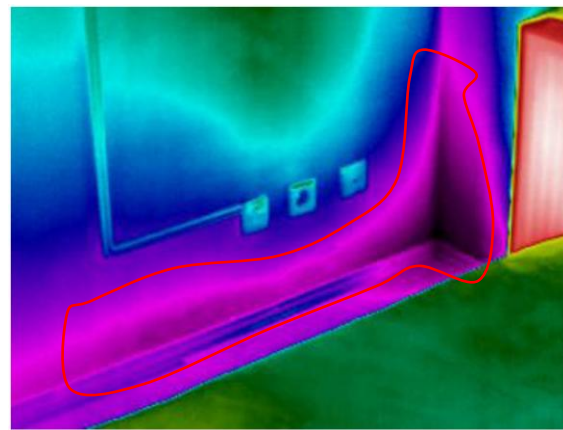
Građevina s toplinskom izolacijom

Parametri ispitivanja

Vanjska temperatura:	-2°C
Unutarnja temperatura:	22 °C
Temperatura zida:	20 °C (na sredini sobe)
Temperatura zida:	15 °C (uz pod i kut)
Temperatura zida _{min} :	13,6 °C (kut)



Slika 6. Digitalna fotografija - primjer 3.



Slika 7. IC fotografija - primjer 3.



5. Mjerenje vlage

Mjerenje vlage izvršeno je površinskom i dubinskom sondom, te su izmjereni podaci uspoređeni sa referentnom vrijednošću.

Mjerni instrumenti su u mogućnosti prikazati mjerenu vrijednost u rasponu od 0 do 200 mjernih jedinica.

Referentna vrijednost dobivena je mjerenjem na više mjesta unutar stana na kojima se ne očekuje vlaga, odnosno na potencijalno suhim mjestima.

Referentna vrijednost za sva tri primjera iznosi 30 do 35 mjernih jedinica.

Kao pokazatelji vlažnosti uzeti su slijedeći kriteriji:

Tablica 1. Kriteriji vlažnosti zida od cigle i betona [3]

	Zid od cigle	Zid od betona
suho	< 40 mjernih jedinica	< 65 mjernih jedinica
vlažno	55 do 65 mjernih jedinica	80 do 90 mjernih jedinica
mokro	> 70 mjernih jedinica	> 95 mjernih jedinica

5.1. Rezultati mjerenja vlage

Primjer 1.

U zoni koja je na termogramu (slika 3.) vidljiva kao hladnija izmjerene vrijednosti iznosile su od 76 do 127 mjernih jedinica.

Primjer 2.

U zoni koja je na termogramu (slika 5.) vidljiva kao hladnija izmjerene vrijednosti iznosile su od 32 do 75 mjernih jedinica.

Primjer 3.

U zoni koja je na termogramu (slika 7.) vidljiva kao hladnija izmjerene vrijednosti iznosile su od 65 do 160 mjernih jedinica.

Mjerenje dubinskom sondom u sva tri primjera nije pokazalo postojanje dubinske vlage, odnosno izmjerene vrijednosti su se kretale do 35 mjernih jedinica.

6. Komentar provedenih mjerenja

Obzirom na poznavanje građevne konstrukcije za zaključiti je da je do pojave vlage u primjerima 1. i 3. došlo radi „toplinskih mostova“ i pojave kondenzacije vodene pare iz prostora stanova.

U primjeru 1. građevina nema toplinsku izolaciju „toplinski mostovi“ su najizraženiji na dijelu konstrukcije gdje je kao materijal korišten beton.

U određenim uvjetima slabog provjetravanja unatoč stolariji kod koje je izmjena zraka u prostoriji veća od propisom dozvoljene $n_{50}=3 \text{ h}^{-1}$ dolazi do stvaranja kondenzata i pojave gljivica.

U primjeru 2. radi se o vlazi nastaloj iz oborinskih voda, obzirom da pri kišnim razdobljima uslijed starosti stolarije dolazi do prodiranja vode ispod prozora u unutrašnjost stana.

Nije primijećena pojava stvaranja gljivica iz razloga što je relativna vlaga dosta niska uslijed redovitog prozračivanja prostora. Stan je relativno male kvadrature, a grijanje je relativno „jeftino“ (zgrada grijana putem toplane). Prozor je u zimskim mjesecima gotovo stalno otvoren.

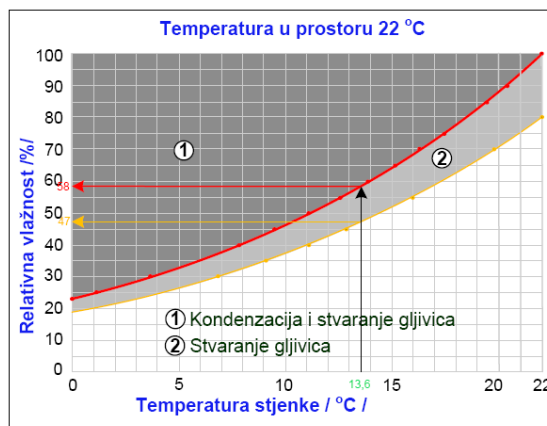
U primjeru 3. „toplinski mostovi“ su očit primjer loše gradnje, odnosno nedovoljno pažnje posvećeno izvedbi izolacije građevine.

U određenim uvjetima slabog provjetravanja ovaj primjer je još nepovoljniji jer je izmjena zraka u prostoriji na donjoj granici propisom dozvoljene za prostore gdje borave ljudi, te dolazi do stvaranja kondenzata i pojave gljivica.

7. Uzroci, posljedice i štete od vlage

Osim šteta uslijed „propadanja“ građevne konstrukcije opasnost za zdravlje ljudi prijeto radi pojave gljivica i plijesni.

Na slici 8. prikazane su krivulja kondenziranja vodene pare na stjenci zida i krivulja stvaranja gljivica za temperaturu 22 °C u prostoru u ovisnosti o relativnoj vlazi u prostoru (DIN 4108/2) [4].



Slika 8. Kondenziranje vodene pare i stvaranje gljivica u ovisnosti o relativnoj vlazi u prostoru

Za primjer 3. gdje je najniža izmjerena temperatura 13,6 °C pojava stvaranja gljivica počinje već pri relativnoj vlazi oko 47 % u prostoru, dok do kondenzacije dolazi pri relativnoj vlazi oko 58 %.

Za stvaranje vodene pare u prostoru postoji više čimbenika koji naposljetku mogu dovesti do pretjerane vlažnosti zraka i pojave kondenzacije (tablica 2.) [5]:

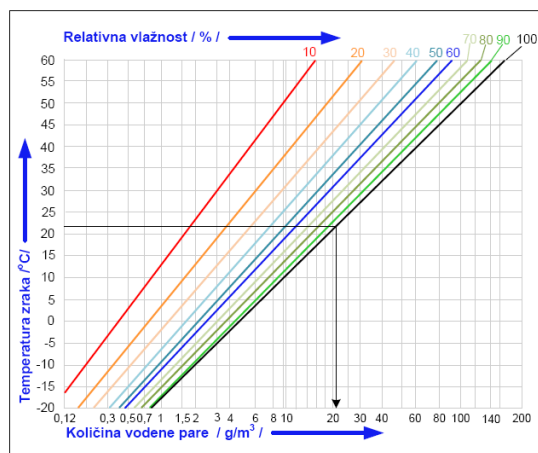
- čovjek,
- sušenje rublja,
- biljke u posudama,
- otvorene vodene površine,
- kuhanje,
- tuširanje.

Tablica 2. Okvirni izračun stvaranja vodene pare u stambenom prostoru

Stvaranje vlage u stanu:							
Pri temperaturi zraka 20°C		Odabrano		Količina	Vrijeme	Ukupno	
	g/h vlage	g/h vlage	kom	h			
1.	Čovjek (mala aktivnost)	30 - 40	40	4	12	1920	
2.	Sušenje rublja (4,5 kg)	centrifugirano	50 - 200	150	1	24	3600
		necentrifugirano	100 - 500	400			0
3.	Biljke u teglama	7 - 15	15	4	24	1440	
4.	Otvorene vodene površine						
	Akvarij po m ² površi	40	40	0,5	24	480	
5.	Kuhanje	400-600	600	1	1,5	900	
6.	Tuširanje	1000-1500	1500	4	1	6000	
7.	Kupanje	1000-1500	1100			0	
			U 24 sata	14340	g/dan		
			cca	14	l/dan		

U stanu jedne četveročlane obitelji, uz čimbenike uzete u obzir u tablici 2, tokom dana može nastati cca 14 l vodene pare.

Za primjer 3. gdje je volumen stana cca 200 m³ proizlazi da pri temperaturi od 22 °C zrak može ukupno primiti 23 g/m³ što bi iznosilo cca 4,5 l vodene pare (slika 9).



Slika 9. Količina vodene pare koju može primiti zrak temperature 22°C

Za napomenuti je da je u prikazanom primjeru ugrađena dobro brtvljena plastična stolarija sa izmjenom od $n_{50}=1,7 \text{ h}^{-1}$.



8. Zaključak

Ukoliko se ne izvodi kvalitetno provjetravanje prostora više puta dnevno dolazi do stvaranja kondenzata na hladnim dijelovima zidova i na prozorima.

U nekim slučajevima kao u primjeru 3. gdje je izmjena zraka na donjoj granici za prostore u kojima borave ljudi, korisnici se odlučuju za ugradnju ventilacijskih otvora kako bi povećali izmjenu zraka u prostorima (kuhinje, kupaonice).

„Prvo brtvimo prozore i vrata radi uštede energije, a zatim radimo ventilacijske otvore radi provjetravanja kako bismo izbjegli kondenziranje vodene pare i stvaranje plijesni i gljivica.“

9. Literatura

- [1] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08 i 89/09),
- [2] HRN EN ISO 13788 (Značajke građevnih dijelova i građevnih dijelova zgrada s obzirom na toplinu i vlagu,
- [3] Trotec T2000 – Upute za uporabu v3.4, Nucleus D.B.M. d.o.o.
- [4] DIN 4108/2 Toplinska zaštita i ušteda energije u zgradama - Dio 2: Minimalni zahtjevi za toplinsku zaštitu,
- [5] <http://www.schimmelpilz-sanieren.de>



Određivanje zrakopropusnosti omotača zgrade i termografsko snimanje

Determination of air permeability of building envelope and infrared thermography

Hrvoje Pešut, ing. građ.

ENERGONOVA d.o.o., Novačka 333, Zagreb, Hrvatska

www.energonova-zagreb.eu

Autor za korespondenciju E-mail: hrvoje.pesut@energonova.hr

Sažetak

Jedan od utjecaja na energetske gubitke zgrade u upotrebi je zrakopropusnost omotača zgrade.

Pod zrakopropusnošću podrazumijevamo količinu nekontroliranog protjecanja zraka kroz omotač zgrade.

Pouzdani i mjerljivi podatak o zrakopropusnosti omotača zgrade (Blower door test) rezultat je mjerenja ispitnim uređajem sa ventilatorom za postizanje predtlaka i podtlaka.

Strujanje zraka, prilikom Blower door testa, uzrokuje promjenu temperature površine u zoni propusnog mjesta omotača zgrade. Kako bi se omogućila lakša vizualizacija utjecaja strujanja zraka na konstrukciju kao paralelna metoda kod ispitivanja zahtjeva za zrakonepropusnosti primjenjuje se termografsko snimanje.

Radom na temu „Određivanje zrakopropusnosti omotača zgrade i termografsko snimanje“ obuhvaćeni su zahtjevi o zrakonepropusnosti omotača zgrade navedeni u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08 i 89/09), kao i zahtjevi za mjerenje zračne propusnosti zgrada prema HRN EN 13829:2002 (Toplinske značajke zgrada – Određivanje propusnosti zraka kod zgrada – Metoda razlike tlakova).

Prikazani su rezultati provedenih ispitivanja zrakopropusnosti omotača različitih zgrada (građevina) Blower door testom; obiteljska kuća izgrađena 70-tih godina, stan u stambenoj zgradi iz 80-tih godina, stambeno poslovna građevina izgrađena 2006. godine, stan u stambenoj zgradi izgrađenoj 2007. godine, Info centar za energetske efikasnost i rezultat za stambeno poslovnu građevinu izgrađenu 2008. godine.

Zaključno su navedeni podaci o karakterističnim mjestima propuštanja omotača zgrade, prema provedenim ispitivanjima u Europskoj uniji, kao i primjeri nekih brtvenih materijala.

Ključne riječi: zrakopropusnost omotača zgrade, termografsko snimanje, ispitni uređaj sa ventilatorom za postizanje predtlaka i podtlaka ("Blower door" uređaj).



Abstract

One of the effects on energy losses in buildings in situ is air permeability of building envelope.

Air permeability means quantity of uncontrolled flow of air through the building envelope.

Reliable and measurable information about air permeability of the building envelope is achieved by using test device with a fan for pressurization or depressurization ("Blower door" device).

During Blower door test, airflow causes change on surface temperature, on the spot of leakage on building envelope.

Due to easier visualization of the impact of air flow on the building structure, as a parallel method of testing requirements for air tightness, is used infrared thermography.

The work entitled "Determination of air permeability of building envelope and infrared thermography " are covered by the requirements on airtightness of building envelope specified in the Technical Regulations on rational use of energy and thermal protection in buildings (NN 110/08 i 89/09), as well as requirements according to HRN EN 13829:2002 Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method.

As a summary are demonstrated the results of air permeability testing of various building types (blower door test); family house built in 70-ies, in a residential apartment building from the 80-ies, residential and commercial buildings built 2006th, the apartment in a residential building built 2007th, the Info Center for Energy Efficiency and the result of residential and commercial building built 2008th.

According to tests conducted in the European Union, are demonstrated the characteristics leak positions on the building envelope, as well as some examples of the sealing materials.

Keywords: air permeability of building envelope, infrared thermography, test device with a fan for pressurization or depressurization ("Blower door" device)

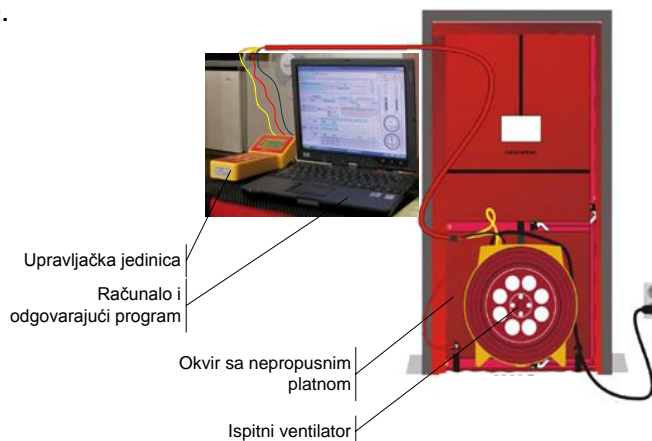
1. Uvod

Pod zrakopropusnošću podrazumijevamo količinu nekontroliranog strujanja zraka kroz omotač zgrade.

Nekontrolirano strujanje pojavljuje se zbog poroznog omotača zgrade, propusnih zazora (fuga) ili zbog pukotina.

Propusna mjesta na omotaču zgrade ne smiju služiti za dobavu svježeg zraka i ne doprinose ugodnosti boravka.

Određivanje zrakopropusnosti omotača zgrade vrši se ispitnim uređajem sa ventilatorom ("Blower door" uređaj).



Slika 1. Ispitni uređaj sa ventilatorom

2. Osvrt na propise i regulativu

Zahtjevi o zrakonepropusnosti omotača zgrade navedeni su u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08 i 89/09); članak 20. do 24 [1].

Uvjeti i zahtjevi kod određivanja propusnosti zraka navedeni su HRN EN 13829:2002; Toplinske značajke zgrada – Određivanje propusnosti zraka kod zgrada – Metoda razlike tlakova [2].

3. Zahtjevi i metode ispitivanja zrakonepropusnosti zgrada

Sukladno Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, ispunjavanje zahtjeva o zrakonepropusnosti dokazuje se i ispitivanjem na izgrađenoj zgradi prema HRN EN 13829:2002 metoda određivanja A.

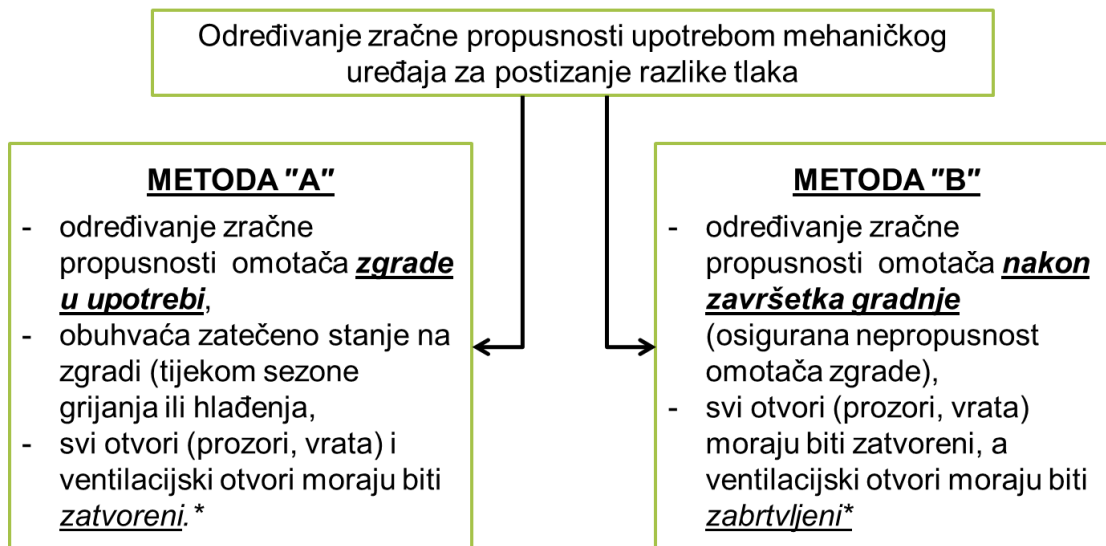
- Za višestambene zgrade zahtjevi moraju biti zadovoljeni za svaki stan,
- Za nestambene zgrade zahtjevi se odnose na omotač grijanog dijela zgrade.

Za razliku tlakova između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa, izmjereni tok zraka, sveden na obujam grijanog zraka, ne smije biti veći od:

- $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada bez mehaničkog uređaja za provjetravanje,
- $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada sa mehaničkim uređajem za provjetravanje.

*Vrijednost: $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ za pasivne zgrade nije navedena u Tehničkom propisu.

Prema HRN EN 13829:2002, Toplinske značajke zgrada – Određivanje propusnosti zraka kod zgrada – Metoda razlike tlakova; postoje dvije metode određivanja zračne propusnosti uz upotrebu ispitnog uređaja za postizanje razlike tlaka.



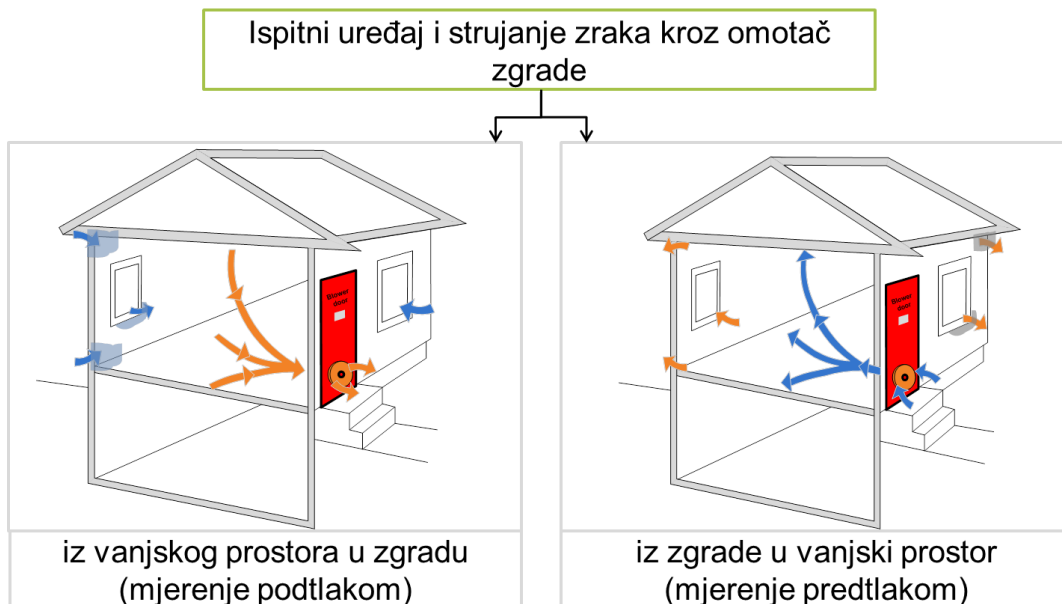
Slika 2. Metode određivanja zračne propusnosti

*Osnovna razlika zatvoreno^A / zabrtvljeno^B; kod zabrtvljenih otvora se koristi dodatno sredstvo za brtvljenje.

Dodatni zahtjevi prema HRN EN 13829:2002 su:

- Sistem grijanja sa korištenjem unutrašnjeg zraka treba biti isključen,
- Otvoreni kamini i peći trebaju biti očišćeni od pepela (zatvoreni),
- Mehanička ventilacija / klimatizacijski sustav treba biti isključen,
- Odvodni sifoni trebaju biti napunjeni vodom.

Ispitni uređaj za postizanje razlike tlaka uzrokuje strujanje zraka iz vanjskog prostora u zgradu i iz zgrade u vanjski prostor.






Slika 3. Ispitni uređaj i strujanje zraka

Sukladno HRN EN 13829:2002, provode se dva kombinirana ispitivanja – predtlak i podtlak.

4. Detektiranje propusnih mjesta na omotaču zgrade

Pri razlici tlaka između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa vrši se detektiranje propusnih mjesta na omotaču zgrade.

Neke od metoda detektiranja propusnih mjesta:

Generator dima	Anemometar	IC kamera (termografsko snimanje)
		

Slika 4. Metode detektiranja propusnih mjesta

5. Provedena ispitivanja zrakopropunosti omotača zgrade

Prikazani su primjeri provedenih ispitivanja zrakopropusnosti na različitim zgradama (građevinama) uz prikaz karakterističnih propusnih mjesta.

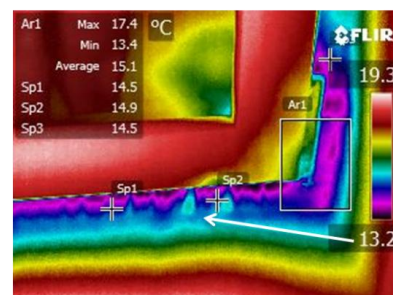
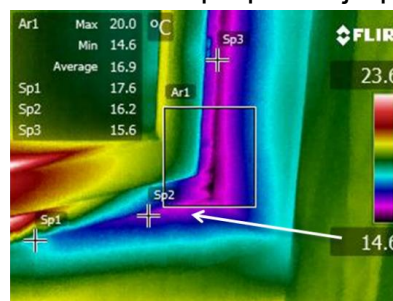
Detektiranje propusnih mjesta vršeno je pri podtlaku uz upotrebu infracrvene kamere.

Prednosti upotrebe infracrvene kamere:

- nedestruktivna metoda,
- na mjestu propusnosti omotača zgrade postoji razlika u temperaturi,
- jednostavna dokumentacija,
- moguća naknadna analiza termografskih snimaka.

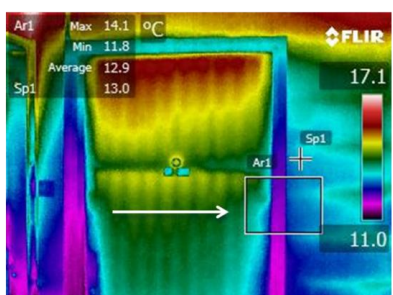
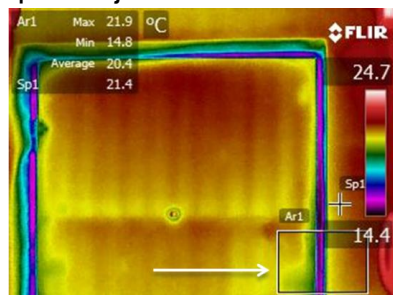
Primjer 1. Obiteljska kuća iz 70-tih godina i termografski snimak propuštanja prozorskog okvira

Građevina:	Obiteljska kuća, građena sredinom 70-tih godina
Tlocrtna površina:	188 m ²
Rezultat:	n₅₀ = 6,5 h⁻¹
Godišnji ventilacijski toplinski gubici:	2.111,8 kWh/a
Specifični ventilacijski toplinski gubici:	11,23 kWh/m ² a



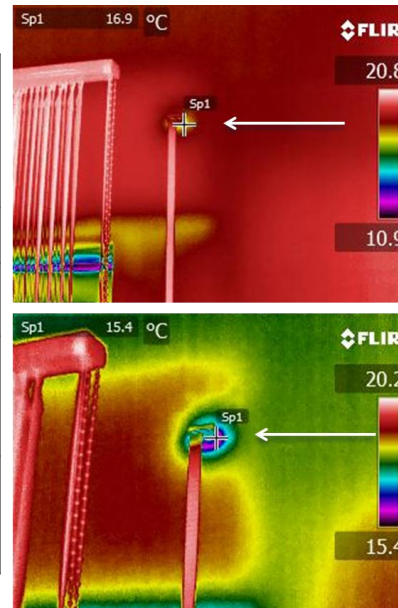
Primjer 2. Stambeni prostor i termografski snimak propuštanja okvira vrata

Građevina:	Višestambena zgrada (građena 1982.) – zrakopropusnost za jedan stambeni prostor
Tlocrtna površina:	29 m ²
Rezultat:	n₅₀ = 11,8 h⁻¹
Godišnji ventilacijski toplinski gubici:	533,4 kWh/a
Specifični ventilacijski toplinski gubici:	18,39 kWh/m ² a



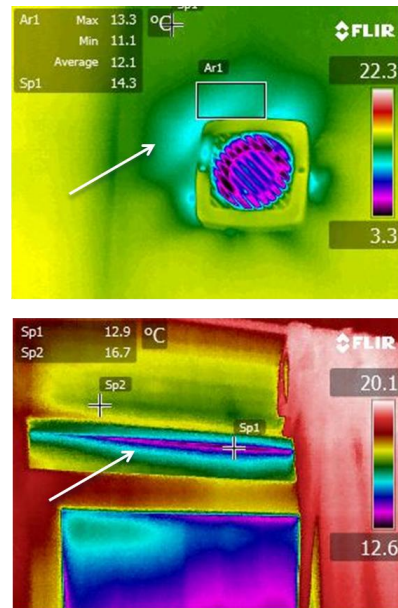
Primjer 3. Stambeno - poslovna zgrada i termografski snimak propuštanja roletne kutije

Građevina:	Stambeno poslovna zgrada (izgrađena 2006); zrakopropusnost poslovni dio
Tlocrtna površina:	108 m ²
Rezultat:	n₅₀ = 1,3 h⁻¹
Godišnji ventilacijski toplinski gubici:	233,2 kWh/a
Specifični ventilacijski toplinski gubici:	2,16 kWh/m ² a



Primjer 4. Stambeni prostor i termografski snimak propuštanja uz ventilator i propuštanja roletne kutije

Građevina:	Stambena zgrada (izgrađena 2007); zrakopropusnost za jedan stambeni prostor
Tlocrtna površina:	76 m ²
Rezultat:	n₅₀ = 1,7 h⁻¹
Godišnji ventilacijski toplinski gubici:	214,7 kWh/a
Specifični ventilacijski toplinski gubici:	2,83 kWh/m ² a

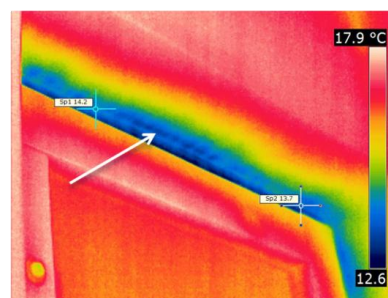
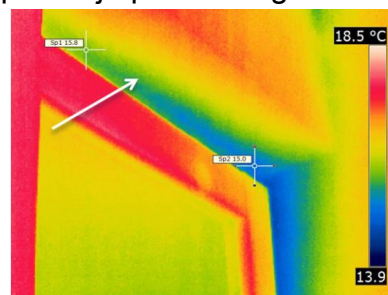


Primjer 5. Poslovni prostor i termografski snimak propuštanja prozorskog okvira

Građevina:	Infocentar za energetska efikasnost*
Tlocrtna površina:	37 m ²
Rezultat:	n₅₀ = 1,4 h⁻¹
Godišnji ventilacijski toplinski gubici:	98,7 kWh/a
Specifični ventilacijski toplinski gubici:	2,67 kWh/m ² a

*RAL montaža i ugradnja prozora

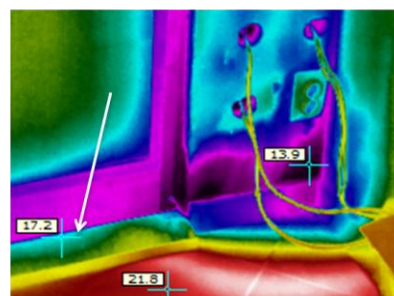
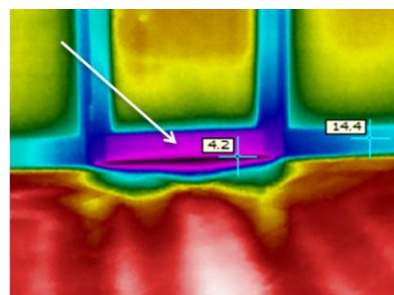
** Prikazani termogram odnosi se na stari drveni prozor u susjednoj prostoriji.



Primjer 6. Stambeno-poslovna zgrada i termografski snimak propuštanja okvira vrata

Građevina:	Stambeno poslovna zgrada; zrakonepropusnost za poslovni dio*
Tlocrtna površina:	380 m ²
Rezultat:	n₅₀ = 2,8 h⁻¹
Godišnji ventilacijski toplinski gubici:	2.416,1 kWh/a
Specifični ventilacijski toplinski gubici:	6,36 kWh/m ² a

*ugrađen mehanički uređaj za provjetranje



Nastavno na primjer broj 6;

Za toplinsku izolaciju navedene građevine izvedena je izolacija od 18 cm, ugrađena PVC i Alu stolarija sa trostrukim izolacijskim staklom gdje je međuprostor ispunjen plinom, koriste se obnovljivi izvori i niskotemperaturno stropno grijanje i hlađenje.

Zaključak: Izmjena zraka ne zadovoljava tehničke uvjete propisane Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

6. Izvještaj o ispitivanju zrakopropusnosti omotača zgrade

Investitor	-
Naziv i lokacija građevine	-
Broj izvještaja	-
Datum	11.03.2011

O ISPITIVANJU NEPROPUSNOSTI OVOJNICE GRAĐEVINE (BLOWER DOOR TEST)

ENERGONOVA
d.o.o. za projektiranje, izvedbu i održavanje
Zagreb, Novakačka 333

DIREKTOR:
Tomislav Pavić
Tomislav Pavić, dipl.ing.str.

e-mail: energonova@energonova.hr
www.energonova.hr

Tel: 00385 1 2343 339
Fax: 00385 1 2341 412

4 ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI OVOJNICE GRAĐEVINE

Ispitivanje se provodi u svrhu:

- mjerenja propusnosti zraka na ovojnici građevine i izračun izmjene zraka po satu
- otkrivanje mjesta propuštanja zraka

4.1 Postupak ispitivanja nepropusnosti ovojnice građevine

- vizualni pregled građevine
- uzimanje mjera potrebnih za izračun propuštanja
- zatvaranje svih vrata i prozora i zatvaranje/brtvljenje ventilacijskih otvora na ovojnici ispitivanog dijela
- postavljanje okvira i navlake za blower door ventilator na odabrana vrata
- ispitivanje ovojnice građevine podtlakom i predtlakom metodom A
- vizualna kontrola nepropusnosti uz korištenje generatora pare i mjerač brzine strujanja zraka i /C termografske kamere

4.2 Podaci o otvorima u ovojnici građevine i njihovom stanju za vrijeme ispitivanja

OTVORI U OVOJNICI GRAĐEVINE I NJIHOVO STANJE U VRIJEME ISPITIVANJA				
OTVOR	KOL.	STATUS	TJEKOM TESTA	NAKON TESTA
Na stropu prizemlja, prisilna ventilacija (dozračni i odzračni vent. otvori)	7	otvoreni	brtvljeni	otvoreni
U podu na katu, prisilna ventilacija (dozračni ventilacijski otvori)	6	otvoreni	brtvljeni	otvoreni
U WC, pedesivi odzračni ventilacijski otvori	2	otvoreni	zatvoreni	otvoreni

VRATA ZA POSTAVLJANJE BLOWER DOOR VENTILATORA

Lokacija ugradnje	prizemlje, sjever
-------------------	-------------------

Građevina	-	Strana	
Investitor	-		7/14

Datum ispitivanja	11.03.2011
Ispitivanje obavili	-

SADRŽAJ IZVJEŠTAJA:

1 REGISTRACIJA TVRTRKE.....	3
2 PRIMJENJENI PROPISI I ISPITNI INSTRUMENTI.....	4
2.1 Primjenjeni propisi.....	4
2.2 Ispitni instrumenti i uređaji.....	4
3 PODACI O GRAĐEVINI.....	5
3.1 Osnovni podaci.....	5
3.2 Opis građevne konstrukcije.....	6
3.3 Opis izvedenog sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV-e.....	6
4 ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI OVOJNICE GRAĐEVINE.....	7
4.1 Postupak ispitivanja nepropusnosti ovojnice građevine.....	7
4.2 Podaci o otvorima u ovojnici građevine i njihovom stanju za vrijeme ispitivanja ...	7
4.3 Podtlakno ispitivanje (Test 1).....	8
4.3.1 Grafički prikaz tlakova za vrijeme testa.....	8
4.3.2 Rezultati podtlaknog testa.....	9
4.4 Predtlakno ispitivanje (Test 2).....	10
4.4.1 Grafički prikaz tlakova za vrijeme testa.....	10
4.4.2 Rezultati predtlaknog testa.....	11
4.4 Kombinirani rezultati testova.....	12
5 OCJENA STANJA GRAĐEVINE.....	14

Građevina	-	Strana	
Investitor	-		2/14

4.3 Podtlakno ispitivanje (Test 1)

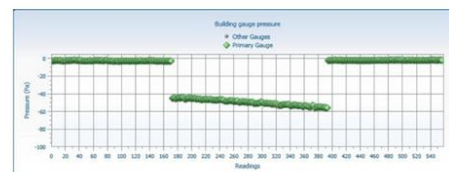
Vremenski uvjeti	IZMJERENI PODACI											
	Barometrički tlak [kPa]	Temperature /°C/										
		Unutarnja		Završna								
Brzina vjetrova [m/s]	0,8	Vanjska		-1				-2				
Vrijeme početka i završetka testa												
			17:39			17:51						
Statički tlak			Broj očitanih tlakova			Razmak između očitavanja						
12			6			10						
Ispitni tlak u građevini												
12			10			10						
Statički početni [Pa]	-2,31	-2,37	-2,02	-2,19	-2,31	-2,48	-2,67	-2,55	-2,48	-2,60	-2,84	
Ispitni tlak u građevini [Pa]	-44,6	-45,0	-46,0	-46,7	-48,0	-49,1	-50,0	-50,8	-52,1	-52,9	-53,8	-55,1
Statički završni [Pa]	-1,92	-2,01	-1,96	-2,14	-2,07	-1,85	-1,80	-1,78	-1,85	-1,88	-1,83	-1,75
Tlak u ventilatoru [Pa]	103,7	108,3	111,5	115,1	120	124,6	125,4	126,9	131	129,2	132,3	143,3
Ukupni protok zraka V _{0,1} [m³/s]	3021,5	3087,4	3133,1	3155,2	3250,4	3311,5	3322,8	3342,2	3395,4	3373,0	3412,3	3551,2
Korrigirani protok V _{0,1} [m³/s]	2799,9	2891,0	2903,3	2923,8	3012,0	3068,6	3078,9	3087,0	3148,4	3125,6	3162,0	3290,6
Grafička [Pa]	-1,4%	0,1%	0,1%	-0,1%	1,1%	1,5%	0,6%	0,1%	0,1%	-1,5%	-1,4%	1,0%

Srednje vrijednosti statičkog tlaka:

početni [Pa] $\Delta P_{E1} = -2,48$, $\Delta P_{E2} = -2,47$, $\Delta P_{E3} = 0,00$

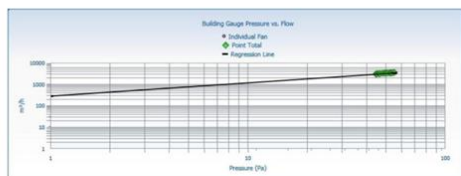
završni [Pa] $\Delta P_{E1} = -1,90$, $\Delta P_{E2} = -1,90$, $\Delta P_{E3} = 0,00$

4.3.1 Grafički prikaz tlakova za vrijeme testa



Graf 1. Statički tlakovi prije i nakon testa i ispitni tlakovi

Građevina	-	Strana	
Investitor	-		8/14



Graf 2. Ispitni tlakovi u građevini u odnosu sa protokom zraka

4.3.2 Rezultati podtlračnog testa

Rezultati podtlračnog testa				
	Rezultati	95% Granice pouzdanosti		Mjerna greška
Korelacija, r [%]	97,66			
Koeficijent protoka zraka, C_{exp} [$m^3/h Pa^2$]	283,0	195,6620	408,9680	
Korigirani koeficijent protoka zraka, C_1 [$m^3/h Pa^2$]	291,5	201,6900	421,5670	
EkspONENT protoka zraka, n	0,6157	0,5201	0,7113	
Protok zraka na 50 Pa, V_{50} [m^3/h]	3240	3213,7770	3270,7484	+/-0,0088
Izmjena zraka na 50 Pa, n_{50} [h]	2,600	0,1300	5,0741	+/-0,9500
Protok zraka na 4 Pa, V_4 [m^3/h]	684,5	540,6595	866,9699	+/-0,2383
Propusnost na 4 Pa, q_{50} [$m^3/h.m^2$]	0,725	0,0149	1,4357	+/-0,9795
Efektivno područje propuštanja na 4 Pa, w_{50} [$m^3/h.m^2$]	738,0	582,6257	934,2645	+/-0,2380

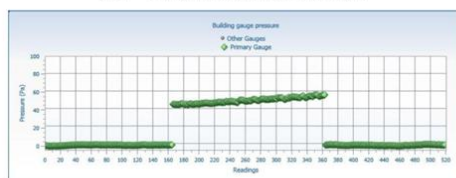
Gradjevina	-	Strana	
Investitor	-		9/14

4.4 Predlačno ispitivanje (Test 2)

Vremenski uvjeti	IZMJERENI PODACI					
	Barometrički tlak [kPa]	Temperature [°C]				Završna
		Unutarnja	Početna	Vanjska	-2	
	101,6	20	20	-2	-2	
		Brzina vjetra [m/s]				
		0,8				
Vrijeme početka i završetka testa			17:59	18:11		
Statički tlak		Broj očitanih tlakova		Razmak između očitavanja		
		12		6		
Ispitni tlak u građevini		12		6		
Statički, početni [Pa]	-2,64 -2,57 -1,82 -1,43 -1,45 -1,56 -1,56 -1,86 -1,98 -1,61 -1,69 -1,83					
Ispitni tlak u građevini [Pa]	45,0 45,1 46,0 46,9 47,9 49,1 50,3 50,9 51,9 52,9 53,8 55,1					
Statički, završni [Pa]	-1,39 -1,76 -1,97 -1,76 -1,96 -2,35 -2,37 -2,40 -1,92 -1,24 -1,06 -1,54					
Tlak u ventilatoru, [Pa]	143,2 142,6 143,3 144,9 146,5 151,5 152,2 154 160,9 165,4 165,6 166,5					
Ukupni protok zraka, V_{tot} [m^3/h]	3418,0 3410,9 3419,1 3438,1 3457,1 3515,8 3523,2 3544,6 3623,0 3672,7 3675,2 3685,4					
Korigirani protok, V_{tot} [m^3/h]	3688,5 3680,8 3689,7 3710,2 3730,7 3794,0 3802,0 3825,1 3909,7 3963,4 3966,1 3977,1					
Greška [%]	0,8% 0,5% -0,2% -0,4% -0,7% -0,1% -0,9% -0,8% 0,5% 1,1% 0,5% -0,3%					

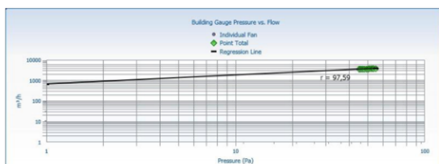
Srednje vrijednosti statičkog tlaka:
 početni [Pa] $\Delta P_{P1} -1,82$, $\Delta P_{P2} -1,82$, $\Delta P_{P11} 0,00$
 završni [Pa] $\Delta P_{P1} -1,81$, $\Delta P_{P2} -1,83$, $\Delta P_{P11} 0,00$

4.4.1 Grafički prikaz tlakova za vrijeme testa



Graf 3. Statički tlakovi prije i nakon testa i ispitni tlakovi

Gradjevina	-	Strana	
Investitor	-		10/14



Graf 4. Ispitni tlakovi u građevini u odnosu sa protokom zraka

4.4.2 Rezultati predlačnog testa

Rezultati predlačnog testa				
	Rezultati	95% Granice pouzdanosti		Mjerna greška
Korelacija, r [%]	97,59			
Koeficijent protoka zraka, C_{exp} [$m^3/h Pa^2$]	671,0	510,4390	862,6900	
Korigirani koeficijent protoka zraka, C_1 [$m^3/h Pa^2$]	672,5	511,2360	884,0680	
EkspONENT protoka zraka, n	0,4410	0,3715	0,5105	
Protok zraka na 50 Pa, V_{50} [m^3/h]	3775	3755,8791	3792,1612	+/-0,0048
Izmjena zraka na 50 Pa, n_{50} [h]	3,030	0,1514	5,9063	+/-0,9500
Protok zraka na 4 Pa, V_4 [m^3/h]	1240	1037,5046	1479,5639	+/-0,1784
Propusnost na 50 Pa, q_{50} [$m^3/h.m^2$]	1,313	0,0438	2,5812	+/-0,9666
Efektivno područje propuštanja na 4 Pa, w_{50} [$m^3/h.m^2$]	1335	1118,0366	1594,4088	+/-0,1780

Gradjevina	-	Strana	
Investitor	-		11/14

4.4 Kombinirani rezultati testova

Kombinirani rezultati testova				
	Rezultati	95% Granice pouzdanosti		Mjerna greška
Protok zraka na 50 Pa, V_{50} [m^3/h]	3510	3484,8473	3531,4747	+/-0,0068
Izmjena zraka na 50 Pa, n_{50} [h]	2,815	0,1407	5,4903	+/-0,9500
Protok zraka na 4 Pa, V_4 [m^3/h]	962,0	789,0860	1173,2753	+/-0,2084
Propusnost na 4 Pa, q_{50} [$m^3/h.m^2$]	1,019	0,0294	2,0085	+/-0,9700
Efektivno područje propuštanja na 4 Pa, w_{50} [$m^3/h.m^2$]	1035	850,3344	1264,3443	+/-0,2090

NAPOMENA:
 Kontrolom propusnosti ovojnice građevine na 50 Pa, mjerama brzine strujanja zraka u kombinaciji s generatorom pare pronađene su sljedeće veće propusnosti:

- Vrata prema podrumu (slika br. 3).
- Spoj stolarije sa zidom (slika br. 4).
- Vrata prema ulici (slika br. 5).
- Vrata prema haustoru (slika br. 6).
- Spoj stolarije sa zidom (slika br. 7).
- Spoj stolarije sa zidom (slika br. 8).

Pronađene propusnosti označene su u prilogu.



slika br. 3



slika br. 4

Gradjevina	-	Strana	
Investitor	-		12/14



slika br. 5



slika br. 6



slika br. 7



slika br. 8

Građevina	-	Strana
Investitor	-	13/14

5 OCJENA STANJA GRAĐEVINE

Ispitivanjem je obuhvaćeno prizemlje i 1. kat poslovnog dijela građevine.
 Ispitivanje je izvršeno tlačanjem građevine zrakom radići pri tom podtlak i predtlak u građevini od 50 Pa. Postupak ispitivanja izvodio se kompjuterski vođenim programom prema normi HRN EN 13629, 2002 Toplinске zračnjake zgrada – Određivanje propusnosti zraka kod zgrada – Metoda razlike tlakova. Rezultat mjerenja je srednja vrijednost n_{50} između rezultata dobivenih ispitivanjem predtlakom i podtlakom kod 50 Pa

$n_{50} = 2,815 \text{ [1/h]}$

- Izmjena zraka ne zadovoljava tehničke uvjete -

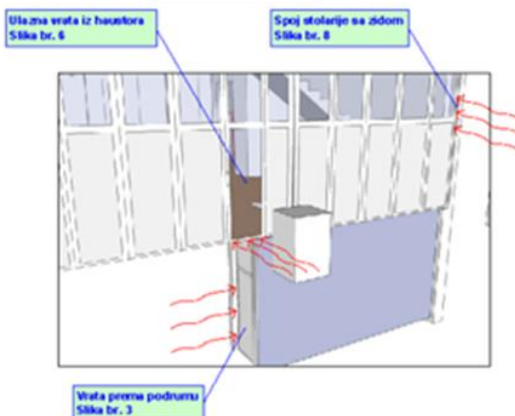
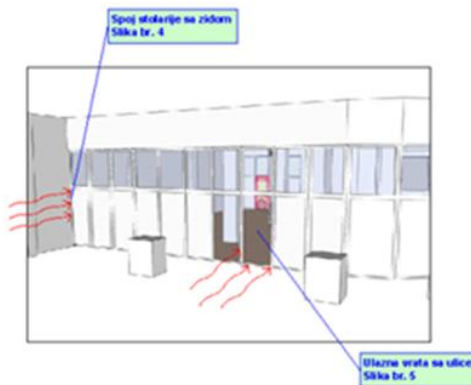
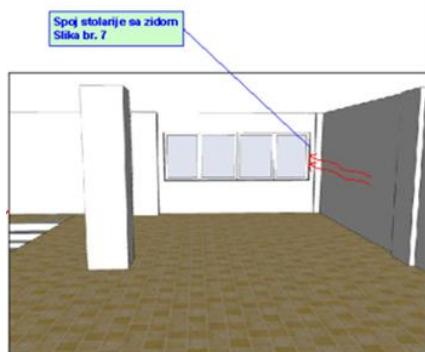
Prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 110/08 i 88/09, za zgrade s mehaničkim uređajem za provjetravanje izmjena zraka kod od 50 Pa ne smije biti veći od $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$.

ISPITIVANJE OBAVILI: VODITELJ ISPITIVANJA BLOWER DOOR TESTA:

PRILOG:
 - S-01 Skica građevine sa propusnim mjestima

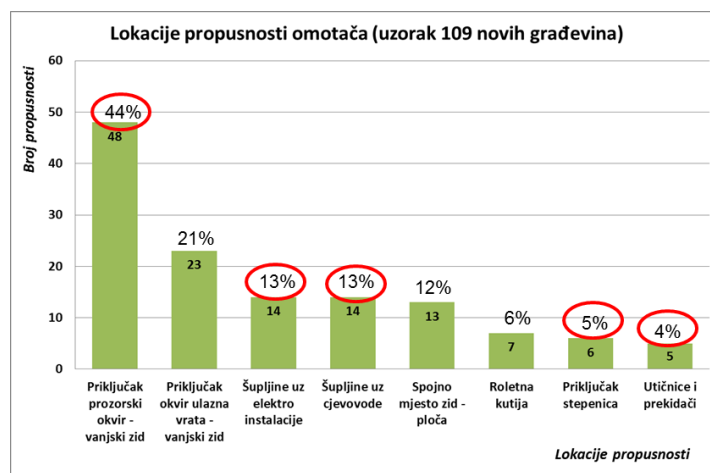
Građevina	-	Strana
Investitor	-	14/14

Grafički prikaz propusnih mjesta:

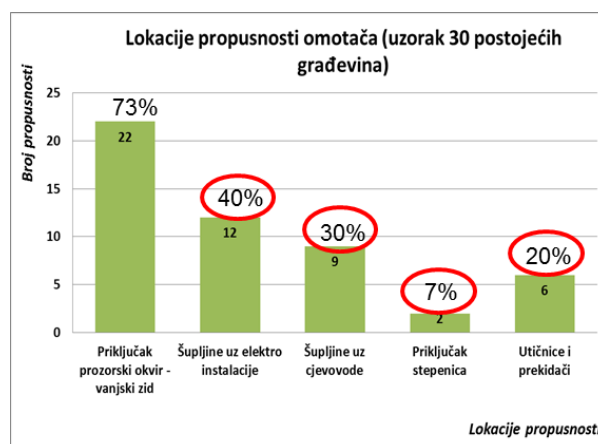


7. Provedena ispitivanja zrakopropusnosti - EU

Prema podacima IFB - Institut für Bauforschung [3] (mjerjenja između 2009 i 2009 godine) navedena su karakteristična mjesta propusnosti omotača zgrada kod novogradnji i građevina u upotrebi;



Slika 5. Propusna mjesta omotača zgrade (novogradnja)



Slika 6. Propusna mjesta omotača zgrade (zgrade u upotrebi)

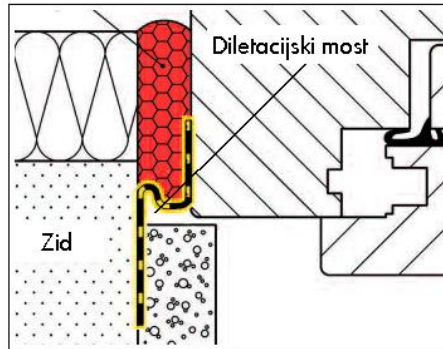
Iz prikazanih podataka vidljivo je da se u Europi pridaje važnost zrakonepropusnosti. Zrakonepropusnost omotača zgrade postiže se odgovarajućim izborom brtvljenja i odgovarajućim priključcima građevinskih elemenata.

U praksi je vidljivo da, bez obzira na dostupnost raznih brtvjenih materijala i elemenata još uvijek su prisutna propusna mjesta.

Kod obiteljskih kuća sa jednostavnim tlocrtom, obzirom na tip konstrukcije nastane 150 do 300 m potencijalnih pukotina na spojevima građevinskih elemenata. [4]

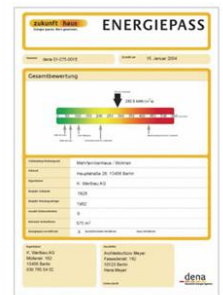
Primjer nekih brtvenih elemenata:

- brtvena traka kod ugradnje prozora i vrata (RAL montaža) [5],



Slika 7. Brtvena traka – RAL montaža

- zrakonepropusna zidna kutija za elektroinstalacije [6].



Slika 8. Zrakonepropusna zidna kutija za elektroinstalacije

8. Zaključak

Zadovoljavanje zahtjeva za zrakonepropusnost potrebno je vršiti u svim fazama gradnje (od projektiranja do izgradnje):

- konceptom nosive konstrukcije,
- projektiranjem detalja,
- nadzorom,
- provjerom kvalitete izvedenih radova (Blower door uređajem).

Ispitivanje zrakonepropusnosti omotača zgrade investitoru služilo kao dokaz zadovoljavanja propisanih zahtjeva, izvođačima kao dokaz kvalitete izvedenih radova, kupcu kao potvrda dobivene vrijednosti za uložena sredstva.



9. Literatura

- [1] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08 i 89/09; članak 20. do 24)
- [2] HRN EN 13829:2002 Toplinske značajke zgrada – Određivanje propusnosti zraka kod zgrada – Metoda razlike tlakova
- [3] Heike, Böhmer; Tania, Brinkmann-Wicke; Dirk, Fanslau-Görlitz; Julia, Zedler; Herbert Trauernicht; IFB - Institut für Bauforschung, Luftdichtheitsmessung in der Praxis (ISBN 978-3-481-02723-0)
- [4] Passivhaus Institut, Darmstadt; Lufdichte Projektierung von Passivhäusern (2005); www.passiv.de
- [5] WÜRTH-HRVATSKA d.o.o.; Ugradnja stolarije – Sustav brtvljenja prema RAL montaži 2011; www.wuerth-com.hr
- [6] KAISER GmbH; Katalog proizvođača; www.kaiser-econ.de



Plinifikacija Rafinerije nafte Rijeka *Gasification of Petroleum Refinery Rijeka*

Svetlana Petrović

INA - Industrija nafte d.d., Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: svetlana.petrovic@ina.hr

Sažetak

Ina je 2005. godine započela modernizaciju svoje Rafinerije nafte u Rijeci. Razlozi za pokretanje projekta modernizacije bili su ekonomske i ekološke prirode. S jedne strane tržište zahtjeva poboljšanje kvalitete proizvoda i povećanje dubine prerade nafte, dok je s druge strane potrebno osigurati smanjenje emisija štetnih tvari, sukladno propisima Republike Hrvatske i Europske unije.

Kako bi cjelokupan sustav prve faze modernizacije funkcionirao, nužno je bilo osigurati opskrbu rafinerije prirodnim plinom.

Abstract

In 2005, INA launched an extensive program for the modernization of its oil refinery in Rijeka. The rationale behind initiating this project is economic and ecological in nature. From one angle the market poses the need for quality improvement of products and for increasing depth of refining, whereas on the other hand reducing emissions of environmentally hazardous compounds is imperatively needed, in keeping with the Legislative Provisions of the Republic of Croatia and of EU Regulations.

To ensure that this system is entirely functional in Phase I of Modernisation, it was imperative to secure supplies of natural gas in the refinery.

Ključne riječi: Rafinerija nafte, modernizacija, prirodni plin, kvaliteteta proizvoda, zaštita okoliša

1. Uvod

INA je 2005. započela s realizacijom modernizacije Rafinerije nafte u Rijeci izgradnjom novih procesnih i pomoćnih postrojenja, korištenjem najboljih raspoloživih tehnika, a u cilju osiguravanja dugoročno održivog rasta i razvoja rafinerijskih kapaciteta, uz ispunjavanje zahtjeva za kvalitetu goriva sukladno europskim standardima i smanjivanje negativnog utjecaja na okoliš.

Razlozi za pokretanje projekta modernizacije Rafinerija bili su ekonomske i ekološke prirode. Modernizacijom se povećava kompleksnost Rafinerije, podiže razina iskoristivosti, učinkovitosti, i profitabilnosti rafinerijske prerade. Takvim pristupom se jača Inina pozicija



na postojećim tržištima i omogućuje prodor na nova. Modernizacija Rafinerije nafte Rijeka planirana je u dvije faze.

U prvu fazu modernizacije je investirano 400 milijuna eura, a postrojenja koja su obuhvaćena njome, puštena su u rad početkom 2011. Time je osigurano ispunjavanje zahtjeva Uredbe o kakvoći tekućih naftnih goriva koja propisuje proizvodnju goriva europske Euro V kvalitete, prema kojoj količina sumpora u motornim benzinima i dizelskom gorivu ne smije premašivati 10 miligrama po kilogramu te u potpunosti mora zadovoljavati važeće europske standarde EN 228 i EN 590. Dobiveni su novi proizvodi Eurosuper 95 BS i Eurodizel BS, a INA je uvela i proizvode s dodatkom primjenskih aditiva, tzv. Class goriva – tako da je ponuda u potpunosti izjednačena s europskom kvalitetom.

Bitna je činjenica da se cjelokupan projekt modernizacije bazira na korištenju prirodnog plina, kao sirovine i kao energenta na novim i postojećim postrojenjima rafinerije. Opskrba Rafinerije nafte Rijeka prirodnim plinom bio je zahtjev Ministarstva zaštite okoliša, prostornog planiranja i graditeljstva za odobrenje cjelokupnog projekta modernizacije.

Druga faza modernizacije rafinerije nafte Rijeka je trenutno u fazi odobrenja studije utjecaja na okoliš. Cilj je povećanje proizvodnje visokovrijednih, prvenstveno srednjih, destilata, uz istovremeno smanjenje, ili potpuno uklanjanje proizvodnje teškog loživog ulja visokog sadržaja sumpora.

2. Plinifikacija Rafinerije nafte Rijeka

Glavni razlog zahtjevu za plinifikacijom Rafinerije nafte Rijeka bila je loša kvalitete zraka (III kategorija) u okolnom području, zbog višekratnog prekoračenja razine koncentracije onečišćenja (posebice sumpornog dioksida). Evidentno je da je veliki dio zagađenje uzrokovalo korištenje loživog ulja u tehnološkim procesima rafinerije. Način da se situacija radikalno promjeni bila je plinifikacija Rafinerije i prestanak korištenje loživog ulja kao energenta. To se je omogućilo upotrebom prirodnog plina kao sirovine i goriva u rafinerijskim postrojenjima. Uvođenjem plina INA je značajno pridonjela zaštiti okoliša i zdravlja ljudi, stvorila pozitivnu sliku u lokalnoj zajednici i zadovoljava zakonske standarde Republike Hrvatske i EU.

Glavni ciljevi uvođenja prirodnog plina bili su:

- Smanjenje negativnog utjecaja Rafinerije Rijeka na okoliš i zdravlje ljudi u okolini
- Usklađivanje HR i EU zakonskih propisa u pogledu emisija onečišćujućih tvari
- Povećanje stabilnosti rada rafinerijskih procesnih peći i kotlova
- Osnova za dobivanje građevinske dozvole za modernizaciju I i II faze

Ukupne potrebe za plinom u Rafineriji nafte Rijeka procijenjene su na :

500×106 Nm³ plina/godišnje.

Kako bi se omogućila dobava prirodnog plina za rafineriju, 2010. je izgrađen distributivni plinovod od mjerno-redukcijske stanice Rijeka istok (Kukuljanovo) do Rafinerije nafte Rijeka.



Slika 1. Trasa distributivnog plinovoda – crvena linija

Tehničke karakteristike distributivnog plinovoda:

Promjer DN 300;

Radni tlak 50 bar g;

Kapacitet 100.000 Nm³/h;

Izgradnja plinovoda omogućila je da nova rafinerijska postrojenja koriste prirodni plin kao sirovinu i kao energent, te da plin postane gorivo i za preostali „stari“ dio Rafinerije, tj. da nadopunjava sustav rafinerijskog loživog plina te mu osigurava stabilan tlak i količinu za sve potrošače unutar rafinerije.



Slika 2. Razvod prirodnog plina po Rafineriji – žuta linija

Da bi se omogućilo snabdijevanje rafinerijskih potrošača prirodnim plinom izgrađena je i redukcijska stanica prirodnog plina unutar Rafinerije. Tlak plina se reducira na tlak rafinerijskog sustava za loženje, tj. smanjuje se sa 50 bar g na 3 bar g. U redukcijskoj stanici vrši se priprema plina, što obuhvaća filtriranje i predgrijavanje plina, te redukciju tlaka plina na zadane vrijednosti. Redukcijsku stanicu sačinjavaju dvije zasebne linije sa rezervnim linijama:

Redukcijske stanice za Energanu ($25.000 \text{ Nm}^3 / \text{h}$) i redukcijske stanice za sustav gorivog plina ($12.500 \text{ Nm}^3 / \text{h}$). Projekt plinifikacije je obuhvatio je izgradnju cjevovoda za razvod prirodnog plina do pojedinih potrošača te izvedbu napajanja pilota plamenika na obje rafinerijske baklje, što osigurava veću sigurnost od dosadašnjeg sustava snabdijevanja rafinerijskim plinom varijabilnih karakteristika.

Nakon prva faze modernizacije pozitivni efekti u smislu eliminacije emisije sumpornog dioksida bit će smanjenje za više od 60%. Prirodni (zemni) plin je energetski i ekološki najprihvatljivije fosilno gorivo. Tehnologija uporabe je već toliko napredovala da se postiže maksimalna iskoristivost (preko 90 %) i maksimalna sigurnost za korisnika. Po kemijskom sastavu prirodni plin koji se koristi u Rafineriji je 99% čisti metan (CH_4), plin je suh, bezbojan i bez mirisa. Prirodni plin proizvodi manje ugljičnog dioksida po jedinici energije od loživog ulja. Izgaranjem prirodnog plina proizvodi daleko manje SO_2 , NO_x i lebdećih čestica nego bilo koja druga fosilna goriva.

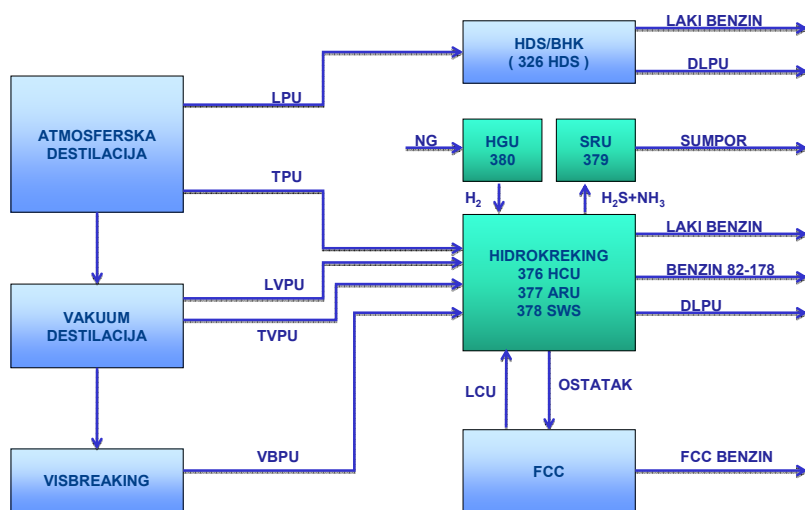
3. Modernizacija Rafinerije nafte Rijeka

Modernizacija rafinerije Rijeka planirana je u dvije faze.

Prva faza modernizacije Rafinerije nafte Rijeka započela je 2005, a tehnički je dovršena 2010. izgradnjom triju osnovnih procesnih postrojenja:

- blagi hidrokreking / hidrododesulfurizacija (MHC/HDS),
- postrojenje za proizvodnju vodika (HGU) i
- postrojenje za izdvajanje sumpora –Claus (SRU),

te brojnih pomoćnih postrojenja i instalacija.



Slika 3. Shema I faze modernizacije



Središnji dio kompleksa je postrojenje za Hidrokreking / Hidrodesulfurizaciju. Tu se putem hidrokreiranja iz teških ugljikovodika dobivaju lakši proizvodi, a hidrodesulfurizacijom se iz njih proizvode goriva Euro V kvalitete. Odabrana je Chevron tehnologija - ISOCRACKING® za hidrokreking i ISOTREATING® za hidrodesulfurizaciju. Izgrađen je hidrokreking kapaciteta 1.740.000 t/god, hidrodesulfurizacija kapaciteta 860.000 t/god.

Postrojenje za proizvodnju vodika je kapaciteta 81.000 Nm³/h vodika visoke čistoće (99,9%) koji se proizvodi iz prirodnog plina, a za potrebe Hidrokrekinga / Hidrodesulfurizacije i ostalih rafinerijskih potrošača. Primjenjuje se tehnologija parnog reforminga. Osim proizvodnje vodika, postrojenje proizvodi i 95 t/h visokotlačne pregrijane pare koja se koristiti za proizvodnju električne energije.

Postrojenje za izdvajanje sumpora, kapaciteta je 95 t/d (s predviđenim proširenjem kapaciteta na 190 t/d) tekućeg sumpora visoke čistoće. Sirovina za postrojenje su kiseli plinovi iz postojećih postrojenja i iz novog postrojenja Hidrokreking / Hidrodesulfurizacija. Primjenjena je Claus tehnologija s tretmanom otpadnog plina, Tail Gas Treatment (TGT), kako bi se ostvarilo preko 99.5% uklanjanje sumpora iz ulazne sirovine. Drugim riječima, izlazni plinovi gotovo da ne sadrže sumpor.

Ukupna vrijednost investicije prve faze modernizacije Rafinerije nafte Rijeka je 400 milijuna eura. Odabrani model modernizacije Rafinerije nafte Rijeka zasnivao se na korištenju visokosumporne REB nafte. Kako bi se Rafineriji omogućilo da na tržištu sirovih nafte koristi mogućnost većeg izbora, a glede gotovih proizvoda ravnopravnu tržišnu poziciju. Tražeći optimum poslovanja, model je ponudio tehnologiju za nova preradbeno postrojenja koja traži relativno visoka ulaganja.

Krenulo se od sljedećih postavki:

1. Rafinerija proizvodi energente za domaće i vanjsko tržište te proizvodi energiju za svoje potrebe,
2. Modernizacija se izvodi tako da Rafinerija ima mogućnost dugoročnog opstanka s obzirom na mogućnosti tržišta sirovina i zahtjeva tržišta gotovih proizvoda,
3. Kakvoća dobivenih proizvoda jest posljedica direktne preformulacije pojedinih procesnih tokova i izgradnje novih postrojenja.

Mogućnost proizvodnje goriva po EN normama je prije modernizacije bila ograničena (samo 23% od ukupno proizvedenog benzina zadovoljavalo je EU kvalitetu, a 38% od ukupno proizvedenog dizela je bilo prema EU normama).

Već se izgradnjom I faze modernizacije omogućilo da ukupna proizvodnja benzina i dizelskog goriva) odgovara europskoj kvaliteti . U pogledu zaštite okoliša, rafinerija koristi direktne obrade šarži kako bi postignula bolju kakvoću proizvoda (hidrokreiranje, hidrobrada), dok su sustavi za obradu otpadnih plinova (obrada aminom, Claus proces i TGT proces) i otpadnih voda (striper otpadnih voda) integrirani u zajednički rafinerijski sustav.



Slika 4. Položaj novih postrojenja u RNR - I faza modernizacije

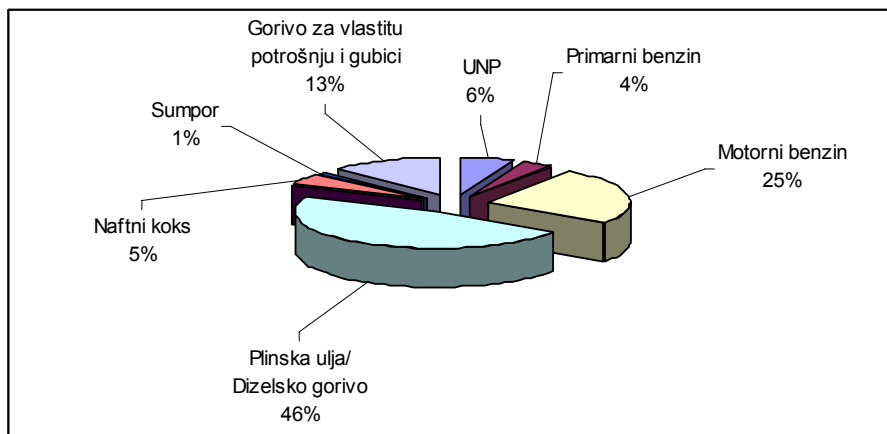
Tablica 1. Planirana dinamika potrošnje prirodnog plina u novim postrojenjima – I faza modernizacije

PRIRODNI PLIN za	Planirani kapacitet Nm ³ /h	Planirani kapacitet Nm ³ /god (365 dana)
HGU sirovina	29.656	259.786.560
HGU gorivo	7.466	65.402.160
SRU gorivo	625	5.475.000
HC gorivo	6.756	59.182.560
UKUPNO	44.503	389.846.280

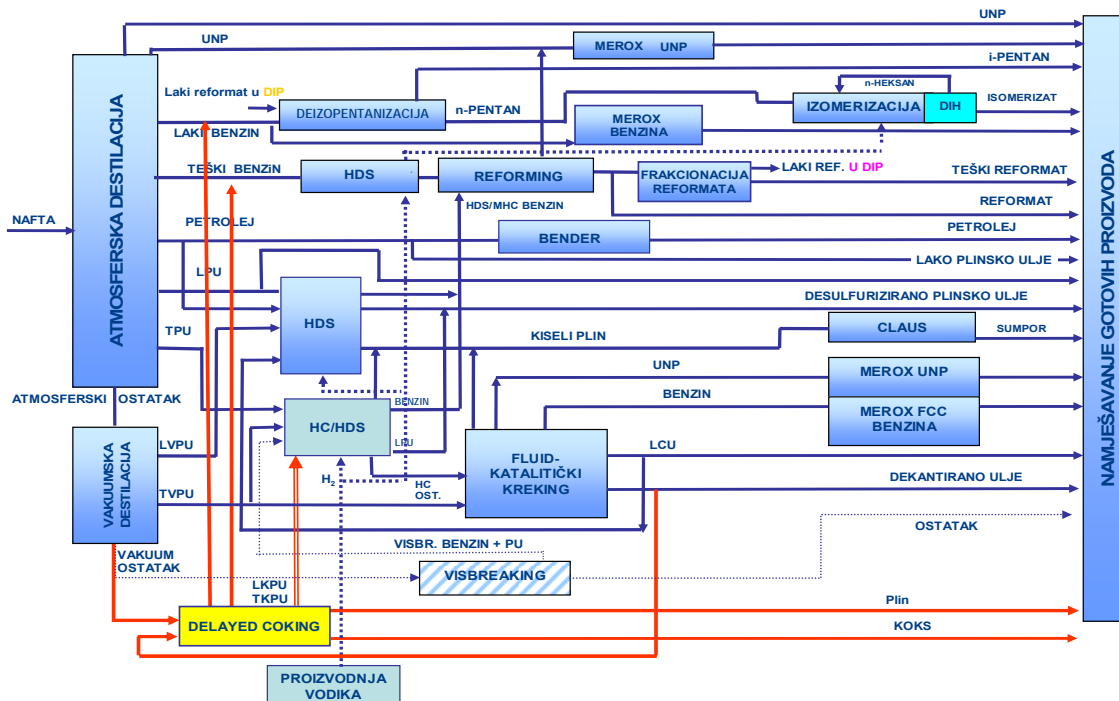
II fazu modernizacije treba karakterizirati povećanje proizvodnje visokovrijednih, prvenstveno srednjih, destilata, uz istovremeno smanjenje, ili potpuno uklanjanje proizvodnje teškog loživog ulja visokog sadržaja sumpora. Zajedno s postojećim procesima u radu omogućit će se znatno dublja konverzija, tj. veći iscrpak „bijelih proizvoda“ (preko 75% u odnosu na sirovu naftu) uz zadovoljenje emisijskih normi. Na bazi provedenih studija, INA je predvidjela tehnologiju komornog koksiranja (Delayed Coking). Odabir ove tehnologije osigurava poštivanje europskih ekoloških standarda, koji su ušli u zakonodavstvo Republike Hrvatske, jer u obzir uzima zahtjeve u skladu s preporukama za primjenu najboljih raspoloživih tehnika u zaštiti okoliša i kontroli onečišćenja prema međunarodnoj Integrated Prevention and Pollution Control (IPPC) direktivi i hrvatskoj Uredbi o postupku utvrđivanju objedinjenih uvjeta zaštite okoliša.

Novo koking postrojenje bit će projektirano za rad uz niski tlak (2-5 bara), visoku temperaturu (>500 °C), na maksimalni projektni kapacitet od 1.000.000 t/g. Proizvodit će se i naftni koks kao novi proizvod Rafinerije Rijeka u postotku manjem od 5% od

cjelokupne proizvodnje rafinerije. Korištenjem zatvorenih sustava transporta i skladištenja naftnog koksa, onemogućuje se izlaženje koksne prašine ili koksni čestica u atmosferu. Time bi trebala prestati proizvodnja visokosumpornih loživih ulja. Navedeno povećanje konverzije nafte u visokovrijedne proizvode doprinosi povećanju rafinerijske marže. Nelsonov indeks kompleksnosti rafinerije timebi se bi se povećao, na 9.5 sa prijašnjih 8.5.



Slika 5. Struktura proizvoda nakon II faze modernizacije RNR



Slika 6. Prikaz tehnološkog modela Rafinerije nafte Rijeka nakon završetka II faze modernizacije



Provedbom druge faze modernizacije Rafinerije nafte Rijeka dodatno će se poboljšati kvaliteta zraka u njenom okruženju, jer će se iz rafinerijskog loživog plina obrađivati i izdvajati sumpor, prestat će korištenje loživog ulja, glavnog izvora emisija sumpornih i dušičnih oksida, a prirodni plin bit će osnovni energent, čime će se dodatno smanjiti ispuštanje štetnih tvari koje utječu na okoliš.

4. Ekološke značajke Rafinerije nafte Rijeka

INA se opredijelila za doprinos održivom razvoju kroz sustavno upravljanje zaštitom okoliša, što je sastavni dio njene poslovne politike, a zaštita okoliša uključena je u njene osnovne djelatnosti.

Činjenica je da Rafinerija nafte Rijeka nije proizvodila dovoljnu količina rafinerijskog (loživog) plina te se za vlastitu potrošnju u pećima procesnih postrojenja, te kotlovima u energani, koristio i velik udio loživog ulja (50%). To je značajno utjecalo na lošu kvalitetu zraka. Energija proizvedena u energani (para i električna energija) dolazila je uglavnom od energije loživog ulja koje sadrži oko 2,4% sumpora. Posljedica visokog sadržaja sumpora u loživom ulju je povećana količina SO₂, NO_x i lebdećih čestica u dimnim plinovima.

U politici poslovanja definiran je način upravljanja poslovnim procesima:

Kontinuiranim razvojem tehnologije i postupaka proizvodnje pri čemu se utjecaje na zdravlje, sigurnost i okoliš svodi na najmanju moguću mjeru.

Modernizacijom i plinifikacijom rafinerije nafte Rijeka, ovakvim pristupom, utječe se na smanjenje koncentraciju SO₂, NO_x i čestica u dimnim plinovima i tako se osigurava potpora lokalne zajednice za daljnji razvoj. Kada se realizacijom II faze modernizacije, potrošnja loživog ulja kompletno zamijeniti prirodnim plinom, emisija SO₂ bit će gotovo eliminirana.

Kvaliteta zraka u okolini rafinerije prati se putem mjernih postaja: Kostrena-Urinj, Paveki, Vrh Martinšćice i Krasica. Potpuna obnova mjernih stanica, izvršena je početkom 2011., čime se osigurava bolje praćenje kvalitete zraka u okolici rafinerije.

5. Zaključak

Dok s jedne strane tržište zahtjeva poboljšanje kvalitete proizvoda i povećanje dubine prerade nafte, s druge je strane potrebno osigurati smanjenje emisija tvari koje mogu imati utjecaj na okoliš u području rafinerije i šire, sukladno propisima Republike Hrvatske i Europske unije.

S tim zadacima, INA je 2005. započela proces modernizacije svoje rafinerije nafte u Rijeci. Tehnologije koje se koriste pri modernizaciji odgovaraju najvišim ekološkim i sigurnosnim standardima i u primjeni su u nizu rafinerijskih postrojenja u Europi i svijetu. Proizvodnja i formuliranje suvremenih goriva zahtjeva kompleksnu tehnologiju, što u rafinerijama dovodi do povećanja potrošnja energije. Stoga se paralelno s proizvodnjom ekološki prihvatljivijih goriva jednaka pažnja posvećuje mjerama koje vode povećanju



energetske učinkovitosti kako bi se u preradi nafte, manipulaciji i distribuciji derivata postiglo minimalno utjecanje na okoliš.

U okviru modernizacije INA je provela plinifikaciju Rafinerije nafte Rijeka, odabravši prirodni plin kao najčišći energent kojim snabdijeva sve svoje potrošače i eliminira potrošnju loživog ulja koje je osnovni uzrok onečišćenja. Direktna posljedica korištenja takvog, kvalitetnog energenta je maksimalno smanjenje negativnog utjecaja na okoliš.

Trud i novac, koji je uložen u modernizaciju i plinifikaciju Rafinerije nafte Rijeka posljednjih nekoliko godina, učinili su procese prerade produktivnijima i učinkovitijima, a INU definirali kao kompaniju koja svojim djelovanjem čini opće dobro za vlasnike, zajednicu i buduća pokoljenja.



TE-TO Osijek – rekonstrukcija sustava gorionika *Power plant & Heating Osijek - reconstruction of burner's system*

M. Stojkov^{1*}, D. Čavlović², D. Šljivac³, D. Pelin³, H. Glavaš³

¹ Strojarški fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

² HEP Proizvodnja d.o.o., TE-TO Osijek, Osijek, Hrvatska

³ Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju E-mail: marinko.stojkov@sfsb.hr

Sažetak

U članku je dan povijesni prikaz izgradnje i razvoja TE-TO Osijek. Tijekom remontnog zastoja postrojenja Bloka 45 MW u TE-TO Osijek, izvršena je rekonstrukcija sustava gorionika i zamjena sustava zaštita generatora 45 MW. Temeljnom rekonstrukcijom sustava upravljanja gorionika, koji je realiziran "fail safe" logikom, ostvarena je potrebna signalna i mikroprocesorska redundancija, sigurnost u radu i omogućen automatski prelazak sa jednog na drugo gorivo tijekom rada (sa plina na mazut i obratno), bez obustave rada gorionika.

Ključne riječi: termo elektrana, plamenik, zaštita, gorivo

Abstract

Historical overview of construction and development of TE-TO Osijek is given in the paper. During repairing period of power plant block 45 MW Osijek the reconstruction and implementation of adaptive burner's system and the replacement of generator's protection is made. Signal and microprocessor redundancy with safety at work was achieved by fundamental reconstruction of the burner management system, which has been realized in "fail safe" logic. Now, it is possible to automatically switch from one fuel to another during function (gas or oil), without a work stoppage of burner' system.

Key words: power plant, burner, protection, fuel

1. Uvod

Prihvatanjem zakona sukladno europskoj energetskej direktivi [1] i liberalizaciji tržišta električne energije u RH stvara se zanimljiv inženjerski izazov kako pred struku i znanost tako također i dodatni zahtjevi prema energetskom sektoru, uključivo i HEP. Zahtjevi su ponajviše vezani za prilagođavanje i transformaciju energetskih poduzeća s novousvojenim mehanizmima i kriterijima energetskog tržišta. Nužno je usvajanje novih znanja i vještina potrebitih da budemo na kadri riješiti novonastale izazove oko upravljanja novim procesima.



Sama reforma energetskega sektora u RH započela je 2000. godine, kada je Vlada RH prihvatila Program reforme energetskega sektora, a potom i dva nova zakona o privatizaciji Hrvatske elektroprivrede i INE. Temeljne postavke organizacije elektroenergetskog sektora u Hrvatskoj definirane su s tri energetska zakona: Zakonom o energiji, Zakonom o regulaciji energetske djelatnosti i Zakonom o tržištu električne energije. Po stupanju na snagu predmetnih zakona ostvareni su preduvjeti za restrukturiranje Hrvatske elektroprivrede, podjelom na tri temeljne djelatnosti: proizvodnju, prijenos, te distribuciju i opskrbu, time su ostvareni potrebni uvjeti za osnivanje poduzeća-kćeri, s odvojenim računima unutar HEP grupe. Temeljem Zakona o energiji definira se postojanje tarifnih i povlaštenih kupaca električne energije. Energetsko tržište se odnosi samo na proizvodnju i opskrbu povlaštenih kupaca, dok sve ostale elektroenergetske djelatnosti imaju status javne usluge.

Temeljem Strategije energetskega razvitka (osnovni dokument za planiranje u energetici), Programa provedbe strategije i planova razvitka jedinica lokalne i regionalne samouprave, energetski subjekti planiraju i definiraju programe izgradnje, proizvodnje i održavanja energetske jedinice. Ove djelatnosti u dereguliranim odnosno tržišnim uvjetima bitno su drugačije od aktivnosti planiranja u centraliziranim monopolističkim uvjetima gdje je sigurnost opskrbe električnom energijom često bila važnija nego profitabilnost poslovanja [2]. U tržišnim uvjetima osnovni cilj poslovanja energetske tvrtke temelji se na dostizanje najvećeg neto profita uz stalno prisutan poslovni rizik uvjetovan promjenom cijene goriva kao ulazne varijable u definiranom tehničkom procesu i cijene električne energije kao proizvoda koja ovisi o trenutku kada je proizvedena odnosno o ponudi i potražnji na slobodnom tržištu. Na ovaj se način teži da liberalizacija tržišta električne energije bude učinkovita na taj način da smanjuje cijenu električne energije (dobra iskustva u zemljama EU s viškom proizvodnih kapaciteta, ali loša iskustva u SAD-u). U tranzicijskim zemljama je u pravilu dolazilo do povećanja cijena električne energije zbog ukidanja do jučer postojeće socijalne politike i utjecaja državne regulacije, uslijed nepostojanja dostatnih kapaciteta, ubrzanog gospodarskog rasta (povećanje potreba za energijom), kao i zatvaranja dijela proizvodnih kapaciteta električne energije koji prema EU standardima ne udovoljavaju tehnološke, ekološke ili sigurnosne kriterije. Primjer je zatvaranje dva reaktora bugarske nuklearne elektrane "Kozloduj" ukupne snage 880 MW, prilikom ulaska Bugarske u EU 01.01.2007., čime je izazvana nestašica električne energije u regiji.

Inženjerski timovi nužno trebaju izvršiti stratešku i tehničku analizu zatečenog stanja svih sustava, kao i izbor tehnoloških opcija vezanih i za veću konkurentnost kao i za usvajanje novih dijelova sustava u razvojnom ciklusu proizvodnih jedinica na energetskom tržištu uslijed gubitka privilegiranog, monopolističkog položaja.

Uspostavom slobodnog tržišta energije povećavat će se pritisak prema što nižoj cijeni proizvodnje električne energije, što uz postojeće zahtjeve za maksimalnom raspoloživosti (sigurnosti) postrojenja kao vodećeg opskrbljivača grada Osijeka toplinskom energijom, te osiguranje dostatnih količina goriva i poštivanje sve zahtjevnijih ekoloških standarda, predstavlja visoke kriterije za organizaciju vođenja i održavanja "TE-TO Osijek".

Veliki je izbor mogućih opcija smanjivanja troškova i optimizacije proizvodnje: osposobljavanje bloka za očekivane višetarifne razrede otkupljivanja električne energije – preduvjet je mogućnost brze promjene snage uz sekundarnu regulaciju, odnosno



proizvodnja električne energije u vršnim dijelovima dnevnog dijagrama opterećenja, mogućnost promjene vrste goriva (plin/mazut) u maksimalno dozvoljenim omjerima, i fleksibilnost stalnim promjenama potrebnih količina uzrokovanih ograničenim isporukama i cijenom), optimiranje regulacijskih krugova, veća pouzdanost i raspoloživost postrojenja, povećanje postojećeg toplinskog konzuma širenjem toplinskih mreža, ali i iznalaženjem novih mogućnosti korištenja (npr. korištenje toplinskog sustava za hlađenje u ljetnom periodu). Sve ovo treba biti implemetirano uz zadovoljenje svih zakonskih odredbi i regulativa o ekologiji i zaštiti čovjekove okoline [3].

Sukladno gore navedenim zahtjevima, ali i opravdanim tehničkim potrebama pogona starog cca 20 godina, čiji je dio opreme prošao životni vijek, izvršena je rekonstrukcija sustava vođenja Bloka 45 MW u "TE-TO Osijek", odnosno zamjena kompletnog centralnog sustava mjerenja, regulacije, nadzora, upravljanja i zaštite Bloka 45 MW, sustava sinkronizacije, brzog preklopa sabirnica i zaštite generatora 45 MW, te rekonstrukcija automatike gorionika i priključka Bloka 45 MW na 110 kV mrežu, a sve prema unaprijed definiranim tehničkim zahtjevima.

Kompletni projekt je izveden u periodu ljetnog remontnog zastoja. Početkom lipnja 2005. projekt je započeo demontažom stare opreme i montažom nove opreme, početkom rujna obavljena je prva probna sinkronizacija sa novom opremom, tijekom listopada su izvršena optimiranja i ispitivanja i započeo uspješan probni pogon, u suradnji sa "Siemens"-om d.d., Zagreb kao nositeljem projekta i njegovim stručnjacima, inženjerima i brojnim podizvođačima. Projekt je jedan od najvećih i najkompleksnijih rekonstrukcija ikad izvedenih u "TE-TO Osijek", čime bi se trebao osigurati stabilniji, optimalni i pouzdaniji rad jedinog HEP-ovog energetskeg postrojenja, odnosno proizvodne jedinice u istočnoj Hrvatskoj.

2. Termoelektrana - toplana Osijek

2.1 Razvoj energetike grada Osijeka

Razvoj energetike grada Osijeka započela je u razdoblju između dva svjetska rata. Naime, 1926. godine izgrađena je na lokaciji današnje Toplane prva termoelektrana snage 1,65 MW, da bi 1938. godine bila proširena izgradnjom još jednog energetskeg bloka snage 2 MW. U tom razdoblju bio je to značajan elektroenergetski izvor sa snagom dovoljnom za opskrbu električnom energijom potrošača kao što su: gradski vodovod, tramvaj, javna rasvjeta, kućanstva i neki industrijski potrošači.

Ova je termoelektrana bila u pogonu sve do 1963. godine, kada je postala hladna rezerva elektroenergetskeg sustava Republike Hrvatske, a ubrzo je zatim likvidirana kao elektroenergetski izvor, jer je svojom snagom postala beznačajan, a tehnološkim procesom skup energetskeg izvor. Zbog toga je odlučeno da se postrojenju da novi značaj i namjena - umjesto proizvodnje električne energije pristupilo se proizvodnji toplinske



energije s ciljem opskrbe toplinskih potrošača u gradu Osijeku. Time praktično počinje toplifikacija grada Osijeka, što se poklapa s počecima toplifikacije ostalih vodećih gradova u Hrvatskoj. Nadalje, rastom potreba za energijom u području grada Osijeka, ali i Slavonije i Baranje, izgrađena su nova postrojenja. Godine 1974. plinska turbinska elektrana 2 x 25 MW, te uz porast toplinskog konzuma grada Osijeka, pristupilo se izgradnji bloka koji radi u spojnom procesu istovremeno proizvodeći i električnu i toplinsku energiju. Krajem 1984. godine na lokaciji TE-TO izgrađen je Blok 45 MWe i 139 MW_t. Blok 45 MWe čine parna turbina 45 MWe i dva parna kotla učina 125 t/h svaki. TE-TO Osijek je danas koncipirana kao elektrana koja prvenstveno služi za proizvodnju toplinske energije, tehnološke pare za industrijske potrošače i održavanje vrelovodnog sustava za grijanje grada Osijeka, a tek potom za proizvodnju električne energije.

2.2 Termo-energetske jedinice TE-TO Osijek (Proizvodni kapaciteti)

Na lokaciji "Termoelektrane- toplane Osijek" koriste se tri vrste goriva: mazut (kapacitet skladišta - spremnika 2 x 10 000 m³ + 1 x 20 000 m³), ekstra lako ulje (kapacitet skladišta 1 000 m³) i zemni plin. Za pogon parnih kotlova koriste se mazut i zemni plin, a za pogon plinskih turbina ekstra lako ulje i zemni plin.

Tablica 1. Proizvodni kapaciteti "TE-TO Osijek" [4]

RED. BR.	NAZIV POSTROJENJA	BR. JED.	PROIZVOĐAČ	GOD. PRO.	KAPACIT. / JED.
1.	Visokotlačni parni kotao	2	"Wagner Büro", Austria	1984.	125 t/h
2.	Steamblock parni kotao	3	"Đ.Đaković", Sl. Brod	1975.	18 t/h
3.	Kotao na otpadnu toplinu	1	"Steinmüller", Njemačka	1975.	54 t/h
4.	Parni turbo agregat	1	"Jugoturbina", Karlovac	1984.	45 MW _e 139 MW _t
5.	Plinsko turbinski agregat	2	"AEG-Kanis", Njemačka	1975.	25 MW _e

2.3 Podaci o proizvodnji

U elektroenergetskom sustavu, područje Slavonije i Baranje oskudijeva izvorima električne energije. Potrošnja u regiji, na području bivšeg PrP Elektroprijenosa Osijek, a koja danas obuhvaća distribucijska područja Osijek, Slavonski Brod, Vinkovci i Požega, iznosi oko 2.200 (GWh). Nominalna snaga za zadovoljavanje takvog konzuma električne energije ne uvažavajući normalne, uobičajene oscilacije u angažiranju snage u elektroenergetskom sustavu iznosi oko 250 MW. Električnu energiju u ovom dijelu Republike Hrvatske proizvodi jedino TE-TO Osijek koja ima ukupno instaliranu električnu snagu od 95 MW. Na slici 1 prikazana je proizvodnja električne energije TE-TO Osijek od 1987. do danas [5]. Na slikama 2 i 3 prikazana je godišnja količina proizvedene tehnološke pare i vrele vode u predmetnom periodu [6]. Kako su proizvodni kapaciteti u TE-TO Osijek, prvenstveno

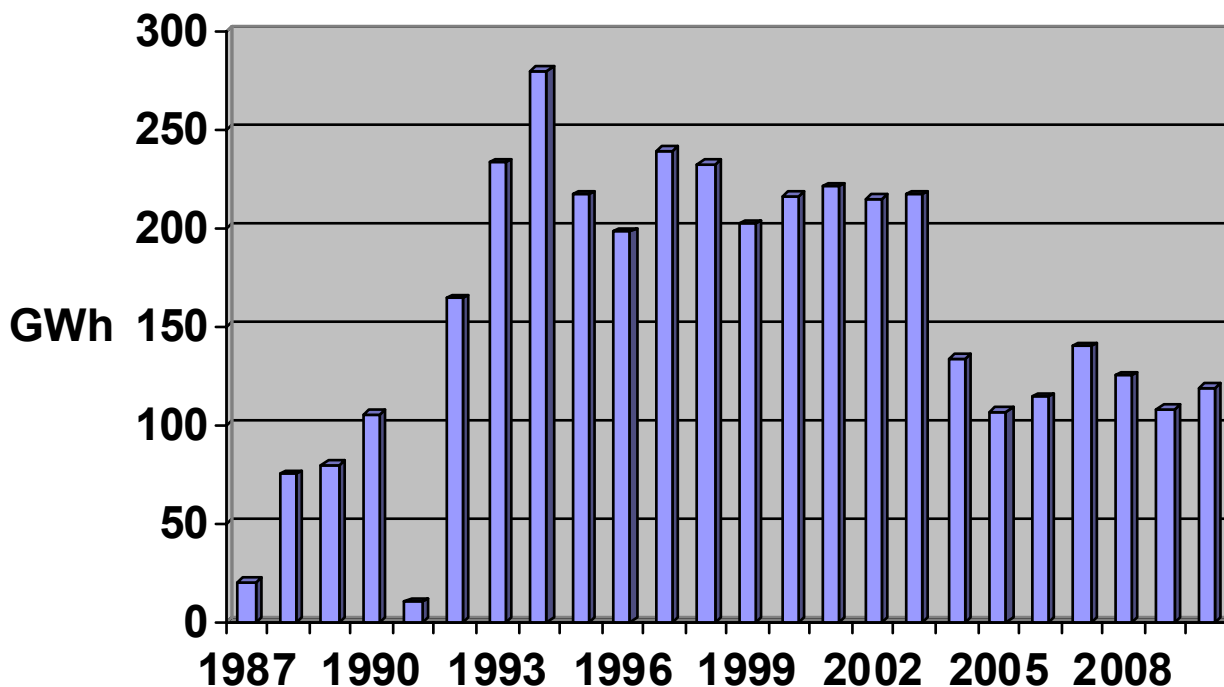


namijenjeni toplinskom konzumu (parni Blok 45 MW), te imaju namjenu interventne vršne elektrane (plinsko-turbinski agregati 2x25 MW), ukupna proizvodnja električne energije na pragu elektrane iznosi godišnje između 110 i 220 GWh, a što je tek između 5,7% i 11,6% ukupne potrošnje električne energije u regiji. Iz navedenog slijedi da se 90-95% el. energije na području regije dobiva putem elektro prijenosne mreže dijelom iz uvoza, a dijelom iz drugih proizvodnih područja unutar elektroenergetske mreže RH.

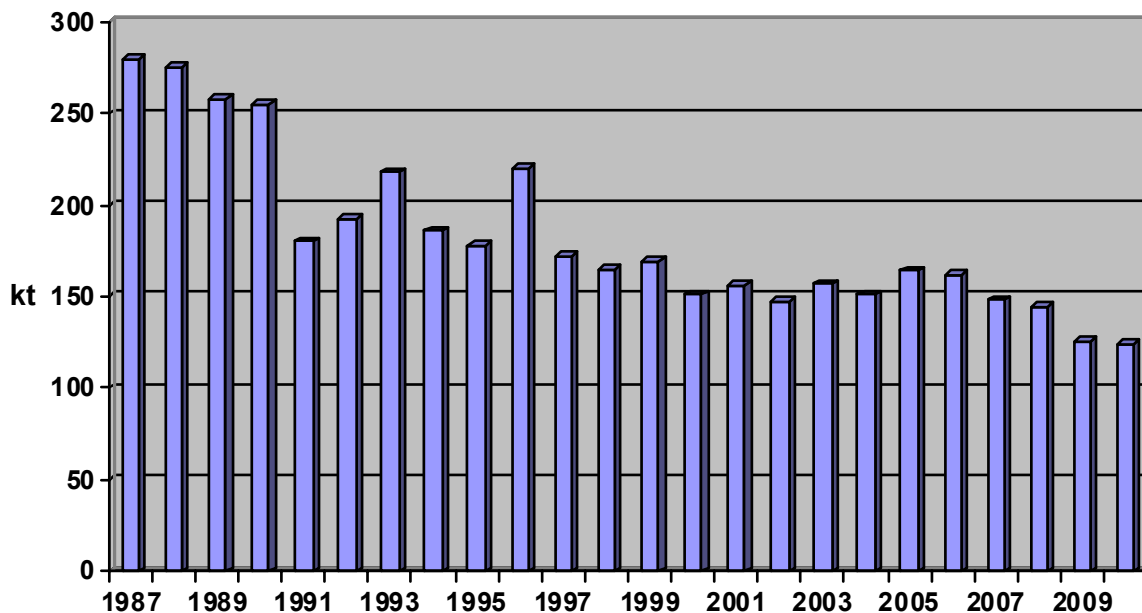
Osim električnom energijom, TE-TO Osijek, odnosno centralizirani toplinski sustav, opskrbljuje potrošače ogrjevnom toplinom i tehnološkom parom, bez priprema potrošne tople vode, iz čega slijede dvije osnovne kategorije potrošača:

- a) Ogrjevni potrošači, koji toplinsku energiju koriste uglavnom za grijanje, a manjim dijelom za kuhanje i pripremu potrošne tople vode. Predstavnici ove kategorije su stambeni i poslovni potrošači (škole, bolnice, ustanove i slično). Osnovna karakteristika ogrjevnih potrošača je izrazito sezonski karakter potrošnje, ograničen samo na sezonu grijanja, koja u Osijeku traje 7 mjeseci.
- b) Industrijski potrošači, koji toplinsku energiju koriste najvećim dijelom za tehnološke postupke, a samo manjim dijelom za grijanje radnih i poslovnih prostorija. Za razliku od ogrjevnih, tehnološki potrošači koriste toplinsku energiju jednoliko tijekom cijele godine.

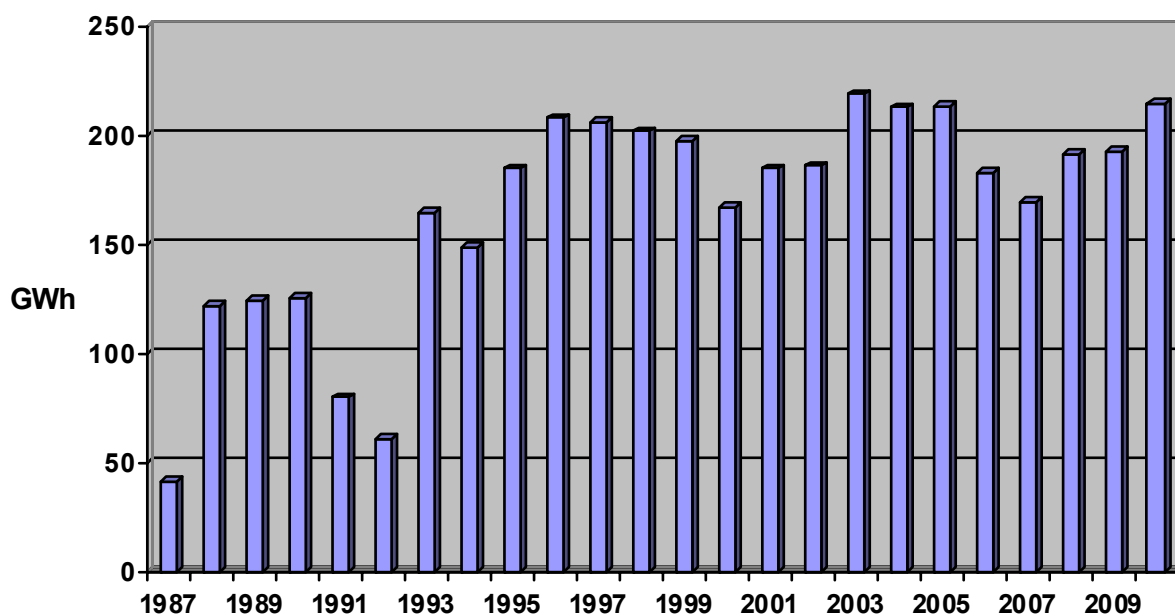
Snabdijevanje toplinskom energijom je danas primaran posao TE-TO Osijek. Električna energija je trenutno nuz-proizvod čiji se obim proizvodnje regulira iz nacionalnog dispečerskog centra.



Slika 1. Proizvodnja električne energije u TE-TO Osijek (GWh)



Slika 2. Proizvodnja tehnološke pare u TE-TO Osijek (kt)

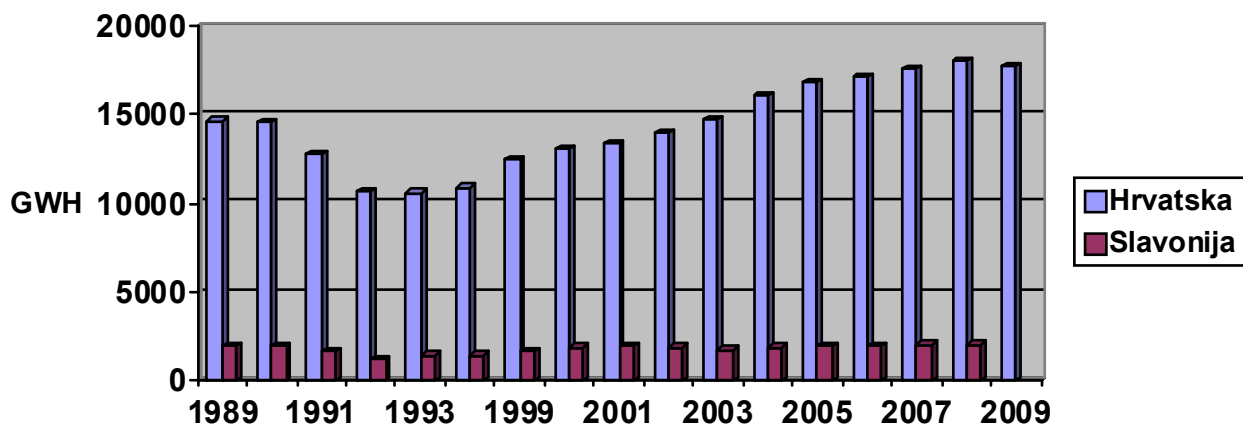


Slika 3. Proizvodnja vrele vode u TE-TO Osijek (GWh)



2.4 Elektroenergetski konzum Osijeka (Slavonije i Baranje)

Prikaz ukupne potrošnje u Prijenosnom području (PrP) Elektroprijenos Osijek (obuhvaćena je distribucija područja Osijek, Slavonski Brod, Vinkovci, Požega) dan je na slici 4 i u Tablici 2, literatura [7], [8] i [9].



Slika 4. Elektroenergetski konzum Hrvatske i dijela Slavonije

Primjetan je izraziti pad potrošnje u 1992. godini u odnosu na prijeratnu 1990., što je posljedica ratnih uvjeta i okupacije dijela teritorija, odnosno isključenje dijela izravnih potrošača (razlika iznosi 82 GWh) i prekid veza s transformatorskim stanicama (TS), TS 110/35 kV Beli Manastir, Vukovar i Nijemci (639 GWh). Preostali dio razlike (12 GWh) odnosi se na gubitke u prijenosu.

Tablica 2. Elektroenergetski konzum Slavonije [5]

GODINA	POTROŠNJA U RH (GWh)	POTROŠNJA U SLAVONIJI (GWh)	UDIO REGIJE U UKUPNOJ POTROŠNJI (%)
1989.	14692	1967	13.38
1990.	14550	1956	13.44
1991.	12800	1621	12.66
1992.	10726	1223	11.40
1993.	10 598	1408	13.28
1994.	10 896	1435	13.16
...



1999.	12507	1644	13.14
2000.	13135	1897	14.44
2001.	13734	1983	14.43
2002.	14831	1902	13.56
2003.	15527	1761	11.96
2004.	+3,7% 16101 (13691)	1868	13.64
2005.	+4,2% 16844 (14269)	1948	13.65
2006.	+4,6% 17178 (14923)	1993	13.35
2007.	+2,7% 17654 ¹ (15331)	2022	13.19
2008.	+2,2% 18035 (16132)	2036	12.62
2009.	-1,8% 17714 (15651)		

Navedeni konzum u 1994. godini pokrivaio se djelomično proizvodnjom u PTE i TE-TO Osijek, te TE Beliše (282 GWh), dok se preostali dio dobavljaio iz drugih prijenosnih područja (1153 GWh u 1994. godini). Razlika potrošnje u 1994. godini prema 1990. godini (cca. 521 GWh) dijelom se pripisuje isključenju izravnih potrošača (82 GWh), a dijelom neopskrbljivanjem potrošača na okupiranim područjima (439 GWh).

2.5 Konzum centraliziranog toplinskog sustava (parnog i vrelovodnog)

Centralizirani toplinski sustav (CTS) grada Osijeka čine proizvodne jedinice te parna i vrelovodna mreža. Centralni toplinski sustav je imao u periodu od 1965. do 1978. godine jednak godišnji prirast u iznosu od prosječno 4,5 GWh. Intenzivnijim razvojem industrije u osamdesetim godinama godišnji prirast CTS-a je porastao, i to prvenstveno zahvaljujući tehnološkom konzumu. Intenzivniji trend porasta vrelovodnog konzuma trajao je sve do 1990. godine, kada je iznosio 130 GWh, da bi tijekom domovinskog rata vrelovodni konzum pao na 60 GWh. U 2003. god. ukupni vrelovodni konzum iznosio je maksimalnih 219 GWh, da bi se uslijed blaže zime i viših vanjskih temperatura u 2006. godini spustio na 183 GWh. Najveća proizvodnja tehnološke pare je zabilježena 1987. i 1988. kada je iznosila 280 kt, da bi se nakon domovinskog rata uslijed smanjivanja industrijskih kapaciteta, bilježio konstantan pad do razine 150 –160 kt, gdje se nalazi i danas. Ogrjevni, vrelovodni konzum – stambeni potrošači od 1989. godine nema bitnog prirasta, tako da je

¹ Potrošnja je definirana kao zbroj ukupne proizvodnje i uvoza, umanjene za izvoz el.energije (razlika od cca 11% u odnosu na naplaćenu energiju od poslovnih i tarifnih kupaca, su gubici u prijenosnoj i distributivnoj mreži i rad reverzibilne HE Velebit od cca 200GWh)



u razdoblju od 1989. do danas praktički konstantan. Sličan slučaj je s vrelovodnim konzumom za poslovne prostore, koji nakon intenzivnijeg rasta tijekom osamdesetih godina, u devedesetima nema prirast, te se zadržao na približno istim razinama. Tijekom 2008. i 2009. godine, izgradnjom stambeno-poslovnih kompleksa i sportskih objekata, te priključenjem naselja s lokalnih blok kotlovnica očekuje se primjetan porast ogrjevnog konzuma vrelovodnog sustava [10].

Osnovni podaci o centraliziranom toplinskom sustavu Osijek dani su tablicom 3.

Tablica 3. Toplinski sustav grada Osijeka

RED BR.	SUSTAV	PRIKLJUČNA SNAGA (MW)	BROJ TOPLIN. STANICA	DULJINA TOPLIN. MREŽE (km)	BROJ POTROŠAČA		
					INDUSTRIJSKI	STAMBENI	UKUPNO
1	PAROVODNI	27.9	20	9.2	15	0	15
2	VRELOVODNI	151.9	612	42.9	1199	10017	11216
3	BLOK KOTLOV.	3.5	21	1.74	4	332	336
4	UKUPNO	183.3	653	53.84	1218	10349	11567

3. Rekonstrukcija sustava gorionika bloka 45MW u TE-TO Osijek

3.1. Strojaraska modifikacija gorionika

U sklopu revizije TE-TO Osijek planirana je i obavljena i revitalizacija sustava gorionika i pripadajuće automatike. Predviđeno je da bi se navedena revitalizacija odvijala u dvije faze [11]. Prva faza bi obuhvatila sustav vođenja Bloka 45 MW i sustav upravljanja gorionika kotlova WBK1 i WBK2, bez zamjene samih gorionika, a zamjena gorionika (low NOx) je predviđena u drugoj fazi, uvjetovana između ostalog odredbama i zakonskim obvezama koje proizlaze iz Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora. U svezi koncepta revitalizacije sustava vođenja kompletnog Bloka 45 MW, razmotrene su neophodne prilagodbene rekonstrukcije sustava gorionika (strojarско / tehnološke) kao i pripadajuće automatike na kotlovima WBK1 i WBK2. Navedena rekonstrukcija je bila neophodna radi uspostave potpune kompatibilnosti sa novim sustavom vođenja, ali i kao priprema za efikasniju (jednostavniju i jeftiniju) implementaciju očekivanih zamjenskih gorionika.

Razmotrena je postojeća situacija i postavljeni temeljni uvjeti za bilo kakvu rekonstrukciju sustava upravljanja i rada gorionika.



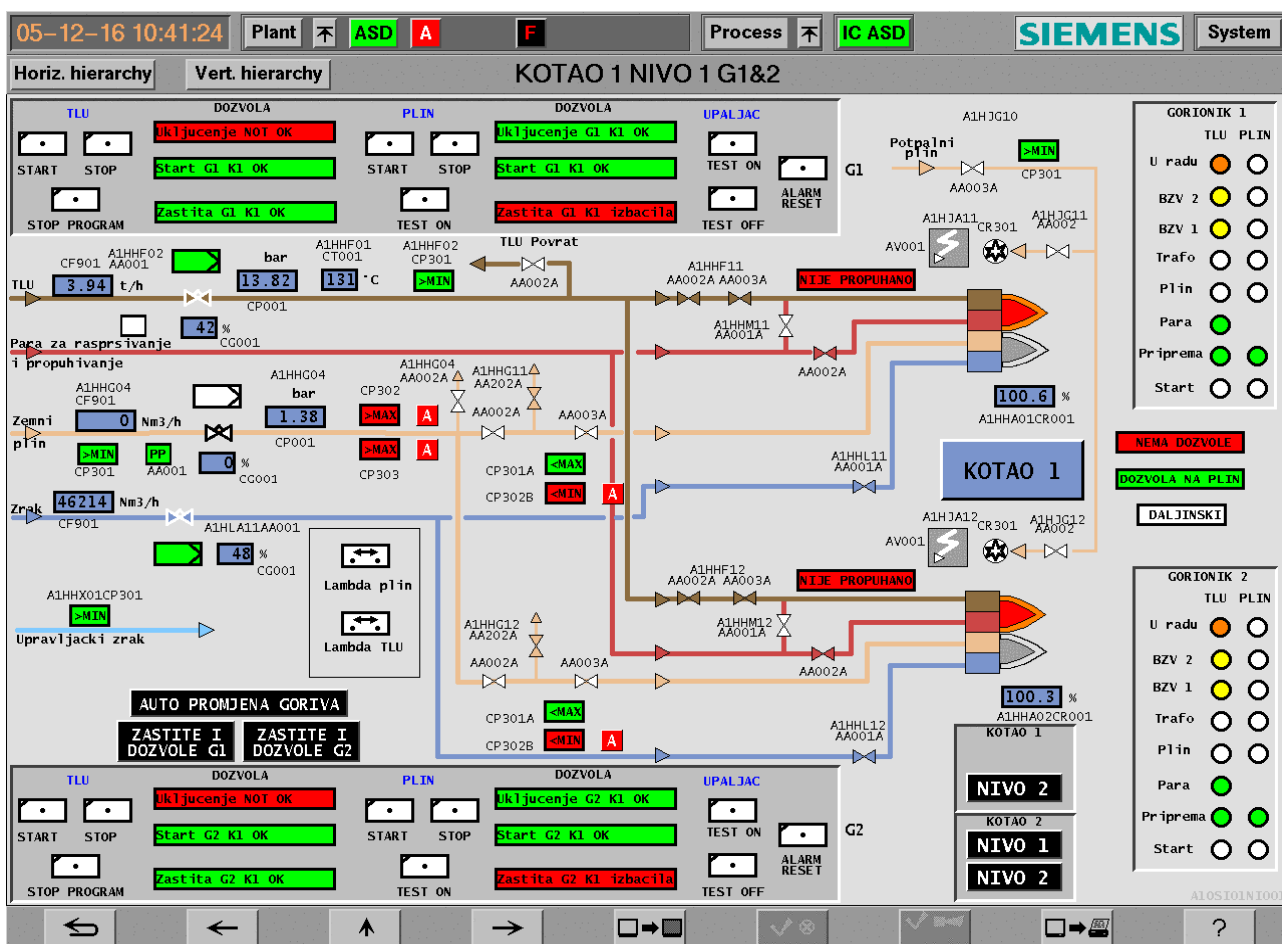
Prvobitno stanje:

Postojeći kotlovi imaju dvije etaže, te dva gorionika po etaži, ukupno četiri po kotlu. Kotlovi (WBK1 i WBK2) mogu kao gorivo koristiti ili plin, ili mazut ili "mix" (jedna etaža na plin, a druga etaža na mazut, s pravilom da je mazut uvijek na donjoj etaži da se ne bi zbog razlike u temperaturi narušila prirodna cirkulacija). Regulacija goriva se vrši po kotlu (jedan regulacioni ventil za mazut, odnosno jedna regulaciona zaklopka za plin), a regulacija zraka dodatno i po nivou (jedna glavna regulaciona zaklopka po kotlu-za tlak zraka, te dvije regulacione zaklopke za količinu, za svaku etažu po jedna).

Temeljni zahtjevi:

- Rekonstrukcija gorionika i sustava upravljanja gorionika mora zadržati minimalno dosadašnju mogućnost stabilnog rada na različito gorivo, uključujući i "mix" (dva + dva), odnosno maksimalnu fleksibilnost po pitanju preuzimanja količina plinskog goriva (idealno - mogućnost za trajni rad sa bilo kojom količinom plina)
- Rekonstrukcija gorionika i sustava upravljanja gorionika treba omogućiti u konačnici automatski prijelaz s goriva na gorivo (sa plina na mazut i obrnuto) bez obustave rada gorionika
- Sve rekonstrukcije i konačna izvedbena stanja moraju biti sukladna postojećim zakonskim propisima i regulativama (postojeći zakonski propisi i regulative za kotlovska postrojenja, Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora...)

Na temelju postavljenih zahtjeva izvršena je rekonstrukcija gorionika, tako da su umjesto jednog regulacijskog ventila goriva po kotlu implementirana dva, za svaki nivo i za svako gorivo po jedan (i za mazut i za plin, na obadva kotla). Sukladno tome su implementirane rekonstruirane plinske i mazutne rampe na kotlovima, kao i prateća armatura za rasprskivanje, propuhivanje, instrumentalni zrak, te izvršena rekonstrukcija plinskih sapnica i impelera. U sklopu navedene revitalizacije zamijenjene su glavne zaklopke za svježi zrak (održavanje tlaka), kao i izvršena rekonstrukcija dimovodnih zaklopki, kojima je pridodan elektromotorni prigon radi regulacije tlaka u ložištu u svrhu sigurne i pouzdane potpale plamenika. Navedenom rekonstrukcijom se dobilo značajno na kvaliteti i optimalizaciji izgaranja, ali i sigurnosti potpale i rada samog kotla. Posebno se to odnosi na automatski prelazak sa jedne vrste goriva na drugu (sa plina na mazut i obratno) tijekom rada, bez zaustavljanja kotlova.



Slika 7. Sustav gorionika i potpale na kotlu WBK1

4. ZAKLJUČAK

Uspostavom slobodnog tržišta energije postojat će stalni pritisak na što nižu cijenu proizvodnje, što uz postojeće zahtjeve za maksimalnom raspoloživosti (sigurnosti) postrojenja kao vodećeg opskrbljivača grada Osijeka toplinskom energijom, te osiguranje dostatnih količina goriva i poštivanje sve zahtjevnijih ekoloških standarda, predstavlja visoke kriterije za organizaciju vođenja i održavanja "TE-TO Osijek".

Sukladno gore navedenim zahtjevima, ali i opravdanim tehničkim potrebama pogona starog cca 20 godina, tijekom 2005. godine u sklopu remontnog zastoja postrojenja Bloka 45 MW u TE-TO Osijek, izvršena je implementacija i prilagodbeni rekonstrukcija sustava gorionika i zamjena sustava zaštita generatora 45 MW. Temeljnom rekonstrukcijom sustava upravljanja gorionika, koji je realiziran "fail safe" logikom, ostvarena je potrebna signalna i mikroprocesorska redundancija, sigurnost u radu i omogućen automatski



prelazak sa jednog na drugo gorivo tijekom rada (sa plina na mazut i obratno), bez obustave rada gorionika. Početkom lipnja 2005. projekt je započeo demontažom stare opreme i montažom nove opreme, početkom rujna obavljena prva probna sinkronizacija sa novom opremom, tijekom listopada su izvršena optimiranja i ispitivanja i započeo uspješan probni pogon, u suradnji sa "Siemens"-om d.d., Zagreb kao nositeljem projekta i njegovim stručnjacima, inženjerima i brojnim podizvođačima. Projekt je jedan od najvećih i najkompleksnijih rekonstrukcija ikad izvedenih u "TE-TO Osijek", čime bi se trebao osigurati stabilniji, optimalni i pouzdaniji rad jedinog HEP-ovog energetskog postrojenja, odnosno proizvodne jedinice u istočnoj Hrvatskoj.

Za uspješnu provedbu tako kompleksnog projekta u predviđenom roku, od iznimnog značenja je bila efikasna organizacija, planiranje i vođenje niza isprepletenih i međuovisnih poslovnih aktivnosti usklađenih sa ugovornim i zakonskim obvezama i objedinjenih inženjeringom, od ideje do konačnog ostvarenja, rekonstruiranog postrojenja sa modernim sustavom vođenja i unaprijeđenim tehničkim i tehnološkim karakteristikama.

7. Literatura

- [1] Božo Udovičić, Neodrživost održivog razvoja, Kigen, Zagreb, 2004., str. 275
Direktiva 2003/54/EC je temeljni dokument kojim se donose zajednička pravila i definira tržište električne energije u zemljama Europske unije, a koja je na snazi od srpnja 2003.godine
- [2] Božo Udovičić, Elektroenergetski sustav, Kigen, Zagreb, 2005. str. 283-294
- [3] Vlada RH, Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, NN 140/97, 105/02, 108/03, 100/04, Zagreb.
- [4] HEP d.d., TE-TO Osijek, Termoelektrana toplana Osijek, Osijek, 2001.
- [5] Hrvatska elektroprivreda d.d., Annual report 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, Zagreb.
- [6] Ivica Mihaljević, Toplinarstvo grada Osijeka, EGE 1/2002, Zagreb, 2002., str.105
- [7] Hrvatska elektroprivreda d.d. ,TE-TO Osijek, EGE 1/2002, Zagreb, 2002.
- [8] Hrvatska elektroprivreda d.d., "Godišnje izvješće za 2004.", Zagreb, 2005.
- [9] Hrvatska elektroprivreda d.d., "Godišnje izvješće za 2005.", Zagreb, 2006.
- [10] Komerički, Zlatko, "Razvitak toplinarstva u RH od 2000. do 2025. godine – Master plan", EGE 4/2002, Zagreb, 2002.
- [11] Siemens d.d. Zagreb, Zamjena MRU sustava i zaštite generatora Bloka 45 MW - As Built dokumentacija, Zagreb, 2006.



PROVJERA BRTVENJA SPOJEVA CJEVOVODA PRIMJENOM PLINA

CHECK SEALING PIPE JOINTS USING GAS

Enver Trožić¹, Emir Trožić²

¹ Ulica Banjalučka bb, 79260 Sanski Most, Panevropski Univerzitet «Apeiron», Banja Luka, BiH,

² Ulica Banjalučka 80/d, 79260 Sanski Most, Vodovod Sanski Most, BiH,

*Autor za korespondenciju. E-mail: emirtrozic@yahoo.com,

Sažetak

Nakon završetka montaže cjevovoda, mora se provjeriti ispravnost brtvljenja. Ispitivanje brtvljenja se može vršiti pomoću vode. Ispitivanje brtvljenja se vrši i plinom. U ovu svrhu se koristi inertni (plemeniti, tromi) plin ili tlačni plin. Zbor različitih uslova ugradnje cjevovoda ili kasnijeg korištenja, ispitivanje će se vršiti vodom ili plinom. Ovdje ćemo dati neke bitne osobine za: tlačni zrak i ispitni tlak. Također će se navesti mediji koji se mogu upotrijebiti za provjeru brtvljenja i provjeru opterećenja.

Ključne riječi: brtvljenje, ispitivanje, voda, plemeniti plin, tlačni plin, provjera opterećenja.

Abstract

After completion of installation of pipelines, must be verified the correctness of sealing. Testing of sealing can be done using water. Testing and sealing is done with gas. For this purpose, an inert (noble, inert) gas or pressurized gas. The choir of different conditions of installation or subsequent use of pipelines, testing will be done with water or gas. Here we will give some important properties for: air pressure and test pressure. It will also indicate the media that can be used to check the sealing and checking loads.

Keywords: sealing testing, water, noble gas, pressurized gas, checking loads.

1. Uvod

Niti jedna instalacija se ne može početi koristiti, ako prethodno nije izvršena provjera ispravnosti spojeva. Kako u vodovodnim instalacijama koristimo različite materijale za cijevni sistem to postoje i različite tehnike spajanje, Svaka od ovih tehnika spajanja zahtijeva tačno propisanu proceduru kako spajanja tako i ispitivanja. Proizvođači cjevnog materijala u svojim brošurama daju skraćena uputstva za ugradnju, spajanje, ispitivanje i održavanje. Za izvođača je u prvom redu najbitnije postupanje po važećoj zakonskoj

regulativi regije na kojoj se izvode radovi, odnosno EC. Preporuke proizvođača i projektanta također imaju važnu ulogu.

2. Sučeono varenje PE cijevi

2.1. Elektrofuzijski spojni elementi, PE spojni elementi za sučeono varenje

Izrađeni su od PE 100, polietilena visoke gustoće(PE-HD), nove generacije. Nakon što je proizveden, SVAKI pojedini elektrofuzijski spojni element prolazi kontrolu kvalitete i nakon uspješne kontrole pakira se u plastičnu vrećicu zajedno sa magnetnom karticom na kojoj je upisan podatak o mjerenju. PE 100 najrašireniji je polimerni materijal za podzemne instalacije kod distribucije vode i plina. Dobra mehanička svojstva, vrlo velika žilavost/plastičnost, UV stabilnost i kemijska otpornost omogućili su PE-HD materijalu da postane jedan od najraširenijih plastičnih materijala za transport kemijski agresivnih medija. Tlačno temperaturna primjenjivost kreće se od -40 do +60°C i tlakovima do 16 bara. Spajanje cjevovoda može se izvesti elektrofuzijskim, polifuzijskim ili sučeonim postupkom zavarivanja.



Slika 1. Sučeono varenje PE cijevi u JKP „ViK“ Sanski Most

2.2. Spajanje fuzijskim zavarivanjem

Zahvaljujući činjenici da se PE materijali mogu fuzijski zavarivati (bez korištenja dodatnog materijala), spojevi se izvode brzo i sigurno, što uz korektnu izvedbu garantira nepropusnost sustava. Danas se koriste dva glavna načina fuzijskog zavarivanja:



- sučeono zavarivanje s grijaćom pločom, kod kojeg se spojne površine cijevi pomoću grijaće ploče zagriju na temperaturu zavarivanja i nakon micanja grijaće ploče pritiskom spoje
- elektrofuzijsko zavarivanje, koje se izvodi pomoću elektrofuzijskih polietilenskih spojnica, koje u sebi imaju ugrađenu elektrootpornu žicu. Prolaskom struje kroz žicu zagrijavaju se spojne površine cijevi i spojnice i nastaje tlak potreban za fuziju materijala. Oba postupka izvode se automatizirano, čime je na minimum smanjen ljudski faktor. Elektrospojnice kao i svi ostali elektrofuzijski spojni elementi do promjera d 63 mm imaju ugrađene obujmice koje služe za učvršćivanje spojnog elementa na cijev. Sedla - modularni sistem, bazu čini 'sedlo bez noža' koje se u pravilu ugrađuje na cjevovode koji nisu pod tlakom i na koji se prema potrebi ugrađuju ostali elementi tako da dobijemo sedlo s nožem, sedlo s ventilom ili sedlo za baloniranje. Ostali elektrofuzijski elementi, koljena pod kutom od 90° i 45°, T-komadi, redukcije, izrađuju se sa elektrofuzijskom zavojnicom (u elektrofuzijskoj izvedbi) u svim najčešće korištenim dimenzijama, a završne kape se izrađuju u elektrofuzijskoj izvedbi – s već ugrađenom elektro-zavojnicom ili kao komplet kape i elektrospojnice.

3. Provjera brtvljenja

3.1. Općenito o provjeri brtvljenja

Provjera svih urađenih spojeve (brtvljenja) je obavezna; nakon završene montaže vodovodnih instalacija, a prije puštanja u upotrebu. Ako imamo u novomontiranom cjevovodu i zavarenih spojeva potrebno je i izvršiti snimanje korijena spoja, nekom od primjenjivih dubinskih metoda snimanja (rentgensko ili UV). Provjera brtvljenosti se radi neovisno o tehnici povezivanja, sve dok su povezna mjesta vidljiva i pristupačna. Na našim prostorima je DIN 1988-2 bio prikladan za ispitivanje brtvljenosti koje je opisano gotovo prije 20 godina. Ovakva kontrola se koristila kod spojeva koji su urađeni tradicionalnom tehnikom spajanja kod instalacija za pitku vodu kao što su lemljenje, zavarivanje i vijčano učvršćivanje. Kod vodova s plastičnom izolacijom, kod kojih provjera prema DIN 1988-2 traje minimalno tri sata, za metalne cjevovode potrebna je tlačna provjera vodom u trajanju od deset minuta nakon izjednačavanja temperature. [18]

3.2. Ispitivanje cjevovoda prema do sadašnjoj praksi

Po završenom polaganju cjevovoda vrši se hidrauličko ispitivanje na nepropusnost. Ovo ispitivanje u zavisnosti od dužine cjevovoda, međuspojeva i načina ispitivanja se dijeli na kratko, prethodni, glavno i ukupno ispitivanje.

Prije početka ispitivanja cijevi i spojnice treba pregledati. Ispitivanje se vrši po sekcijama, ne dužim od 500 m. Krajevi cijevi se privremeno zatvaraju slijepim prirubicama. Mora biti propisno uglavljeni i usidreni svi krajevi cjevovoda i kod armature. Uglavljivanje mora biti prilagođeno pritisku ispitivanja. Cjevovod se opterećuje materijalom za zatrpavanje ali spojevi cjevovoda i armatura ostaju otkriveni radi pregleda. Punjenje vodom mora biti poljagano, da bi voda istjera sav zrak iz sistema. Za ispitivanje se rabe manometri sa



moгуćnošću očitavanja promjene pritiska od 0.1 bara koji se obično postavljaju na najnižu tačku dionice. Ispitivanje se mora prekinuti i dionica isprazniti ako se pokažu mjesta na spojevima koja ispuštaju. Ispitivanje se može ponoviti poslje popravke. O ispitivanju na pritisak se vodi zapisnik u obliku koji je propisan standardom.

3.2.1. Kratko ispitivanje 1

Primjenjuje se na kratkim cjevovodima, npr. 15 m dužine bez međuspojeva. U ovom slučaju se vrši pregled cjevovoda i spojeva pod radnim pritiskom.

3.2.2. Kratko ispitivanje 2

Primjenjuje se kod cjevovoda približne dužine 30 m i do promjera 63 mm. Ispitni pritisak je za 50% veći od nominalnog pritiska. Nakon 30 minuta počinje ispitivanje bez bilo kakvog podizanja pritiska za to vrijeme. Ispitivanje traje 60 minuta. U tom vremenu pritisak ne smije da opada više od 0.2 bara u toku 5 minuta.



Slika 2. Ispitivanje sa vodom, [8]



3.2.3. Kratko ispitivanje 3

Primjenjuje se kod cjevovoda bez međuelemenata dužine preko 30 metara. Ispitni pritisak je za 50% veći od nominalnog pritiska. Poslije dva sata započinje ispitivanje bez ponovnog podizanja pritiska. U toku ispitivanja može se računati na opadanje pritiska od 0.2 bara po času. Ispitivanje traje 30 minuta za svakih 100 m cjevovoda, a najmanje 2 sata. Na ovaj način se ispituju dionice cijevi sa međuelementima dužine do 500 m. Za predhodno ispitivanje pritisak je za 30% veći od nominalnog pritiska. Vrijeme ispitivanja iznosi 12 sati. U pravilnim vremenskim razmacima cjevovod se dopuni vodom do pritiska ispitivanja. Na kraju predhodnog ispitivanja pad pritiska može iznositi 0.1 – 0.2 bara po satu i ako je cjevovod nepropustiv na svim mjestima. Zatim se prelazi na glavno ispitivanje ne puštajući pritisak ako se ne pokaže propuštanje vode na cijevima, spojevima i armaturama. Pritisak je isti kao kod predhodnog ispitivanja, a vrijeme ispitivanja se tako bira da se pregledaju pojedinačno svi spojevi. Preporučuje se 30 minuta za svakih 100 m, a najmanje 2 sata. Ovo ispitivanje treba započeti 2 sata poslije posljednjeg podizanja pritiska u predhodnom ispitivanju. Ispitivanje je završeno ako ne dođe do pada pritiska većeg od 0.1 – 0.2 bara po času i ako nema mjesta koja propuštaju vodu.

3.2.4. Ukupno ispitivanje

Na ovaj način se ispituju mjesta između ispitnih dionica. Pritisak ispitivanja iznosi za 30% veći od nominalnog pritiska, a vrijeme ispitivanja 2 sata. Ispitivanje je završeno ako su sva spojna mjesta između pojedinih dionica nepropusna.

3.3. Kada ne vršiti tlačnu probu vodom

Kada ispitamo brtvljenost pomoću vode, unutrašnjost cjevovoda i spojevi ostanu vlažni, te izloženi agrasivnim djelovanjima, ako se neposredno nakon toga ne stave u pogon. Jer, voda koja stoji u cjevovodima se može relativno brzo promijeniti, osobito u pogledu higijenskih i bakterioloških osobina. Između provjere tlaka vode i punog stavljanja u pogon ne treba proći više od 48 sati. Ako će vrijeme ne upotrebljavanja cjevovoda biti duže od 48 sati, treba napraviti provjeru brtvljenosti pomoću inertnog plina ili higijenski besprijekornog tlačnog zraka koji ne sadrži ulje. Postoje i mnogi drugi razlozi, kao što su ispitivanje na nižim temperaturama kada može doći do smrzavanja vode koja ostaje u cjevovodu. [18]

4. Napredni postupci provjere brtvljenja instalacija

Danas se provjera brtvljenja instalacija s pitkom vodom izvodi pomoću tlačnog plina, inertnog (plemenitog, tromog) plina ili vode. Za provjeru treba upotrijebiti tlačni mjerni uređaj koji dopušta besprijekorno očitavanje promjene tlaka od 10 kPa (0,1 bara) [18]. Provjere brtvljenosti pomoću; tlačnog plina, inertnog (plemenitog, tromog) plina, treba izvodi u svakom slučaju, a naročito kod:

- postrojenja kod kojih se zbog smrzavanja ne može provoditi stlačivanje pomoću vode

- vodovi kod kojih se nakon provjere mogu očekivati dulja stagnacijska vremena (više od 48 sati) [18]
- vodovi koji se moraju ispitati zbog napredovanja gradnje, ali se nakon toga još ne mogu staviti u pogon [18]
- vodovi koji se ne mogu prazniti
- vodovi s posebnim zahtjevima u pogledu higijene (npr. u bolnicama, dječjim jaslicama, staračkim domovima itd.). [18]



Praktisches Beispiel einer Dichtheitsprüfung mit Inertgas.

Propustanja ispitivanja Instalacije pitke vode, Dichtheitsprüfungen von Trinkwasser-Installationen, Franz-Josef Heinrichs ist Referent für Sanitärtechnik im Zentralverband Sanitär Heizung Klima, 53757 St. Augustin, E-Mail: f.heinrichs@zentralverband-shk.de, tajnik za Sanitarni tehnologija Središnja udruga vodovod Grijanje Klima, http://www.sbz-online.de/Gentner.dll/0620-SAN-HEINRICHS-1_MzEwODcw.PDF



Belastungsprüfung mit Druckluft 3 bar.

Slika 3. Ispitivanje inertnim plinom, [17]

Čak i tamo gdje je moguća provjera brtvljenosti vodom, a ista ni nakon drugog pokušaja ne bi bila učinkovita, ona se može provesti i inertnim plinovima, primjerice dušikom ili tlačnim zrakom bez ulja. Provjeru vodom ili neuljnim tlačnim zrakom možemo podijeliti na provjeru brtvljenosti i provjeru opterećenja.

4.1. Ispitni tlak

Provjera se provodi ispitnim tlakom od 11 kPa (110 mbar). Vrijeme ispitivanja iznosi minimalno 30 minuta do 100 litara volumena voda. Za svakih daljnjih 100 litara volumena voda vrijeme ispitivanja produljuje se za 10 minuta. Upotrijebljeni manometri moraju biti kalibrirani i omogućiti točnost očitavanja od 0,1 kPa (1 mbar ili 10 mm WS). Ako su ugrađeni tlačni fitinzi sa svojom «nestlačeno ne brtvi», kod provjere brtvljenosti u slučaju da spojna mjesta nisu stlačena možemo očekivati snažan pad tlaka. Tada se mogu ispitati sva spojna mjesta prikladnim pjenušavim sredstvom. Ako se ne utvrde stlačena spojna mjesta, treba ih stlačiti nakon kontrole dubine zatika. [18], [19].



4.2. Provjera opterećenja

Do dimenzije voda DN 50 provjeru opterećenja provodimo tlakom od maksimalno 300 kPa (3 bar). Kod dimenzija voda većih od DN 50 provjera se vrši tlakom od maksimalno 100 kPa (1 bar). Za vrijeme trajanja ispitivanja u roku od 10 minuta nakon nanošenja ispitnog tlaka ne smijemo ustvrditi pad tlaka. Upotrijebljeni manometri moraju biti kalibrirani i omogućiti točnost očitavanja od 10 kPa (0,1 bar).

Za provjeru brtvljenosti i provjeru opterećenja mogu se upotrijebiti sljedeći mediji:

- inertni plinovi, npr. dušik i ugljični dioksid
- neuljni tlačni zrak
- formirajući plin s 5% vodika u dušiku (uporaba kod postupka lociranja ili utvrđivanja propuštanja).

Iz sigurnosnih razloga ne smijemo prekoračiti gore navedene ispitne tlakove. Osim toga, potrebno je pridržavati se i dodatnih sigurnosnih mjera. [18]



<http://www.huelsmann-haustechnik.de/H-Druckprobe.htm>

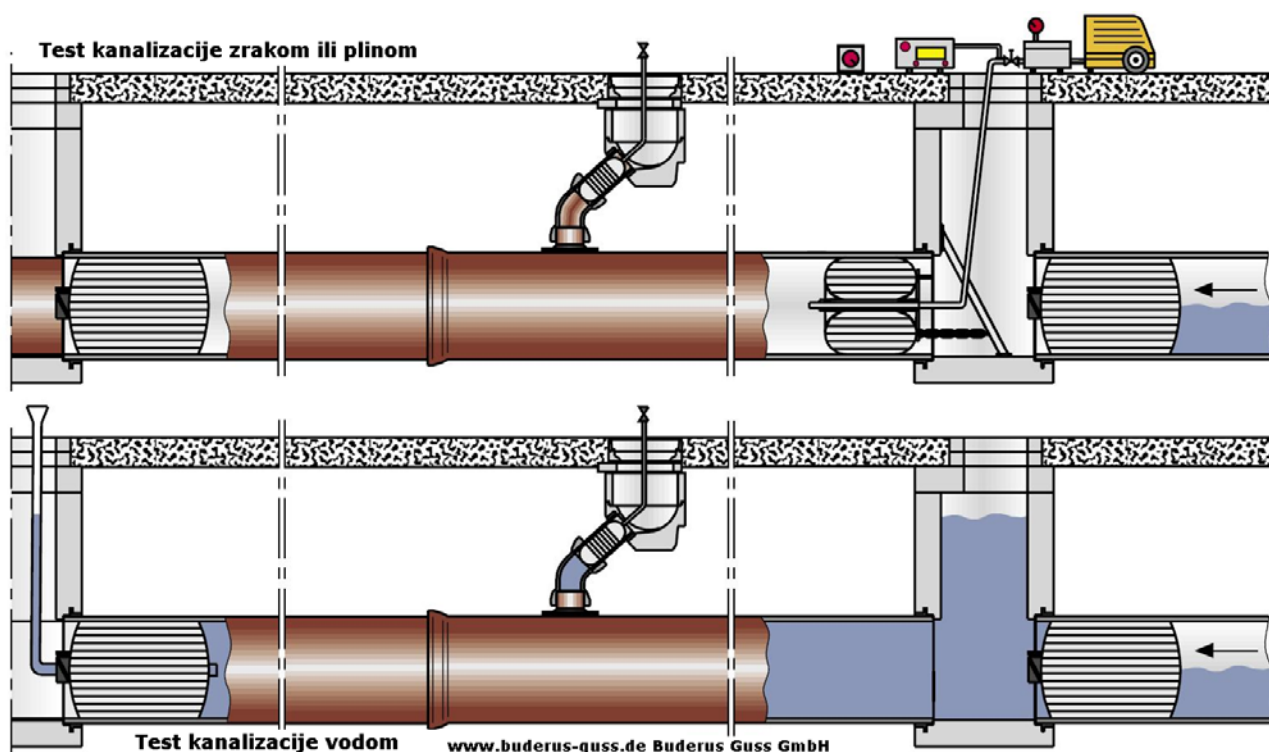
Slika 4. Digitalno očitavanje rezultata tlačne probe, [21]

4.3. Test curenja gravitacione kanalizacije

Testiranje curenja gravitacione kanalizacije izvodi se u skladu sa DIN EN 1610 ili DWA-139. [14]

Postoje za test curenja prema DVWK-139 tri različite metode;
- test s tlačnim zrakom

- test s negativnim tlakom zraka
- ispitivanje s vodom



Slika 5. Test curenja kanalizacije; (a) zrakom ili plinom; (b) vodom; [14]

Testirani objekt mora biti očišćen, kako bi se omogućilo neprekidno provođenje testa curenja. Cjevovodi dijelovi i testirani elementi moraju biti usidreni. Promjene u položaju treba izbjegavati. Za izvođenje testa s tlačnim zrakom i testa s negativnim tlakom zraka potrebna je sljedeća oprema:

- za uključivanje kompresora ili vakuum pumpe za punjenja uređaja, uključujući ventil za smanjenje tlaka, ili elektronički prekidač kontrole tlaka,
- mjerni uređaj tlaka,
- postrojenja za bilježenje i arhiviranje mjernih podataka

Kako bi se izvoditi testove pritiska vodom, gravitacijski spremnik ili odgovarajuća oprema potrebna za tlak bez punjenja.

Manometar za mjerenje tlaka za mjerenje maksimalne devijacije.

Sva oprema mora ispunjavati uvjete u skladu s VDE i DIN i svezi s UVVs.

Test pukotina se smatra, da je prošao ako su kriteriji ispunjeni.

Test se alternativno može provesti s vodom ili zrakom.

Test sa zrakom je puno brže provoditi od testa s vodom.



Tablica 1. Plemeniti plinovi, [27]

Ime	Simbol	Redni broj	Gdje se koristi
Helij	He	2	<p>Ima samo dva elektrona, ima najniže vrelište od svih elemenata, dok talište pri standardnom tlaku nema.</p> <p>koristi za punjenje balona. Koristi se i kao sastojak u smjesi plinova koju udišu ronionci na većim dubinama. Helij se koristi za punjenje zračnih brodova (cepelina) i rjeđe, za punjenje balona za meteoroška promatranja (češće se koristi vodik), budući da nije lako zapaljiv kao vodik.</p>
Neon	Ne	10	<p>Koristi za punjenje reklamnih svjetlećih cijevi. Ako pri smanjenom tlaku dođe do električnog pražnjenja kroz neon, javlja se narančasto-ljubičasta svjetlost. Dodavanjem živine pare i argona boja se mijenja do tamnoplave i zelene</p>
Argon	Ar	18	<p>Koristi za punjenje žarulja odnosno svjetlećih cijevi, kao i za zavarivanje u tehnici, jer daje inertnu atmosferu</p>
Kripton	Kr	36	<p>Koriste za punjenje žarulja</p>
Ksenon	Xe	54	<p>Koriste za punjenje žarulja</p>
Radon	Rn	86	<p>Koristi kao element za praćenje zračnih masa, za detekciju geoloških pukotina</p>
Ununoktij	Uuo	118	<p>Ima samo teoretski značaj, jer je dobiveno svega nekoliko golih kratkoživućih jezgri elementa</p>



Tablica 2. Ispitivanja curenja instalacije pitke vode s komprimiranim zrakom, [16]

<p>Kupferrohrsysteme (sistem bakarnih cijevi)</p>	<p>einschl. der zugelassenen Verbindungen nach DVGW-Arbeitsblatt GW 2 "Schweiß-, Löt-, Klemm- und Preßverbindungen" (uključujući i linkove na DVGW, list GW 2 "Zavarivanje, lemljenje, stezanje i veze pod pritiskom")</p>
<p>Stahlrohre mit Feuerverzinkung (Čelične cijevi sa toplim-pocinčavanjem)</p>	<p>einschl. Gewindeverbindungen nach DIN 2999 sowie der zugelassenen und DVGW-geprüften Verbindungen (uključujući i spojeva prema DIN 2999 i DVGW testirane i odobrene veze)</p>
<p>Nichtrostende Stähle (Nehrđajući čelici)</p>	<p>einschl. der zugelassenen und geprüften Verbindungen nach DVGW-Arbeitsblatt W 534, z.B. Klemm- und Preßverbindungen (uključujući odobrenje i testiranje spojeva u skladu s DVGW W 534, na primjer Stezni i crimping priključci)</p>
<p>Kunststoffrohrsysteme aus PE-X vernetztem Polyethylen PVC-C Polyvenylchlorid PP-R Polypropylen Random PB Polybuten (Plastičnih cijevni sustava od PE-X umreženi polietilen, polivinil klorid, PVC-C PP-R polipropilena Random PB Polybutylene)</p>	<p>einschl. der zugelassenen und geprüften Verbindungen nach DVGW-Arbeitsblatt W 534 systembezogen; Klemm- und Preßverbindungen Kleb- und Schweißverbindungen, Steck-, Klemm- und Preßverbindungen (odnosu na sustav, uključujući i odobren i testiran spojeva u skladu s DVGW W 534; Stezni i crimping priključci Ljepila i zavara Plug, kliješta i spojnice crimping)</p>
<p>Verbundrohre (kompozitnim cijevima)</p>	<p>einschl. der zugelassenen und geprüften Verbindungen nach DVGW-Arbeitsblatt W 534, z.B. Steck-, Klemm- und Preßverbindungen (uključujući odobrene i testirane spojeve u skladu s DVGW W 534, na primjer Plug, kliješta i spojnice crimping)</p>



Druckprobenprotokoll für die Trinkwasseranlage mit dem Prüfmedium Druckluft oder Inertgase

Bauvorhaben: _____

Auftraggeber vertreten durch: _____

Auftragnehmer/verantwortlicher Fachmann vertreten durch: _____

Werkstoff des Rohrleitungssystem: _____

Verbindungsart: _____

Anlagendruck: _____ bar

Umgebungstemperatur _____ °C vom Prüfmedium _____ °C

Prüfmedium ölfreie Druckluft Stickstoff Kohlendioxid

Die Trinkwasseranlage wurde als Gesamtanlage in Teilabschnitten geprüft

Alle Leitungen sind mit metallenen Stopfen, Kappen, Steckscheiben oder Blindflanschen geschlossen. Apparate, Druckbehälter oder Trinkwassererwärmer sind von den Leitungen getrennt. Eine Sichtkontrolle aller Rohrverbindungen auf fachgerechte Ausführung wurde durchgeführt.

Dichtheitsprüfung
 Prüfdruck 110 mbar
 Prüfzeit bis 100 Liter Leitungsvolumen mind. 30 Minuten
 je weitere 100 Liter ist die Prüfzeit um 10 Minuten zu erhöhen
 Leitungsvolumen Liter Prüfzeit Minuten
 Temperaturabgleich und Beharrungszustand bei Kunststoffwerkstoffen wird abgewartet, danach beginnt Prüfzeit.

Während der Prüfzeit wurde kein Druckabfall festgestellt.

Festigkeitsprüfung mit erhöhtem Druck
 Prüfdruck ≤ 50 DN max. 3 bar, > 50 DN max. 1 bar
 Prüfzeit bis 100 Liter Leitungsvolumen mind. 30 Minuten Prüfzeit Minuten
 je weitere 100 Liter ist die Prüfzeit um 10 Minuten zu erhöhen
 Temperaturabgleich und Beharrungszustand bei Kunststoffen wird abgewartet, danach beginnt Prüfzeit.

Während der Prüfzeit wurde kein Druckabfall festgestellt.

Das Rohrleitungssystem ist dicht.

Ort: _____ Datum: _____
 (Auftraggeber bzw. Vertreter) (Auftragnehmer bzw. Vertreter)

<http://www.ikz.de/1996-2005/1998/04/9804024.php>

Slika 6. Primjer Zapisnika ispitivanja inernim plinom, [16]

5. Zaključak

Ispitivanje curenja punjenjem vodom je metod koji se već odavno napušta. Preporuka je da se test curenja izvodi suhim neagresivnim supstancama kao što je na primjer inertni plin. Ispitivanje inertnim plinom ima više prednosti. Ako se ispitivanje mora izvoditi na terenima gdje je dovoženje vode otežano, ili ako se ispitivanje izvodi po vremenskim uslovima kada postoji opasnost da bi preostala voda zaledila i prouzročila havariju. Ovdje smo samo kroz nekoliko primjera pokušali da aktualiziramo ovu temu. U popisu literature je dat širi spisak portala koji su ovoj temi posvetili značajniji prostor.



6. Literatura

- [1] Druckprüfung von Rohrleitungen= Qualitätsnachweis für Versorger; http://wasserwerk-service.de/FachbeitragDVGW2007_001.pdf.pdf
- [2] Dichtheitsprüfung von Rohrleitungen & Bauwerken; <http://www.kanalservice-lohmann.de/18.html>
- [3] Tlačno ispitivanje metalnih cjevovoda, <http://www.gradimo.hr/Tlacno-ispitivanje-metalnih-cjevovoda/hr-HR/11064.aspx>
- [4] www.masmedia.hr
- [5] <http://www.krah.hr/preuzimanje/preuzimanje.html>
- [6] <http://www.gradimo.hr/ispitivanje-tlaka-osnovnih-vodova/hr-HR/11679.aspx>
- [7] Pukotina Test, Dichtheitsprüfung; http://www.duktus.com/fileadmin/Daten/Gussrohrsysteme/PDFs/kanal_kapitel_10_1009.pdf
- [8] Sanitär, 52 SBZ 18/2006, Druckprüfung von metallenen Rohrleitungen mit Pressfittings, Tlačno ispitivanje metalnih cijevi s vijčanim spojnica,ma,
- [9] Dichtheitsprüfungen, Propuštanja testovi, <http://www.bosy-online.de/Dichtheitspruefungen.htm#Trinkwasser>,
- [10] Druckprüfungen von Gas- und Wasserleitungen, EnBW-Transporter im Einsatz, Tlačno ispitivanje plina i vodovodnih cijevi, EnBW transporter u akciji, http://www.enbw.com/content/de/kommunen_stadtwerke/dienstleistungen/wasser/netze_wasser/druckpruefung/index.jsp
- [11] Druckprüfung mit Luft, Wasser und Vakuum nach DIN EN 1610 oder DIN 1986-30; Tlačno ispitivanje zrakom, vodom i vakuumom, prema DIN EN 1610 i DIN 1986-30, http://www.geurts.de/index.php?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=78,
- [12] PE spojni elementi za sučeono varenje; http://www.croatia-impex.hr/cid-15-PE_spojni_elementi_za_su%C4%8Deono_varenje.html
- [13] Uređaj za elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi FISCHER MSA 350; http://easydeal.me/annuaire.php?annuaire=158&enr_id=5
- [14] Test curenja kanalizacije; www.buderus-guss.de Buderus Guss GmbH
- [15] Образac zapisnika, Abdruckprotokoll za instalacije pitke vode prema DIN 1988 dio 2 Para 11., http://www.bosy-online.de/Abdruckprotokoll_fuer_Trinkwasser-Installationen.pdf
- [16] Franz Josef Heinrichs, Dichtheitsprüfungen von Trinkwasserinstallationen mit Druckluft, Curenja ispitivanja instalacije pitke vode s komprimiranim zrakom, <http://www.ikz.de/1996-2005/1998/04/9804024.php>
- [17] Franz-Josef Heinrich: Dichtheitsprüfungen von Trinkwasser-Installationen, Propuštanja ispitivanja Instalacije pitke vode, f.heinrichs@zentralverband-shk.de, http://www.sbz-online.de/Gentner.dll/0620-SAN-HEINRICHS-1_MzEwODcw.PDF
- [18] <http://www.gradimo.hr/Tlacno-ispitivanje-metalnih-cjevovoda/hr-HR/11064.aspx>
- [19] www.masmedia.hr



-
- [20] Uređaj za elektrofuzijsko zavarivanje PE cijevi FISCHER MSA 350;
http://easydeal.me/annuaire.php?annuaire=158&enr_id=5 ,
- [21] <http://www.huelsmann-haustechnik.de/H-Druckprobe.htm>
- [22] <http://www.huelsmann-haustechnik.de/H-Ortungstechnik.htm>
- [23] <http://www.bosy-online.de/Dichtheitspruefungen.htm#Trinkwasser>
- [24] Franz Josef Heinrichs, Dichtheitsprüfungen von Trinkwasserinstallationen mit Druckluft, IKZ-HAUSTECHNIK, Ausgabe 4/1998, Seite 24 ff. ,
<http://www.ikz.de/1996-2005/1998/04/9804024.php>, Curenja ispitivanja instalacije pitke vode s komprimiranim zrakom,
- [25] Protokol ispitivanja , zapisnik, http://www.fraenkische.de/data/downloadarea_files/Druckprobenprotokolle.pdf
- [26] Postupak ispitivanja http://www.fraenkischeaustechnik.de/data/downloadarea_files/GB-H/Druckpruefung.pdf
- [27] Plemeniti plinovi (http://hr.wikipedia.org/wiki/Plemeniti_plinovi)



UMREŽAVANJE STRATEŠKIH MJERAČA PROTOKA U CENTRALNI SOFTVER VODOVODA SANSKI MOST

NETWORKING STRATEGIC FLOW METER IN THE CENTRAL CONDUIT SOFTWARE SANSKI MOST

Emir Trožić¹, Enver Trožić²

¹Ulica Banjalučka 80/d, 79260 Sanski Most, Vodovod Sanski Most, BiH,

²Ulica Banjalučka bb, 79260 Sanski Most, Panevropski Univerzitet «Apeiron», Banja Luka, BiH,

*Autor za korespondenciju. E-mail: emirtrozic@yahoo.com,

Sažetak:

Centralni vodovodni sistem Sanski Most nema centralnu nadzornu jedinicu. Kontrola ispravnosti vodovodne mreže vrši se terenskim obilaskom. Ranije su ugrađeni elektromagnetni mjerači protoka na šesnaest strateških tačaka. Ovi elektromagnetni mjerači protoka nisu povezani sa centralnim softverom. Preuzimanje podataka radi softverske obrade je povremeno. Ovdje će se prikazati moguće rješenje umrežavanja strateških mjerača protoka. Tada će podaci trenutno biti dostupni centralnom softveru. Uočavanje naglih curenja vode će biti brže. I intervencije na otklanjanju kvarova će biti brže.

Ključne riječi: umrežavanje, strateški mjerač protoka, centralni softver, centralni vodovodni sistem.

Abstract:

Central water system Sanski Most silent central control unit. Control of the correctness of water network is carried out field visits. Previously, embedded electromagnetic flowmeters to sixteen strategic points. These electromagnetic flow meters are not connected with the central software. Download software for data processing at times. This will show a possible solution of networking strategic flowmeter. Then the data will now be available to the central server. Noticing the sudden leakage of water will be faster. And intervention to fix the defects will be faster.

Keywords: Networking, Strategic flow meter, central software central water system.

1. Uvod

Sistem daljinskog nadzora i upravljanja vodovodnim sistemima obezbjeđuje automatsko i centralno praćenje tlaka i proticaja vode u pojedinim dijelovima vodovodne mreže. Na ovaj način se trenutno dobija informacija o eventualnim naglim istjecanjem vode, odnosno



kvarovima, koje je moguće ranije otkloniti i time izbjeći nepotrebne gubitke. Dakle, uvođenjem ovog sistema doprinijelo bi se smanjenju gubitka i pravovremenom intervenisanju na kvarovima.

2. Trenutno stanje

Izgradnjom savremenog objekta za tretman vode za piće, Vodovod Sanski Most je dobio i digitalnu opremu za praćenje rada postrojenja. Centralni vodovodni sistem Sanski Most neme centralnu nadzornu jedinicu. Kontrola ispravnosti vodovodne mreže vrši se terenskim obilaskom. Ranije su ugrađeni elektromagnetni mjerači protoka na šesnaest strateških tačaka. Ovi elektromagnetni mjerači protoka nisu povezani sa centralnim softverom. Preuzimanje podataka radi softverske obrade je povremeno.



Slika 1. JKP «ViK» Sanski Most, schema Centralne nadzorne jedinice

Uočeni su problemi na ranije ugrađenoj elektronici elektromagnetnih mjerača protoka. Nadzemni dio, elektronike sa displejskim pokazivačem i softverskim USB izlazom, je usljed dugotrajnog korištenja i neadekvatnog održavanja u lošem stanju.

Neumreženost dislociranih mjerača protoka prouzrokuje lošu kontrola količine distribuirane vode za piće (nije moguće prepoznati zone sa najvećim gubitcima), što rezultira velikoj disproporciji između proizvedene i fakturisane vode za piće, što može dovesti do katastrofalnog ekološkog stanje zahvatanjem znatno veće količine vode sa izvora Zdena. Postojeća situacija zahtijeva hitnu intervenciju u cilju sanacije i osiguranja održivosti odnosa između proizvedene i fakturisane vode za piće, odnosno očuvanja biološkog minimuma izvora Zdena i sprječavanja negativnih posljedica po ekosistem potoka Zdena.



3. Procjena troškova poboljšanja održavanja radne temperature nadzemnog ormarića sa elektronikom

Optimalnu radnu temperaturu u ormariću je neophodno obezbjediti kako bi već ugrađena i nova elektronika mogla besprijekorno raditi. Moguće su, bar, tri opcije za neophodne intervencije u postojećim ormarićima, radi poboljšanja dodatne opreme za održavanje optimalne radne temperature.

3.1. Opcija 1:

Mijenja se postojeći otporni grijač, sa novim snage 55 W (grijač snage 55 W, bez ventilatora, je najveći grijač koji se može postaviti u postojeći ormar). Novi grijač je kvalitetni grijač proizvođača RITTAL ili SCHNEIDER (po želji), izrađen od aluminijskog profila visokog koeficijenta termičkog zračenja, i montira se na šinu DIN35. U sklopu radova na izmjeni grijača, predviđena je i zamjena svih provodnika unutrašnjeg ožičenja ormara kako bi se smanjile graške prema uzemljenju. Uz nove provodnike dolaze i nove oznake na njima. Cijena izvođenja gore navedenih radova bi se kretala za 12 ormara oko 4.145,30 KM, plus PDV.

3.2. Opcija 2:

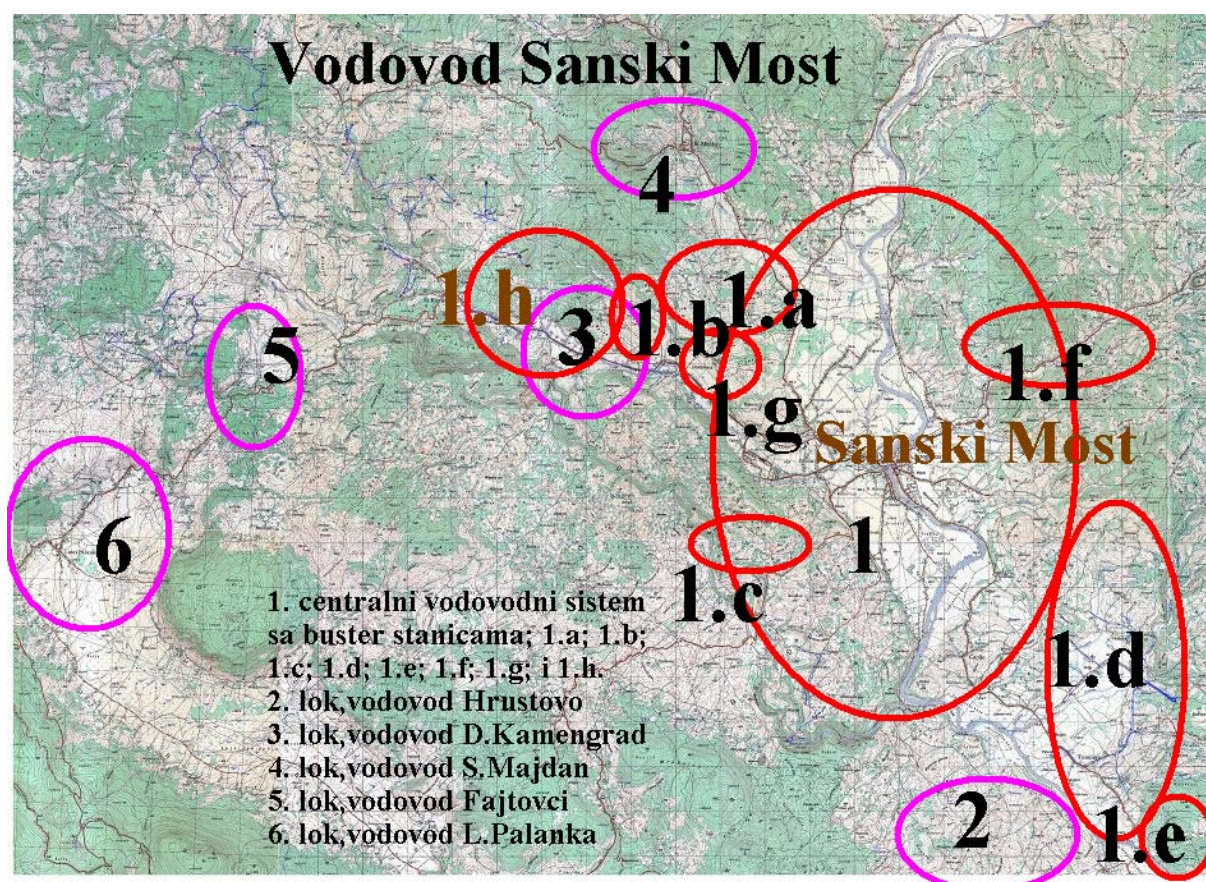
Mijenja se postojeći otporni grijač, sa novim snage 55 W (grijač snage 55 W, bez ventilatora, je najveći grijač koji se može postaviti u postojeći ormar). Novi grijač je kvalitetni grijač proizvođača RITTAL ili SCHNEIDER (po želji), izrađen od aluminijskog profila visokog koeficijenta termičkog zračenja, i montira se na šinu DIN35. Grijač ima dodatnu dvostruku izolaciju i ne predstavlja opasnost u slučaju kvara, odnosno, u slučaju kvara dolazi samo do prekida rada grijača, ali ne i do izbacivanja diferencijalne sklopke. U sklopu radova na izmjeni grijača, predviđena je i zamjena svih provodnika unutrašnjeg ožičenja ormara kako bi se smanjile graške prema uzemljenju. Uz nove provodnike dolaze i nove oznake na njima. Cijena izvođenja gore navedenih radova bi se kretala za 12 ormara oko 5.220,50 KM, plus PDV.



Slika 2. Vodovod Sanski Most, Trenutno stanje zona mjerenja i mjeraca

3.3. Opcija 3:

Mijenja se kompletan elektroormar. Demontira se postojeći ormar, a na njegovo mjesto se postavlja novi ormar. Od postojeće opreme u elektroormaru, zadržava se samo mjerni transmiter s regulatorom i električno brojilo. Novi ormar bi bio plastičan, SCHNEIDER, sa postoljem i okapnicom, otporan na vandalizam, UV zračenje, vremenske uslove, prašinu, temperaturne promjene i neopasan za prolaznike i radnike održavanja u slučaju kvara električne instalacije. U ovakvom bi se ormaru ugradili svi neophodni sklopovi (šine. Kanalice i drugo) potrebni kasnijoj ugradnji telemetrijskog sistema. Ugradila bi se utičnica, rasvjetna fluorescentna lampa, te grijač RITTAL ili SCHNEIDER snage 150W s ventilatorom. Cijena izvođenja gore navedenih radova bi se kretala za 12 ormara oko 48.947,10 KM, plus PDV.



Slika 3. Koncept vodosnabdjevanja Općine Sanski Most

4. Sistem daljinskog nadzora i upravljanja vodovodom

U skladu sa planom i programom izgradnje vodovodnog sistema kojim je predviđeno i uvođenje sistema daljinskog nadzora i upravljanja, neophodno je uraditi projektnu dokumentaciju.

Monitoringom u sklopu telemetrijskog nadzora bile bi obuhvaćene:

A) terenske jedinice centralnog vodovodnog sistema, sa ranije ugrađenom opremom za separadni monitoring:

- A.1. Objekat za tretman vode za piće «Zdena»,
- A.2. Centralni rezervoar 2.500 m³ «Zdena»,
- A.3. Kaptazni objekat,
- A.4. Strateški mjerači protoka (4.): «L», «M», «N» i «R»,



A.5. Zonski mjerači protoka (12. komada za 8 zona): «A1», «A2», «B», «C», «E», «D», «G», «F», «H», «I», «J» i «K» za zone: «DMA-1», «DMA-2», «DMA-3», «DMA-4», «DMA-5», «DMA-6», «DMA-7» i «DMA-8».

B) terenske jedinice centralnog vodovodnog sistema, koje ranije nisu bile obuhvaćene monitoringom, jer su posjedovale samo uklopno isklonpu elektroniku sa sondama davača signala nivoa vode:

1. Buster stanica Hrast-Magarice,
2. Pumpna stanica Delića brdo,
3. Rezervoar Delića brdo,
4. Pumpna stanica Vrhpolje,
5. Rezervoar Vrhpolje,
6. Buster stanica Bojančić,
7. Pumpna stanica Bardikovci,
8. Rezervoar Bardikovci,
9. Pumpna stanica Demiševci,
10. Rezervoar Demiševci,
11. Buster stanica Kamengrad
12. Buster stanica Sasina

C) terenske jedinice lokalnih vodovodnih sistema, koji nisu sistemima cjevovoda uvezani u centralni vodovodni sistem. Ove terenske jedinice u sklopu pumpnih stanica posjeduju samo uklopno isklonpu elektroniku sa sondama davača signala nivoa vode:

C.1. Pumpna stanica Lušci Palanka,

C.2. Rezervoar Lušci Palanka,

C.3. Pumpna stanica Kamengrad

C.4. Rezervoar Kamengrad

C.5. Pumpna stanica Hrustovo

C.6. Rezervoar Hrustovo

C.7. Pumpna stanica Fajtovci

C.8. Rezervoar Fajtovci

C.9. Kaptaza i komore sa pješčanim filterima gravitacionog vodovoda Stari Majdan (do sad bez bilo kakve elektronike).

4.1. Opis daljinskog nadzora i upravljanje

Daljinski nadzor i upravljanje navedenim objektima vršit će se iz dispečerskog centra koji će se oformiti na lokaciji objekta za tretman vode za piće u Zdeni.

Povezivanje vodoopskrbnih objekata sa dispečerskim centrom realizirat će se putem GSM/GPRS javne mreže. Konfiguracija sistema daljinskog nadzora i upravljanje sastoji se od centralne stanice smještene u dispečerskom centru i perifernih stanica koje se postavljaju u upravljane objekte. Funkcija centralne stanice je prikupljanje podataka iz upravljanih objekata, obrada podataka, objavljivanje podataka, te slanje komandi na temelju prikupljenih podataka. Funkcija periferne stanice je da prihvaća standardne električne signale iz nadziranog postrojenja i da ih nakon pretvorbe u prikladan oblik pouzdano prosljeđuje u dispečerski centar, te prihvaća komande iz dispečerskog centra i prosljeđuje ih nakon električne pretvorbe do lokalne automatike nadziranog postrojenja koja ih izvršava. Na temelju sistemskih programa vrši se ciklično prozivanje perifernih stanica, koje šalju iz pojedinih objekata u dispečerski centar informacije mjerenja i sigurnosti. Prema prikupljenim podacima iz pojedinih objekata, te nakon obrade i objave istih, vrši se upravljanje tim objektima. Komunikacija operator sistem ostvaruje se putem PC računara, tastature i 2 štampača. Dakle, kompletan vodovodni sistem radit će potpuno automatski bez ikakve intervencije dežurnog dispečera, s tim da je moguće da dispečer putem tastature može vršiti upravljanje tj. Prelaz na ručno vođenje. Na monitoru će se vršiti prikaz cijelog vodovodnog sistema, te prikaz svakog pojedinog objekta u sistemu, sa prikazima svih mjerenja i signalizacije u sistemu. Unošenje podataka u sistem daljinskog nadzora i upravljanja, kao i biranje video prikaza, ručno upravljanje i ostalo, vrši se tastaturom. Trajni zapis svih stanja, kao i promjena stanja u sistemu ispisuje se na štampaču. Na jednom štampaču ispisuje se promjena u sistemu i alarmi a na drugom štampaču ispisuju se izvještaji i vremenski dijagrami mjernih veličina.



Slika 4. Primjer koncepta daljinskog nadzora i upravljanja, [1]



Sam projekt sistema daljinskog nadzora i upravljanja vodovodnim sistemom treba da sadrži sljedeću dokumentaciju:

- Projektni zadatak,
- Izbor koncepcije sistema daljinskog upravljanja te obrazloženje tog izbora,
- Tehnički opis sistema daljinskog nadzora i upravljanja,
- Funkcijsku shemu daljinskog nadzora i upravljanja,
- Definiranje upravljačkog algoritma,
- Popis svih mjerenja, signalizacije i komandi,
- Popis svih mjernih pretvarača, senzora i upravljačkih jedinica,
- Prikaz cijelog vodovodnog sistema, podsistema i pojedinih objekata na monitoru,
- Prikaz svih mjerenja i signalizacije na monitoru,
- Prikaz svih poslanih komandi na monitoru,
- Komunikacija operator- sistem daljinskog upravljanja,
- Mjerenje postavljenih parametara u sistemu od strane operatora,
- Izdavanje, tj, štampanje informacija, dnevnih, sedmičnih, mjesečnih i godišnjih izvještaja,
- Specifikacija opreme i potrebnih radova s troškovnikom,
- Definiranje uvjeta za priključak periferne stanice na lokalnu automatiku vodovodnog sistema.

4.2. Ključne pozicije provođenja predhodnih aktivnosti:

- realizovane pripremne aktivnosti,
- posjedovanje projektno-tehničke dokumentacije,
- dobivene saglasnosti i dozvole itd,
- informaciju o odabiru izvođača, dobavljača ili konsultanata

4.3. Osnovne aktivnosti opravke i umrežavanja:

- izvršiti servisiranje ranije ugrađene elektronike elektromagnetnih mjerača protoka.
- Nabaviti softversku podršku i pomoću Telecom prenosnika signala umrežiti dislocirane elektromagnetske mjerače protoka,
- U sljedećoj fazi bi se instalirali i umrežili novi elektromagnetni mjerači protoka radi smanjivanja zona praćenja,
- U sljedećoj fazi bi se umrežili vodovodni objekti lokalnih vodovoda u jedinstveni sistem centralnog vodovoda



4.4. Detaljna razrada aktivnosti po fazama

Tablica 1. Aktivnosti po fazama

	I faza:	II faza:	III faza:
01	Servisiranje ranije ugrađene elektronike elektromagnetnih mjerača protoka.	Instaliranje i umrežavanje novih elektromagnetnih mjerača protoka radi smanjivanja zona praćenja,	Instaliranje i umrežavanje novih elektromagnetnih mjerača protoka na vodovodnim objektima lokalnih vodovoda u jedinstveni sistem centralnog vodovoda
02	Nabavka i instaliranje licencirane softverske podrške		
03	Ugovaranje (zakupljivanje) Telecom prenosnog signala i umrežavanje dislociranih elektromagnetskih mjerača protoka,		

4.5. Očekivani rezultat projekta

Stepen povoljnog utjecaja na okoliš (održivi razvoj, očekivano poboljšanje kvaliteta okoliša, ispunjenje međunarodnih obaveza)

4.6. Priprema, provedba, nadzor

Aktivnosti obuhvaćene prvom fazom implementacije, podrazumijevaju kompletiranje postojećih elektromagnetnih mjerača sa nadzemnom opremom davača signala i to:

- Prioritet 1: Snimak postojećeg stanja (District & Location Meter) elektromagnetnih mjerača protoka
- Prioritet 2: Popravka elektronike i grijača u nadzemnom ormariću elektromagnetnih mjerača protoka (District & Location Meter)

U okviru provedbe Projekta, predviđene su sljedeće aktivnosti, raspoređene u 3 etape, sa pripadajućim mjerama:

Etapa 1: Pripremne radnje

- 1.1. Identifikovanje projektnih lokacija (zona) elektromagnetnih mjerača protoka
- 1.2. Identifikovanje smetnji u radu elektromagnetnih mjerača protoka
- 1.3. Izrada plana popravke elektromagnetnih mjerača protoka nabavke nove opreme i softverske podrške i umrežavanje



Etapa 2: Realizacija faze opravke elektromagnetnih mjerača protoka , nabavke nove opreme i softverske podrške i umrežavanje

- 2.1. Demontaža neispravnih dijelova
- 2.2. Nabavka novih dijelova
- 2.3. Popravka dijelova koji se mogu i dalje koristiti
- 2.4. Montaža novih i popravljenih dijelova
- 2.5. Nabavka programskog paketa (softvera+hardver) i umrežavanje dislociranih mjerača
- 2.6. Zakupljanje GSM/GPRS infrastrukture Bhtelecom ili drugog operatora
- 2.7. Tehnički prijem i puštanje u probni rad

Etapa 3: Monitoring i evaluacija

U toku implementacije Projekta, vodit će se kontinuiran dnevni nadzor od strane stručnih službi izvođača, općina i Fonda, u vidu mjerenja, prikupljanja, obrade i evidentiranja podataka o stanju ugrađenog materijala, funkcionalnosti sistema I uticaju na okoliš. Po završetku tehničkog prijema radova, bit će sačinjen finalni izvještaj o realizaciji Projekta. Isti će identifikovati uočene probleme i načine njihovog rješavanja, kao temelj za naredne faze ovog Projekta, a ujedno i dizajniranje sličnih operativnih programa.

4.7. Ciljevi

Primarni ciljevi Projekta su zaštita vodotoka rijeke Zdene od nepotrebnog zahvatanja vode za potrebe vodosnabdjevanja stanovništva I industrije vodom za piće, kontinuiranim praćenjem proticaja vode kroz zonske mjerače protoka, uključujući osiguravanje adekvatnih mjera u cilju sprečavanja nepotrebnih curenja (gubitaka) vode za piće iz vodovodnog sistema.

Specifični ciljevi Projekta usmjereni na:

- Opravka postojećih mjerača protoka i uvezivanje u jedinstveni softver
- Očuvanje biološkog minimuma u vodotoku rijeke Zdena
- Podizanje nivoa svijesti građana o racionalnom korištenju vode za piće
- Unapređenje svjesne odgovornosti kod javnosti o savjesnom odnosu prema rijekama, te o potrebi zaštite i očuvanja životne sredine
- Poticanje razvoja turističke ponude općina
- Pružanje podrške umrežavanju i saradnji javnih institucija u okviru zajedničkih napora za zaštitu okoliša
- Poticanje zapošljavanja



4.8. Rizici

- Nepostojanje mogućnosti evidentiranja cjelokupne distribuirane vode
- Neriješena rekonstrukcija objekata kolektivnog stanovanja u smislu ugradnje vodomjera u svaki stan
- Neefikasan sistem integralnog upravljanja vodosnabdjevanjem na projektu području (od zahvatanja do krajnjeg korisnika).
- Trenutno primjenjivana cijena vode ne obezbjeđuje dovoljno sredstava za kvalitetan monitoring
- Rizik nastavljanja distribucije vode za piće bez kontinuiranog praćenja eventualnih "skokova" po zonama
- Nedovoljna svijest građana

5. Zaključak

Evropska unija je 2004 godine u sklopu Phare projekta na vodovodnoj mreži Sanski Most instalirala 16 dislociranih zonskih elektromagnetnih mjerača protoka, koji su ukopani u teren, a iznad terena imaju ormarić sa mogućnošću preuzimanja digitalnog signala. Pomoću jedinstvenog softverskog paketa kontinuirano će se pratiti stanje protoka kroz zonske elektromagnetne mjerače protoke. Upoređivanjem trenutnog očitavanja sa prethodnim očitanjem registrovati "skokove" radi dalje provjere da li su uzrok nekontrolisanog curenja. Pronalaženjem i otklanjanjem uzroka "skokova", odnosno curenja, smanjili bi se gubitci vode iz vodovodnog sistema. Posjedovanjem preuzetog signala u centralnoj softverskoj jedinici brže bi se identifikovali "skokovi" izmjerenih vrijednosti protoka vode u pojedinim zonama snabdjevanja. Nakon toga bi se brže intervenisalo u iznalaženju i otklanjanju uzroka "curenja", čime bi se doprinijelo smanjenju fizičkih gubitaka vode za piće iz vodovodnog sistema. Realizacijom ovog Projekta, postiže se značajan doprinos kontinuiranom smanjenju količine ne fakturisane vode za piće.

6. Literatura

- [1] VANIS koncept daljinskog nadzora i upravljanja; <http://www.vanis.hr/SCADA/index.htm>
- [2] Škoro, Vladimir, Mjerenje protoka vode u sustavu odvodnje; <http://www.vanis.hr/SCADA/Teorija-mjerenja-protoka-u-odvodnji.htm>
- [3] Vanis telemetrijska stanica; <http://www.vanis.hr/SCADA/MvRTU.htm>
- [4] Softver za nadzor i upravljanje; Visual Call 6.0; <http://www.vanis.hr/SCADA/visualcall.htm>
- [5] http://www.adeptio.hr/reference_razno.html



OPTIMALNO UPRAVLJANJA GUBICIMA VODE JAVNE VODOOPSKRBE U REPUBLICI HRVATSKOJ *OPTIMAL WATER LOSS CONTROL OF PUBLIC WATER SUPPLY IN THE REPUBLIC OF CROATIA*

I. Halkijević^{1*}, Ž. Vuković¹, D. Vouk¹

¹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

E-mail: halkijevic@grad.hr

Sažetak

Uvidom u stanje gubitaka vodoopskrbnih sustava u Republici Hrvatskoj, istaknuta je priroda osnovnih problema koji za posljedicu imaju generiranje sadašnjih prosječnih gubitaka od oko 40 %. Uz usporedbu sa stanjem gubitaka vode na svjetskoj razini, dan je i uvid u IWA metodologiju analiziranja i kvantificiranja stanja gubitaka u vodoopskrbnom sustavu, kao i njenu implementaciju, te ograničenja primjene metoda na vodoopskrbne sustave u Republici Hrvatskoj. Također su dane smjernice pristupa rješavanja problematike gubitaka, temeljene na detaljnom i točnom uvidu hidrauličkog funkcioniranja postojećeg stanja vodoopskrbnog sustava, posredstvom matematičkog modeliranja, kao temeljne i polazne točke svih budućih planskih, te u konačnici operativnih aktivnosti s ciljem smanjenja i optimalnog upravljanja gubicima vode u današnjim vremenskim okvirima.

Abstract

Insight into the current water loss condition in the Republic of Croatia points out the nature of the basic problems resulting in average losses of around 40 %. Comparison with the global state of water losses and the introduction to IWA methodology of analyzing and quantifying losses in water supply systems is also given. The implementation of this methodology, as well as its limitation and application to water supply systems in the Republic of Croatia is reviewed. The paper also provides the guideline approach for solving the problem of losses, based on detailed and accurate recognizing of the water supply hydraulic functioning through mathematical modeling, as the fundamental starting point of all future planning, and ultimately, operational activities to reduce and optimally control water losses in the current timeframe.

Ključne riječi: gubici vode, IWA metodologija, matematičko modeliranje, upravljanje gubicima vode



1. Uvod

Prosječna opskrbljenost stanovništva vodom iz javnih vodoopskrbnih sustava u Hrvatskoj, iznosi 80.0 [%] (91.0 [%] za jadranski sliv u odnosu prema 77.0 [%] na crnomorskom slivu), pri čemu stupanj opskrbljenosti značajno varira od županije do županije, odnosno općine i grada [1]. Često spominjana konstatacija kako je Hrvatska iznimno bogata vodom (treća u Europi, među 30 najbogatijih u svijetu i sl.) značila bi kako postoji obilje slatke vode za javnu vodoopskrbu, no ukoliko se napravi uvid u vodno bogatstvo Hrvatske, dobija se nešto drugačija slika.

Zbog vodnogospodarske važnosti od interesa su obnovljive zalihe voda, pri čemu je potrebno naglasiti da je suvereno upravljanje moguće jedino vlastitim vodama, dok je za vanjske (tranzitne) vode potrebno poštovati međunarodne zakone. Prema rezultatima bilance površinskih voda [4], te ostalim dostupnim podacima [3], [5], [6] količina ukupno obnovljive vode (vlastite i vanjske) u Hrvatskoj iznosi od 105.0 [km³] do 160.0 [km³], ovisno o primijenjenoj metodologiji, odnosno od 24,000.0 [m³/stanovniku godišnje] do 37,000.0 [m³/stanovniku godišnje] što predstavlja vrlo visoku razinu potencijalno raspoložive vode. Ukoliko se promatraju samo vlastite vode, godišnje obnovljive količine iznose od 26.0 [km³] do 38.0 [km³], odnosno od 6,000.0 [m³/stanovniku godišnje] do 8,450.0 [m³/stanovniku godišnje] što nas svrstava točno u svjetski prosjek, odnosno nešto iznad europskog prosjeka (4,560.0 [m³/stanovniku godišnje], [7]).

Podzemna voda čini oko 90.0 [%] svih zahvaćenih količina vode za javnu vodoopskrbu, dok preostali dio čini zahvaćanje površinskih voda iz vodotoka i višenamjenskih akumulacija. Zbog nedovoljne i neravnomjerne istraženosti vodonosnika, njihove prostorne i vremenske promjenjivosti, te složenih hidrogeoloških odnosa, određivanje zaliha podzemnih voda temelji se dobrim dijelom na procjenama koje prema korištenim metodologijama i dostupnim podacima znatno variraju. Procjene iz 1996. godine govore o 30.0 [km³] obnovljive podzemne vode ili preko 7,000.0 [m³/stanovniku godini] [2]. 1998. godine količina obnovljive podzemne vode procijenjena je na 11.0 [km³] ili 2,350.0 [m³/stanovniku godišnje] [3], dok posljednji podaci govore o 9.1 [km³] ili oko 2,050.0 [m³/stanovniku godišnje]. Iz izloženog se može zaključiti kako se količina obnovljive podzemne vode smanjuje iz godine u godinu ili kako je njena procjena neprecizna, te se bez detaljne bilance podzemnih voda zaključak o iznimnom bogatstvu vode također smatra neprecizan i nestimulativan za rješavanje problematike gubitaka vode u javnoj vodoopskrbi i općenito racionalnog gospodarenja vodama.

2. IWA metodologija

Poznavanje i razumijevanje gubitaka vode koji nastaju u vodoopskrbnim sustavima, te njihova jasna definicija, prvi je korak u rješavanju problematike istih. Problemi koji se javljaju prilikom isporuke vode su tehničke prirode (isporučena voda ne dolazi do krajnjih korisnika), financijske prirode (voda koja dođe do krajnjih korisnika nije uvijek propisno mjerena ili naplaćena – ekonomski gubitak isporučitelja), te administrativno – terminološki



(standardizirani pokazatelji i definicije važni za kvantificiranje, valoriziranje i kontrolu gubitaka).

Temeljna novina metodologije „Međunarodnog udruženja za vodu“ (eng. International Water Association, skr. IWA) je detaljnije definiranje pojma „gubitka vode“ kroz uvođenje bilance vode i izračunavanja svih njenih komponenata uz razlučivanje „stvarnih“ i „prividnih“ gubitaka, kao i njihov izračun, koji omogućuje pravilno planiranje mjera i aktivnosti za njihovo smanjenje. Do uvođenja i prihvaćanja IWA metodologije praksa prikaza gubitaka vode podrazumijevala je korištenje postotaka u kvantificiranju gubitka vode kao odnos ukupnog ulaza vode u sustav i nefakturirane količine vode (eng. Non Revenue Water, skr. NRW), tj. kao razliku između zahvaćene/kupljene količine i prodane/fakturirane količine vode. Međutim ovakav način prikaza gubitaka vode ne prikazuje stvarno stanje gubitaka u sustavu i stvara pogrešnu sliku uspješnosti rješavanja problema. Kao primjer netočnosti i nepouzdanosti prikaza gubitaka u postotcima uzimaju se vodoopskrbni sustavi gdje je velika oscilacija potrošnje vode tijekom godine (npr. gradovi uz more gdje se tijekom ljetnih mjeseci javlja porast potrošnje, a samim time i fakturirane vode zbog povećanog broja korisnika/turista, dok su istjecanja vode iz vodoopskrbnog sustava približno jednaka). Gubici vode predstavljaju razliku između količine vode uvedene u vodoopskrbni sustav i ovlaštene potrošnje, a IWA definira dvije glavne kategorije unutar kojih se pojavljuju svi gubici. Stvarne gubitke čini voda koja je fizički izgubljena iz vodoopskrbnog sustava tijekom transporta do potrošača, dok prividni gubici predstavljaju stvarno potrošenu količinu vode, ali ona nije pravilno evidentirana uslijed neovlaštene potrošnje, netočnosti mjernih uređaja ili greške u obračunu.

Tablica 1. Opća bilanca vode prema IWA metodologiji [8]

Ukupna količina zahvaćene vode	Ovlaštena potrošnja vode	Ovlaštena naplaćena potrošnja	Naplaćena mjerena količina vode	Prihodovana voda
			Naplaćena nemjerena količina vode	
		Ovlaštena nenaplaćena potrošnja	Nenaplaćena mjerena količina vode	Neprihodovana voda
			Nenaplaćena nemjerena količina vode	
	Gubici vode	Prividni gubitci	Neovlaštena potrošnja	
			Netočnost mjernih instrumenata	
		Stvarni gubitci	Propuštanja u vodoopskrbnoj mreži	
			Preljevanja iz vodosprema Propuštanja vode na kućnim priključcima	

Od gubitaka najveći dio čini istjecanje vode iz skladišnih i distributivnih elemenata vodoopskrbnog sustava - stvarni gubici. Ukupna godišnja količina stvarnih gubitaka, samo



razvijenih zemalja, procjenjuje se dovoljnom za redovitu vodoopskrbu gotovo 200 milijuna potrošača kućanske kategorije [9], stoga su stvarni gubici primarni predmet akcija kontrole gubitaka i parametar za usporedbu stanja među vodoopskrbnim sustavima. Predloženi način prikaza gubitaka kao univerzalnog i usporedivog indikatora pogonskog stanja sustava dan pomoću postojećih godišnjih stvarnih gubitaka (eng. Current annual real losses, skr. CARL) dobivenih temeljem obrade rezultata provedenih terenskih ispitivanja u obliku mjerenja protoka i tlaka, budući da često nije moguće izraditi bilancu prema postojećim podacima vodovodnih tvrtki.

Stvarni gubici karakteriziraju svaki vodoopskrbni sustav i ne mogu se u potpunosti eliminirati, čak i kod potpuno novih vodoopskrbnih sustava postoje određeni manji volumeni vode koja se gubi i zovu se neizbježni ili pozadinski gubici (eng. Unavoidable Annual Real Losses, skr. UARL). Neizbježni gubici su istjecanja iz cjevovoda koja se uslijed vrlo malog intenziteta ne mogu, ili se vrlo teško mogu detektirati primjenom uobičajenih metoda i uređaja, a nužno ih je uključiti u stvarne gubitke radi uvida u realno ostvarive uštede. Volumen vode koji premašuje neizbježne stvarne gubitke, geografsko-demografski je ovisna veličina, ovisna također i o generalnim karakteristikama distribucijskog dijela vodoopskrbnog sustava i njegovoj izvedbi, kao i o politici vođenoj prema kontroli gubitaka vodoopskrbnih tvrtki.

Međunarodna istraživanja provedena u 27 različitih vodoopskrbnih sustava u 19 zemalja utvrđeno je da UARL gubici iznose između 20 i 142 [l/priključak/d] pri tlaku od 2 - 6 [bara], gustoće priključaka od 20-100 [1/km cjevovoda] i vodomjer udaljen od 0-20 [m] od uličnog cjevovoda, ali se mogu točnije procjenjivati temeljem sljedeće IWA metode [8]:

$$\text{UARL [l/priključak/d]} = (18 L_m + 0.8 N_c + 25 L_p) \times P / N_c$$

ili

$$\text{UARL [m}^3\text{/km/d]} = (18 L_m + 0.8 N_c + 25 L_p) \times P / L_m$$

gdje je: „UARL“ neizbježni gubici (eng. Unavoidable Annual Real Losses), „L_m“ duljina cjevovoda, [km], „N_c“ broj priključaka, [1], „L_p“ duljina cjevovoda od granice zemljišta korisnika do vodomjera, [km], „P“ prosječna vrijednost tlaka, [m v.s.].

Navedena dva indikatora (CARL i UARL) koriste se pri analizi i usporedbi pojedinih dijelova istog vodoopskrbnog sustava (zona) ili pri usporedbi sa sustavima sličnih karakteristika, no ukoliko se želi izvršiti usporedba sa sustavima različitih karakteristika ili različitih mjera, primjenjuje se bezdimenzionalni, tzv. ILI (eng. Infrastructure Leakage Indeks) indikator uspješnosti rješavanja stvarnih gubitaka u vodoopskrbnom sustavu. Ovaj indikator daje informaciju o tekućem održavanju vodoopskrbnog sustava (popravci, rekonstrukcija, održavanje, unapređenje) s ciljem kontrole i smanjenja stvarnih gubitaka vode. ILI indikator predstavlja odnos između postojećih godišnjih količina stvarnih gubitaka i neizbježnih godišnjih gubitaka u sustavu [9].



$$ILI [1] = CARL / UARL$$

Idealan slučaj je smanjenje stvarnih gubitaka, tj. postizanje vrijednosti $ILI = 1.0$, čime su stvarni gubici jednaki neizbježnim. Budući da je ovaj slučaj teško ostvariv nameće se potreba smanjenja i kontrole količine stvarnih gubitaka na ekonomski opravdanu vrijednost definiranu kao novčanu vrijednost investicije, u cilju smanjenja gubitaka, koja rezultira jednakom vrijednošću ostvarene uštede (eng. Economic Level of Leakage, skr. ELL). Određivanje ovog indeksa nije jednostavno i specifično je za svaki vodoopskrbni sustav, a ovisi prvenstveno o količini vode raspoložive za vodoopskrbu i cijeni njene distribucije i dovođenja u stanje pitkosti. Količina stvarnih gubitaka vode koja je značajno viša od ekonomski prihvatljiva, pokazatelj je nužnosti provedbe mjere s ciljem smanjenja i kontrole gubitaka. Ocjena stanja sustava ILI indikatorom može se iskazati prema razredima od A do D za razvijene i nerazvijene zemlje temeljem kojih su predložene smjernice za daljnje aktivnosti.

Tablica 2. Kategorija učinkovitosti vodoopskrbnog sustava prema ILI indikatoru [19], [17]

KATEGORIJA TEHNIČKE UČINKOVITOSTI	ILI (RAZVIJENE ZEMLJE)	ILI (NERAZVIJENE ZEMLJE)	GENERALNI OPIS KATEGORIJE I SMJERNICE ZA DALJNJE AKTIVNOSTI
A	1 - 2	1 - 4	Daljnje smanjenje gubitka može biti neekonomično osim u slučaju nestašice izvora vode. Pomnom analizom je potrebno identificirati jeftina poboljšanja.
B	2 - 4	4 - 8	Potencijal za značajna poboljšanja; uzeti u obzir regulaciju tlaka, boklju aktivnu kontrolu istjecanja i bolje održavanje mreže.
C	4 - 8	8 - 16	Slaba kontrola i vođenje podataka o istjecanju. Podnošljivo samo ako je voda dostupna i jeftina, čak i onda analizirati razinu i prirodu gubitaka i intenzivirati napore za smanjenje.
D	> 8	> 16	Vrlo neučinkovito korištenje sredstava; visok prioritet uvođenja programa za smanjenje gubitaka.

3. Gubici vode u Hrvatskoj i svijetu

U Hrvatskoj postoji 115 komunalnih društava i pogona registriranih za vodoopskrbnu djelatnost, prikupljanje vodnih naknada te zahvaćanje, financiranje i opskrbu vodom. U prosjeku jedno komunalno društvo opskrbljuje vodom oko 53,000 stanovnika [10]. Najviše je komunalnih društava u Osječko-baranjskoj, potom u Dubrovačko-neretvanskoj i Splitsko-dalmatinska, dok u Međimurskoj županiji postoji jedno komunalno društvo. Broj stanovnika koje poslužuje jedno komunalno društvo kreće se od 7,700 u Ličko-senjskoj do 260,000 u Gradu Zagrebu. U Ličko-senjskoj županiji broj stanovnika po komunalnom društvu pet je puta manji od prosjeka Hrvatske [10].

Prema podacima za 2006. godinu, prosječan gubitak vode (neprihodovana voda) u javnim vodoopskrbnim sustavima u Hrvatskoj iznosio je 40.0 [%], dok unazad zadnjih deset godina on iznosi nešto preko 200.0 milijuna [m^3 /godišnje], uz izuzetak 2008. godine kada je iznosio manje od 175.0 milijuna [m^3 /godišnje], a procijenjen je na osnovi podataka o



zahvaćenim i isporučenim količinama vode [1], [20]. Kreću se od rijetkih 10.0 [%] do 80.0 [%]. Najveći su gubici u postotku zahvaćene vode u Zadarskoj, Šibensko-kninskoj, Karlovačkoj, Splitsko-dalmatinskoj, Brodsko-posavskoj, Krapinsko-zagorskoj, Dubrovačko-neretvanskoj županiji i Gradu Zagrebu. U Zadarskoj, Šibensko-kninskoj Brodsko-posavskoj i Karlovačkoj županiji gubici vode u milijunima kuna veći su od iznosa prikupljenog naplatom cijene vode. U Splitsko-dalmatinskoj županiji i Gradu Zagrebu prikupljeni prihodi gotovo su jednaki iznosu gubitaka. Ukupni gubici za 2005. godinu iznosili su gotovo 2.1 milijardu kuna., što je čak 0.9 [%] BDP-a za 2005. godinu. Prosječan gubitak po županiji je 100 milijuna kuna godišnje [10]. Dodatno, u Hrvatskoj postoji i nekoliko stotina lokalnih vodovoda (bez vodopravne dozvole i koncesije) na kojima ne postoji niti adekvatno praćenje stanja kakvoće, a kamoli stanja gubitaka.

Situacija u Hrvatskoj može se preslikati i na svjetske okvire. Svjetska banka drži da bi nenaplaćena voda trebala biti manja od 25.0 [%], dok druge organizacije smatraju taj nivo manjim od 15.0 [%]. Postoje zemlje kod kojih neprihodovana voda ne prelazi 10.0 [%] (Njemačka, Danska, Japan, Novi Zeland, Malta), ili je identična Hrvatskom prosjeku (Italija 42.0 [%]), pa sve do azijskih i afričkih zemalja gdje prelazi 60.0 [%]. Figurira podatak da u nigerijskom gradu Lagosu neprihodovana voda iznosi čak 90.0 [%] zahvaćene vode [12]. Prema procjeni Svjetske banke, godišnja količina neprihodovane vode vodoopskrbnih sustava u svijetu iznosi 48.6 milijardi kubičnih metara, ili u monetarnoj jedinici američkog dolara, 14.6 milijardi, godišnje [11].

Dostupni podaci o neprihodovanoj vodi iskazani kao postotak od zahvaćene vode često variraju od izvora do izvora i često se odnose na podatke stare deset godina i više. Sve objavljene podatke treba uzeti s određenom rezervom, budući da se često radi o procjenama, teško je ocijeniti njihovu pouzdanost. Noviji i pouzdaniji podaci iskazani preko ILI indikatora, na temelju stvarnih studija smanjenja gubitaka pojedinih zemalja, daju preciznije podatke čije su prosječne vrijednosti prema dostupnim podacima dane u tablici 3 [13], [14], [15], [16].

Tablica 3. Prosječne vrijednosti ILI indikatora za neke zemlje

DRŽAVA	SREDNJA VRIJEDNOST ILI INDIKATORA
England / Wales	2,58
SAD / Kanada	4,90
Australia	2,99
Novi Zeland	< 2.0
Južnoafrička Republika	6,26
Italija	> 4.0
Vietnam	79
Indonezija	31
Šri Lanka	39
Kolumbija	8,7
Južna Korea	12,5
Srbija	10,8



4. Preporuke za smanjenje stvarnih gubitaka

Optimalno upravljanje gubicima vode u vodoopskrbnom sustavu znači uvođenje rješenja koja će brzo i učinkovito s minimalnim novčanim ulaganjima osigurati smanjenje gubitaka, te omogućiti kanaliziranje ostvarenih ušteda na daljnje aktivnosti smanjenja gubitaka i postizanje ekonomskog nivoa gubitaka ili druge prioritete aktivnosti.

Prvi korak k smanjenju gubitaka i optimalnom upravljanju je promjena politike rukovođenja iz stanja „inercije“ u stanje „aktivacije“, tj. prihvaćanje i razumijevanje problematike gubitaka, nakon čega slijedi izrada strategije ili barem plana smanjenja gubitaka uz osiguranje novčanih sredstava za izvršenje definiranih osnovnih aktivnosti. Katalizator ovih promjena u svjetskoj praksi bila je privatizacija vodoopskrbnih tvrtki kojima je jedini cilj bio racionaliziranje rashoda i povećanje profita, dok u hrvatskim okvirima još uvijek neekonomski cijena karakterizira vodu kao „zdravo za gotovo“. Sljedeći korak obuhvaća detaljan uvid u materijalnu i administrativnu infrastrukturu vodoopskrbnog sustava, uz utvrđivanje postojeće funkcionalnosti i proizvodnih troškova sustava, za što je nužno osiguranje novih, točnih situacijskih prikaza i planova sustava, te njegovih komponenti. Mediji na kojemu vodoopskrbne tvrtke drže svoje planove jako variraju, od zadnjeg računalnog iskoraka u vidu geografskog informacijskog sustava (GIS), najnovijih papirnatih planova i sustava s najnovijom slikom u „nečijoj glavi“, do sustava o kojem „nitko ne zna gdje je što“. Prvenstveno je bitno raspolagati ažuriranim podacima, tj. bazom podataka o postojećem stanju sustava kako bi se omogućio uvid u postojeće/zatečeno stanje sustava. Stoga se preferira sakupljanje svih aktualnih podataka u vidu GIS baze podataka koja je u današnje vrijeme kompatibilna s raznim računalnim programima i omogućuje analize za donošenje daljnjih odluka za upravljanje sustavom. Dodatno, na tržištu računalnih programa postoje besplatni GIS programi koji u potpunosti omogućuju kreiranje, održavanje i analiziranje baza podataka. Nakon formiranja i analize detaljne aktualne baze podataka slijedi podjela sustava na samostalne zone (dijelove) po kojim se vrši bilanca vode. Cilj zoniranja sustava je detaljnija kontrola sustava i izdvajanje zona sustava s najvećim gubicima kako bi se odredili dijelovi sustava nad kojima će se izvršiti prve aktivnosti smanjenja gubitaka ili osiguranja redovite opskrbe. Vrlo je bitno dobro odrediti veličinu, a samim tim i ukupan broj zona. Veličina zone ovisit će o demografsko-topografskim karakteristikama vodoopskrbnog sustava, tj. gustoći naseljenosti, odnosno broju priključaka, karakteru potrošača i ukupnoj duljini mreže po pojedinoj zoni. Dodatno, za vodoopskrbne sustave slabe ekonomske moći s izraženim gubicima vode, bitan je i ekonomski parametar prema kojem optimalan broj zona neće moći biti uspostavljen uslijed potrebe kupnje dovoljnog broja mjernih uređaja, pa je moguće da kod detaljnog zoniranja sustava prvobitno ostvarene uštede ne kompenziraju sredstva uložena za nabavu potrebne opreme. U tom slučaju veličina i broj mjernih zona može se utvrditi i hidrauličkim kriterijem. Kao vrlo efikasan alat za određivanje zona može poslužiti matematički (preferira se numerički) model vodoopskrbnog sustava, koji čak ne treba biti kalibriran, a koji će dati



dovoljno dobru sliku karakteristika hidrauličkih parametara na temelju koje se mogu utvrditi mjerne zone.

Slijedi eventualno potrebna administrativna reorganizacija i uspostava visoko profesionaliziranog tima i komandnog centra u vidu dovoljnog broja ljudi i prostorija za nadzor, kontrolu i upravljanje kao i uspostavu automatskog telemetrijskog sustava za daljinski nadzor i upravljanje interesnih parametara sustava uz automatsku obradu podataka bilance vode po uspostavljenim mjernim zonama. Dodatno je potrebno voditi statističku evidenciju o svim vrstama i lokacijama oštećenja cjevovoda i armatura. Ukoliko nije moguća uspostava telemetrijskog sustava potrebno je na dnevnoj bazi vršiti očitavanja kumulativnog protoka na granicama zona pomoću unaprijed definiranih papirnatih obrazaca koji će olakšati unos podataka i smanjiti mogućnost greške. Potom je potrebno očitavanja obraditi u centru i izvršiti dnevnu bilancu vode s ciljem praćenja eventualnog povećanja razlike ulaza i izlaza u zoni. Naglašava se da na ovaj način, u slučaju uočene povećane razlike, dolazi do povećanja vremena uočavanja nastanka novog gubitka za jedan dan, jer se izvršena očitavanja odnose uvijek na prethodni dan, ali što je svejedno bolje od kvarova koji se uoče nakon nekoliko mjeseci ili nikad. Čest je slučaj da vodoopskrbne tvrtke nemaju aktivni nadzor nad zonama i nisu svjesna koliko se godišnja količina stvarnih gubitaka može smanjiti smanjenjem vremena uočavanja kvara, nego se saniranje puknuća obavlja po dojavi, najčešće korisnika. Takav pasivni pristup koji je praksa u našim okvirima ne može smanjiti količinu gubitaka, a dodatni faktor predstavlja činjenica da velika oštećenja i puknuća, budući da su ona i površinski uočljiva, ne generiraju velike količine gubitka već manja istjecanja koja često nikad nisu registrirana. Stoga je aktivno praćenje glavni uvjet za ograničenje vremena uočavanja kvara. Vrijeme lociranja istjecanja može se smanjiti formiranjem tima kojem se treba osigurati utreniranost, motiviranost i opremljenost (preferirah es upotreba korelatora ispred mehaničke i akustične opreme), a ovisit će o broju dostupnog osoblja za detekciju i popravak.

Ovakav pristup aktivne kontrole iziskuje osiguranje znatnih novčanih sredstava (ovisno o primijenjenom sustavu) za građevinske i moneterske radove, tekuće troškove pogona te naknadu za korištenje radijske frekvencije, a koji najčešće nisu dio investicijskog plana uprave pojedinog poduzeća zbog „upitne“ djelotvornosti, te se teško i rijetko uvode u okvire gospodarenja vodom u Republici Hrvatskoj. Glavna karakteristika vodoopskrbnih sustava u Republici Hrvatskoj je dugogodišnje zaostajanje u aktivnostima i financijskom ulaganju na programu smanjenja gubitaka što zahtjeva naknadnu višegodišnju i mukotrpnu aktivnost kako bi se došlo do ohrabrujućih rezultata. U tom slučaju djelomično učinkovit bit će i vizualan pregled hidranata, zasunskih okana, vodosprema i dostupnih kućnih priključaka, a minimalno bi trebalo uspostaviti raspored akustičnog pregleda zona uz kartiranje šuma kako bi se mogle pratiti promjene u šumu i uspoređivati s drugim zonama.



Kontrola tlaka jedan je od najosnovnijih i najučinkovitijih oblika smanjenja stvarnih gubitaka i samim tim optimizacije sustava koja u mnogim slučajevima pruža brzu isplativost uz minimalne investicije. Izvršava se ugradnjom automatskih kontrolnih ventila na ulazu u definirane zone, na način da se maksimalno racionalizira njihov broj. Redukcija tlaka postiže se na principu lokalnog hidrauličkog gubitka postavljanjem veće ili manje napetosti na kontrolnu oprugu čime se mijenja matični položaj pilota i ventil se otvara ili zatvara. Dugo vremena je zanemarivana kao metoda za smanjenje gubitaka uslijed nerazumijevanja odnosa tlaka i istjecanja iz pukotine na cijevi (veći tlaka – veći protok). Količina i učestalost nastajanja novih istjecanja također se znatno smanjuju redukcijom i stabilizacijom tlaka, pri čemu se ostvaruje ušteda vode. Postoje sustavi koji ne mogu tolerirati smanjenje tlaka stoga trebaju poduzeti mjere održanja tlaka i ne dopustiti znatne varijacije tlaka u kratkom vremenu, ali većina ih upravlja sustavom s tlakom većim od potrebnog. Pojava većih tlakova unutar cjevovodne mreže, što je inače karakteristično za noćni režim s minimalnom potrošnjom vode, može dovesti do oštećenja cjevovoda. Osim navedenog, svako povećanje tlaka u iznosu većem od potrebnog (zadovoljenja tehničke ispravnosti sustava) uzrokuje dodatne gubitke vode na postojećim oštećenjima. Utjecaj tlaka na veličinu istjecanja (curenja) vode u današnje vrijeme se može kvalitetno definirati koristeći FAVAD metodu [18] (eng. Fixed and Variable Area of Discharge Paths) pomoću koje je definirana ovisnost veličine istjecanja o povećanju ili smanjenju tlaka unutar sustava (pojedine dionice). Jednostavnija primjena FAVAD metode je uz korištenje $N1$ eksponenta:

$$L_1 = L_0 \cdot \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

gdje je „ L_1 “ novi iznos gubitka (istjecanja) nakon promjene tlaka, [l/s], „ L_0 “ početni iznos gubitka (istjecanja) prije promjene tlaka, [l/s], „ P_1 “ novi iznos tlaka nakon promjene, [bar], „ P_0 “ početni iznos tlaka prije promjene, [bar]. Eksponent $N1$ uobičajeno varira unutar raspona 0.5 do 1.5 za pojedinačne zone, i nalazi se u ovisnosti o prevladavajućem tipu pukotina, te vrsti cijevnih materijala (da li su cijevi krute ili elastične). Određuje se u vremenu minimalne potrošnje (noćni režim) u kojem se tlak na ulazu u zonu smanjuje nekoliko puta pri čemu se mjere protoci u zoni te se nakon odvajanje noćne potrošnje uspostavlja veza između količine gubitka (istjecanja) i tlaka. Često se pretpostavlja (zbog jednostavnosti) da prosječna vrijednost $N1$ u velikim sustavima s različitim materijalima cjevovoda iznosi 1.0 podrazumijevajući linearnu vezu između veličine gubitka (curenja) i tlaka. Međutim, za veći udio krutih materijala (AC, LŽ) vrijednost $N1$ eksponenta se približava vrijednosti 0.5, dok se kod većeg udjela plastičnih cijevi (PVC, PEHD, PP) vrijednost $N1$ eksponenta približava 1.5 jer je plastični materija osjetljiviji na promjene tlaka. Regulacija tlaka izuzetno je bitna jer budući da se najveći dio gubitaka generira na kućnim priključcima, koji su redovito izvedeni materijalima manje kvalitete, očigledno će smanjenje tlaka uzrokovati smanjenu učestalost pojavljivanja novih kvarova.



Uvođenje numeričkog modeliranja je mjera koja uz minimalne investicije, koje uključuju samo obuku djelatnika (dovoljno i samo jednog), budući da postoje besplatni računalni programi ovakve vrste koji u potpunosti mogu izvršiti sva osnovna hidraulička ispitivanja, može rezultirati uvođenjem upravljačkih scenarija objekata u sustavu koji će rezultirati uštedama vode i energije. Uz provedenu kalibraciju temeljem terenskih mjerenja protoka i tlaka moguće je ispitivanje realnih stanja protoka i tlakova unutar vodoopskrbne mreže za predviđene razne varijante regulacije tlaka, ispitivanje različitih režima rada crpnih postrojenja (optimiziranje rada crpki u sustavu radi postizanja punjenja vodosprema u noćnim satima), valorizacija predviđenih proširenja sustava, nadogradnji ili izgradnji novih objekata, a osim mogućnosti hidrauličkog proračuna moguća je i analiza kvalitete vode i proračuna utroška električne energije. Dodatno, u vidu optimizacije sustava, moguće je modelirati i stvarne gubitke vode, kao i ispitati utjecaj smanjenja gubitaka na promjenu hidrauličkih parametara, te kvantificiranje ekonomskog potencijala od ostvarenih energetske ušteda. U naprednijim sustavima moguće je povezivanje numeričkog modela s telemetrijskim sustavom i GIS bazom kako bi se u trenu izvršile simulacije aktualnih stanja i pri tome pomogle u daljnjem odlučivanju. Mogućnost konstantnog nadograđivanja matematičkog modela doprinosi njegovoj trajnoj vrijednosti, a njegov potencijal izuzetno korisnim i efikasnim alatom upravljanja sustavom. Uvođenje ovakvog pristupa, kao i njegovi tekući troškovi (plaća djelatnika) mogu se višestruko isplatiti nakon implementacije rješenja ispitanih na numeričkom modelu. U današnje vrijeme raspoloživosti matematičkih modela i njihove lake dostupnosti te jednostavnosti primjene, svaki drugačiji oblik analize i utvrđivanja postojećeg stanja na temelju kojega bi se trebale definirati mjere optimalizacije sustava smatra se neprihvatljivim.

Kvaliteta materijala i izrade dva su glavna utjecajna faktora na kvalitetu popravaka što ima značajnu ulogu u ukupnoj kontroli, jer uslijed loše izvedbe i lošeg materijala, postoje velike šanse ponovnog pojavljivanja istjecanja na mjestu popravka. Dugogodišnja praksa hrvatski vodoopskrbnih poduzeća pokazala je da s aspekta loma cijevi najveću otpornost imaju cijevi od nodularnog lijeva, te se preferiraju pri izvedbi sanacija. Također je potrebno provesti osposobljavanje djelatnika za provođenje svih predviđenih mjera, vođenje bilance prema IWA metodologiji, upotrebu opreme, te naročito osposobljavanje za numeričko modeliranje.

5. Zaključak

Bez adekvatne bilance količina podzemne vode teško možemo govoriti o bogatstvu Hrvatske vodom u kontekstu vodoopskrbnih količina, te takav argument više ne može biti izlika za ne rješavanje gubitaka vode u vodoopskrbnim sustavima.

Kako je prema Zakonu o vodama sva voda opće dobro, te kao takva ima osobitu zaštitu Republike Hrvatske, potrebno je na državnoj razini inicirati promjene uvođenjem regulative koja će zaštititi državni interes i spriječiti neracionalno korištenje resursa vode, te uvesti parametar učinkovitosti vodoopskrbe, odnosno ekonomskog upravljanja vodovodom



prilikom izdavanja koncesija, a kojim će se kažnjavati svi distributeri s gubicima iznad definiranog dopuštenog praga. Takva nacionalna politika, kao i upravljanje vodoopskrbnih poduzeća, treba imati stalan karakter i ne smije ovisiti o promjeni političkih snaga. Također treba uvesti zakonske mjere kojima će se od vodovoda zahtijevati izdavanje izvještaja o svojim gubicima vode, te izvršiti reviziju objavljenih bilanci uz uvođenje jedinstvenih i unificiranih pokazatelja stanja sustava. Upravo u tome može poslužiti izložena IWA metodologija koja će preko bezdimenzionalnog ILI indikatora omogućiti uvid u stanje pojedinog vodoopskrbnog sustava i njegovu eventualnu usporedbu s drugim sustavima. Ista metodologija, budući da je svjetski priznata i prihvaćena, može se predložiti kao smjernica za smanjenje gubitaka i opće gospodarenje vodoopskrbnim sustavom. Naravno da pojedine metode neće biti primjenjive u hrvatskim okvirima, ali se uvijek može pribjeći jednostavnijim i ekonomičnijim rješenjima koje će dati zadovoljavajuće rezultate. Također je potrebno raditi na njenom proširenju i uvođenju novih metoda poput numeričkog modeliranja i uvođenje u obzir gubitka vode nakon vodomjera kućnog priključka.

Svakako je potrebno uvesti kontrolu na razini države u vodoopskrbe tvrtke i poticati smanjenje njihovog broja, tj. poticati udruživanje i osnivanje velikih, regionalnih tvrtki kako bi se uspostavili učinkovitiji sustavi, a što je moguće unutar postojeće zakonske regulative. Potrebno je dopuniti postojeće pravilnike i ostalu građevinsku regulativu u području vodoopskrbe kojom će se precizno definirati postupci u planiranju, projektiranju, građenju, nadzoru i održavanju vodoopskrbnih sustava, uz posebnu kontrolu projektne dokumentacije, izvođenja radova i kvalitete ugrađenog materijalna.

Kao najbolji korektiv u potrošnji vode zasigurno je njena cijena i svijest o njenoj važnosti i ograničenosti, stoga je poželjno senzibiliziranje javnosti o važnosti i ograničenosti vode putem medija, te uvesti programe i tarife koje stimuliraju štednju vode. Pozitivan korak u rješavanju gubitaka je odredba Zakona o financiranju vodnog gospodarstva (NN 153/09) koja stupa na snagu 1.1. 2015. godine prema kojoj je osnovica za obračun naknade za korištenje voda količina zahvaćene vode, a ne fakturirane kao što je karakteristika postojeće prakse. Uvođenje ovakvih mjera primorat će vodoopskrbne tvrtke da s ciljem smanjenja rashoda racionaliziraju gubitke uz postizanje ekonomskog nivoa gubitaka.

6. Literatura

- [1] Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, ožujak 2009., (ISBN 978-953-7672-00-3),
- [2] Mayer, D.: Zalihe pitkih voda u Republici Hrvatskoj; Rudarsko-geološko-naftni zbornik; vol 8. Str. 27-35; Zagreb; 1996. (UDK 663.6:628.17:339.6(497.13)),
- [3] Gereš, D.: Water resources in Croatia; International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Dubrovnik, Croatia, 14-19 September 1998.
- [4] Bonacci, O.: Koliko je Hrvatska stvarno bogata vodom; Gospodarstvo i okoliš, 71/2004; mtg topgraf d.o.o., Velika Gorica; 2004. (ISSN 1330-1152),



- [5] Review of World Water Resources by Country; Organizacija za prehranu i poljoprivredu pri Ujedinjenim Narodima; Rim; 2003. (ISBN 92-5-104899-1)
- [6] <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>
- [7] Gereš, D.; Održivo iskorištavanje vode u Hrvatskoj i Europi; Građevinar, 54, str. 356-353, (UDK 628.1.001.03), 2002.
- [8] Kovač, J.: Uvod u IWA WLTF metodologiju analize gubitaka vode; u zborniku radova Gubici vode u vodoopskrbi i odvodnji; str. 57 – 65; Hrvatska grupacija vodovoda i kanalizacija, Hrvatske vode, Hrvatski savez građevinskih inženjera; 2007. (ISBN 978-953-98665-4-6),
- [9] Thornton, J.; Sturm, R.; Kunkel, G.; Water Loss Control, 2nd edition; McGraw-Hill; 2008., (DOI: 10.1036/0071499180)
- [10] Bajo, A.; Filipović, B.; Učinkovitost opskrbe vodom u Hrvatskoj; Glasilo instituta za javne financije; br. 37, srpanj 2008., (ISSN: 1333-4263),
- [11] Kingdom, Bill; Liemberger, Roland; Marin, Philippe: The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries; Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series; paper No 8; December 2006.
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Non-revenue_water
- [13] McKenzie, R. ; Seago, C.; Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments; Water Science and Technology: Water Supply; Vol 5, No 1, pp 33–40; IWA Publishing; 2005.
- [14] Water Loss Guidelines by Allan Lambert for Water New Zealand; 2010.
- [15] Liemberger, R.; McKenzie, R.; Accuracy Limitations of the ILI - Is it an Appropriate Indicator for Developing Countries?; u zborniku radova Leakage 2005, Halifax; Kanada; 2005.
- [16] Garzón-Contreras, F.; Gómez-Otero, I.; Muñoz-Trochez, C.; Benchmarking of Leakage for Water Suppliers in Valle Del Cauca Region of Colombia; u zborniku radova Leakage 2005, Halifax; Kanada; 2005.
- [17] Radivojević, D.; Milićević, D.; Petrović, N.; Technical Performance Indicators, Iwa Best Practise for Water Mains and the First Steps in Serbia; FACTA UNIVERSITATIS, Architecture and Civil Engineering Vol. 5, No 2, 2007, pp. 115 – 124; University of Niš; Serbia; 2007. (UDC 556.06(083.74)(497.11)(045)=111),
- [18] Kovač, J.: Kontrola gubitaka vode kontrolom tlaka; u zborniku radova Gubici vode u vodoopskrbi i odvodnji; str. 171 – 177; Hrvatska grupacija vodovoda i kanalizacija, Hrvatske vode, Hrvatski savez građevinskih inženjera; 2007, (ISBN 978-953-98665-4-6),
- [19] Liemberger, R.; Brothers, K.; Lambert, A.; McKenzie, R.; Rizzo, A.; Waldron, T.; Water Loss Performance Indicators; u zborniku radova Waterloss 2007; Bukurešt; Rumunjska; 2007.
- [20] Statistički ljetopis Republike Hrvatske; Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske; 2010., (ISSN 1333-3305).



PRIMJENA GEOINFORMACIJSKIH SUSTAVA U ODRŽAVANJU I RAZVOJU DISTRIBUCIJSKE PLINOVODNE MREŽE

Application of geoinformation systems in the maintenance and development of distribution gas networks.

P. Viduka^{1,*}, D. Tutić², V. Skeledžija¹

¹HEP Plin d.o.o., Osijek, Hrvatska

²Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: predrag.viduka@hep.hr

Sažetak

U ovome radu nastojali smo prikazati mogućnosti uvođenja geoinformacijskih sustava u održavanju i razvoju distribucijske plinovodne mreže. Sam sustav ima velike prednosti pred klasičnim načinom vođenja evidencije, budući da objedinjuje grafički prikaz plinovoda i baze podataka koje su povezane sa njim. Uvođenjem ovakvog načina evidencije plinovodne mreže pojednostavio bi se način održavanja postojeće plinovodne mreže, kao i omogućilo lakše planiranje i razvoj buduće mreže.

Abstract

In this paper we have tried to show the possibility of introducing GIS systems in maintaining and developing the natural gas pipeline distribution network. The system great advantages over conventional methods of keeping records, since it combines the graphical representation of pipeline and database that are associated with it. Introducing this kind of record natural gas pipeline network to simplify the way maintenance of the existing natural gas pipeline network, and enable better planning and development of future networks.

Ključne riječi: geoinformacijski sustav, održavanje i projektiranje plinovoda.



1. Uvod

U vremenu sveopće informatizacije i načinu poimanja stvari, geoinformacijski sustav (GIS) se nameće kao nezamjenjiva poveznica u međusobnom odnosu prostora i zakonitosti koji se na tom prostoru događaju.

GIS je, u najstrožem smislu gledano, računalni sustav sposoban za integraciju, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje informacija, U općenitijem smislu GIS je "pametna karta" koja dopušta korisnicima stvaranje interaktivnih upita (istraživanja koja stvara korisnik), analiziranje prostornih informacija i uređivanje podataka.

Ovim radom nastojat ćemo prezentirati neke od mogućnosti GIS-a, kao i navesti sugestije vezano za modernizaciju evidencije katastra vodova.

2. ZAKONSKE OSNOVE O VOĐENJU EVIDENCIJE KATASTRA VODOVA

Podatke o katastru vodova dužni su u skladu sa Zakonom o državnoj izmjeri i katastru nekretnina osnovati i voditi njihovi upravitelji za vodove koji se nalaze u njihovim osnovnim sredstvima. Trenutno je u Republici Hrvatskoj na snazi i Zakon po kojem su jedinice lokalne samouprave nadležne za osnivanje i vođenje jedinstvene evidencije katastra svih vodova koji se nalaze na području dotične općine ili grada.

Za tehničko vođenje podataka katastra vodova većina firmi, kao i pojedine jedinice lokalne samouprave, koriste se nekim od softvera (npr. Autodesk MAP, ESRI-jev ARCGIS ili GE Smallworld CST). Obilježje svakog od navedenih softvera je da osim grafičkog dijela može implementirati i baze podataka u svojem sustavu, te na taj način omogućiti korištenje geoinformacijskih podataka (GIS-a) o pojedinom vodu.

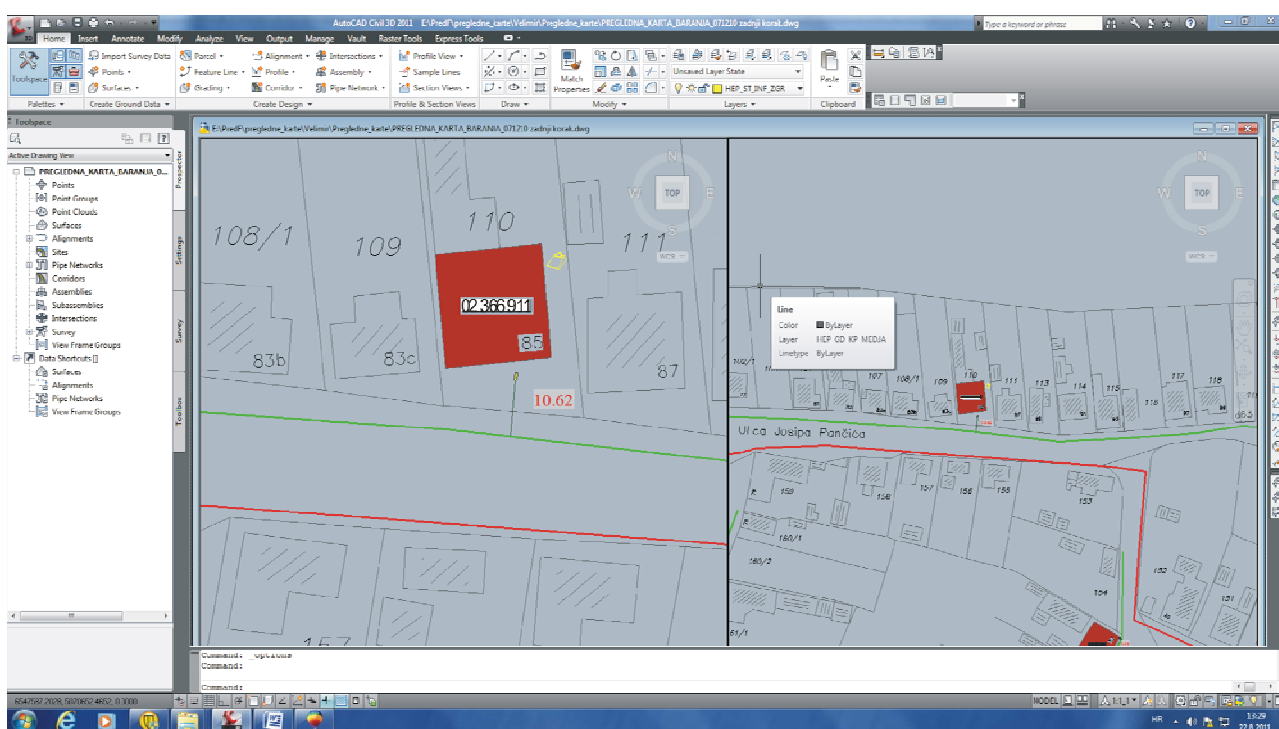
Sukladno važećim zakonima i propisima, djelatnost i vodovi elektroenergetske, telekomunikacijske, plinovodne i naftovodne mreže od interesa su za Republiku Hrvatsku, dok su djelatnosti i vodovi javne rasvjete, vodovodne, kanalizacijske i toplovodne mreže od interesa za lokalnu samoupravu, grad ili županiju.

Duljina vodova koji spadaju u kategoriju državnog interesa višestruko premašuje duljinu vodova koji su od interesa za lokalnu zajednicu. Ova konstatacija ujedno postavlja upitnim evidenciju o vodovima u lokalnoj zajednici u obimu kako je to propisano zakonom.

U situaciji, u kojoj se trenutno nalazimo, kada je vođenje evidencije o vodovima prepušteno lokalnoj samoupravi, postavlja se pitanje tko bi trebao uspostaviti integralni geoinformacijski sustav katastra vodova Republike Hrvatske, koji bi povezivanjem sa službenim bazama i prostornim podlogama državne izmjere i katastra nekretnina osigurao kvalitetnu evidenciju vodova, te državi i lokalnoj samoupravi omogućio racionalno upravljanje izgrađenom infrastrukturom. Budući da jedinice lokalne samouprave nemaju dostatna sredstva za primjereno vođenje katastra vodova treba nastojati iznaći nove zakonske okvire. Uspostavljanjem integralnog geoinformacijskog sustava katastra vodova Republike Hrvatske lokalna samouprava, upravitelji vodova, resorna ministarstva te Državna geodetska uprava imali bi višestruku korist, jer bi na jednom mjestu bilo moguće dobiti kvalitetnu informaciju o lokaciji svih evidentiranih vodova i njihovih pripadajućih objekata za cijelo područje Republike Hrvatske [1].

3. UVOĐENJE GIS-a U HEP PLIN D.O.O. OSIJEK

Početak rada u GIS-u vezan je zapravo uz sam AutoCAD, u kojem smo prije određenog niza godina nastojali iskartirati podatke o plinovodnoj mreži na podlogama sa kojima smo tada raspolagali. Bile su to u pravilu kopije planova na papiru ili pausu koje smo skenirali, geokodirali i na tim podlogama naknadno kartirali podatke o distribucijskoj plinovodnoj mreži. Za dio tih podataka nastojali smo u obliku atributa dodijeliti neka svojstva plinovodu (npr. promjer ili tlak u plinovodu), podatke o zatvaračima, o sakupljačima kondenzata, distribucijskim redukcijskim stanicama i slično. Na slici je prikazan dio podataka o priključnom plinovodu za jednog potrošača.



Slika 1. Prikaz dijela atributa o potrošaču

Težili smo ipak kvalitetnijim rješenjima i nastojali otići korak dalje u vođenja evidencije distribucijskog plinovoda. Kao logično rješenje nametalo se uvođenje GIS-a, kojim bi se omogućile analize koje nije bilo moguće provoditi pri klasičnom pristupu CAD-u u kojem su prostorni odnosi bili najvažniji.

Distribucijska plinovodna mreža po svojoj strukturi malo je specifična. U većini slučajeva mreža plinovoda je radijalnog tipa - tj. mreža se razvija od jednog voda, u pravilu većeg promjera, prema periferiji, u obliku razgranatog stabla, s vodovima manjeg promjera. Radi međusobnih odnosa pojedinih dijelova distribucijske plinovodne mreže treba definirati prostorni položaj mreže, ali i objekata na njoj (zatvarači, distribucijske redukcijske stanice, sakupljači kondenzata i sl.). Međusobni odnos objekata, ali i objektnih podataka, u prostoru definira se topologijom. Općenito razlikujemo tri tipa topologije - čvornu, mrežnu i poligonsku topologiju.



Čvorna topologija definira međusobni odnos čvorova (točkastih objekata). Pri analizama čvorna se topologija često upotrebljava u kombinaciji s drugim topologijama (npr. čvorovi u mreži se definiraju točkama u prostoru, dok se spojevi između čvorova modeliraju linijama). Primjeri objekata u čvornoj topologiji su zatvarači, sakupljači kondenzata, ozračne cijevi na plinovodu i slično.

Mrežna topologija opisuje odnose u linearnoj mreži pomoću lukova i čvorova. Primjeri upotrebe mrežne topologije su kod modeliranja magistralnih i distribucijskih plinovoda, elektrodistribucijskih mreža, vodovodnih i kanalizacijskih mreža, ulica i slično.

Poligonska topologija određuje poligone koji predstavljaju zatvorena područja kao što su katastarske čestice, granice jedinica lokalne samouprave, županijske granice i slično. Zajednička granica susjednih područja definira se lukom. Poligonske topologije mogu sadržavati i čvorove, te centroide koji su nositelji informacija o poligonu [2].

Upotrebom topoloških podataka može se relativno brzo:

- definirati i analizirati odnose među prostornim podacima,
- istovremeno analizirati više podataka (ili uvjeta),
- formirati novu topologiju kombiniranjem više njih istovremeno.

Podaci koje smo pripremali za GIS prikupljeni su u dva osnovna tipa : rasterskom (podloge i razna tehnička dokumentacija), te vektorskom (plinovodna mreža, distribucijske redukcijske stanice i slično). Svaki od tih tipova podataka imaju svoje prednosti i nedostatke. Sam tip zapisa bitno određuje mogućnost primjene tih podataka unutar sustava.

Tip rasterskih podataka sastoji se od redova i stupaca - pravilnih ćelija organiziranih u matricu gdje se u svakoj ćeliji sprema pojedinačna vrijednost (npr. skenirani listovi katastarskih planova). Razlučivost rasterskog skupa podataka je veličina ćelije u zemljišnim jedinicama - npr. jedna ćelija rasterske slike predstavlja kvadrat čije su stranice jedan metar na zemlji. Rasterski tip zapisa zahtijeva više mjesta za spremanje podataka na računalu nego kada su isti u vektorskom obliku.

Tip vektorskih podataka za prikaz objekata koristi geometriju poput točaka, linija ili poligona. Primjeri uključuju granice katastarskih čestica, lomne točke plinovoda, zatvarače, sakupljače kondenzata i slično.

Tehnologija GIS-a razvila se iz dva neovisna područja: sa jedne strane digitalna kartografija i CAD alati, a sa druge sustavi za upravljanje bazama podataka (npr. Oracle). Ključ za uspostavu tehnologije za potrebe donošenja odluka je integracija tj. objedinjavanje tehnika prostornih analiza i digitalnih prostornih podataka, s računalnom tehnologijom [3].

Distribucijska plinovodna mreža također je vezana za prostor i međusobno je povezana s drugim objektima u tom prostoru (vodotoci, prometnice, TK kanalizacija i slično). Tradicionalni pristup modeliranja prostora pokazao se nedostatnim (karte, skice, matrice), te se GIS nameće kao rješenje u savladavanju svakodnevnih potreba za prostor.

GIS kao integralni sustav, a za potrebe kvalitetnog gospodarenja energentima (distribucijom plina), ima niz ciljeva:

- objedinjavanje višestrukih izvora prostornih podataka (grafički, numerički),
- objedinjavanje podataka o mrežama (visokotlačni i niskotlačni plinovodi),
- formiranje cjelovitih baza podataka,



- definiranje logičkih i topoloških pravila (relacija) između pojedinih elemenata u mreži,
- razvoj, projektiranje, upravljanje, nadzor i održavanje mreže energenata,
- povezivanje s drugim, vanjskim sustavima (katastar, adresni sustav, lokalna samouprava i slično.).

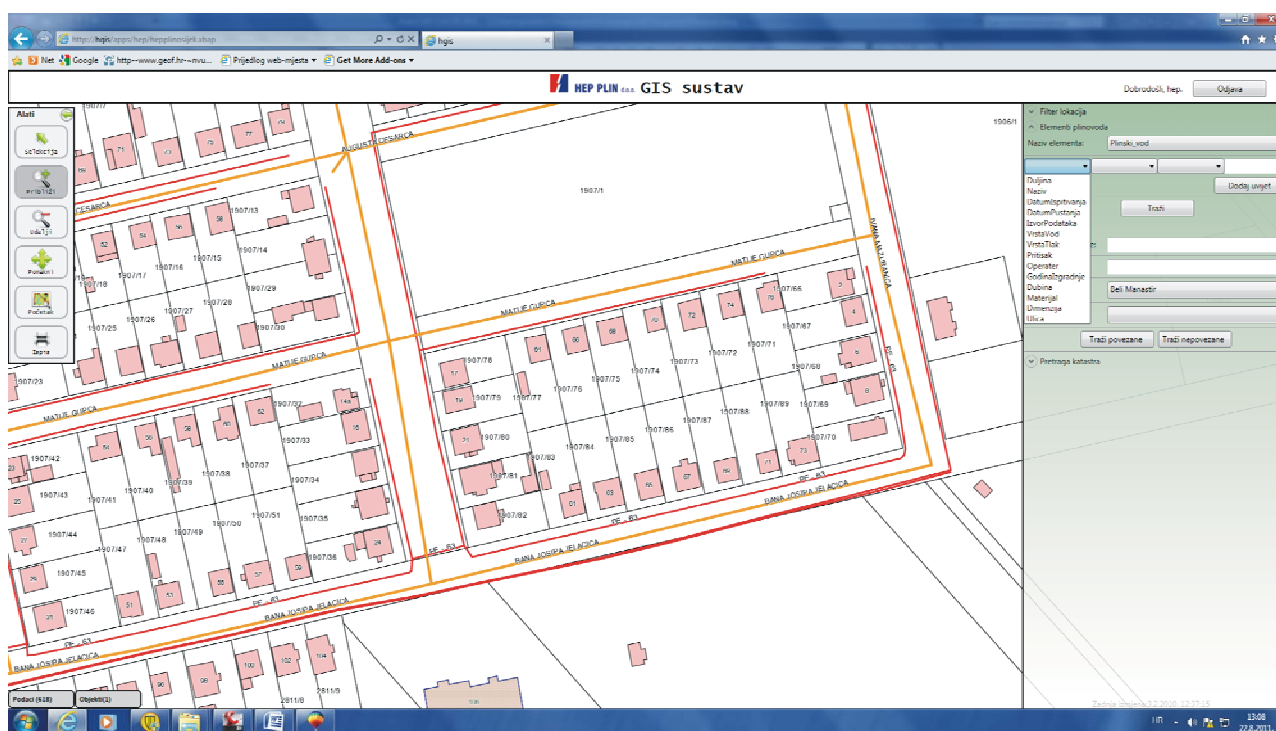
Treba nastojati izraditi model baze podataka za distribucijsku plinovodnu mrežu koji će definirati odnose između pojedinih elemenata mreže - topologiju (distribucijske redukcijske stanice, plinovode raznih promjera i tlaka, zatvarače i slično). Model baze podataka treba biti takav da se može nadograđivati, da može "komunicirati" s drugim sustavima, te podržavati standardne modele i funkcije. Navest ću samo neke od informacija vezanih za distribucijsku plinovodnu mrežu:

- planovi i karte (različitih mjerila),
- razne tablice kao pregled pojedinih dijelova mreže,
- razvojna projektna i izvedbena dokumentacija,
- elektronski grafički zapisi, npr. datoteke u formatu .dwg i .dxf,
- elektronski zapisi (mjerenja, proračuni, atesti).

Primarni zadatak bit će unos i održavanje baze podataka, koja je ujedno najopsežniji dio oko implementacije GIS-a u sustav distribucije plina. Također se treba voditi računa da se ostavi prostor da se svakom od navedenih elemenata dodjeli, ili naknadno pridruži, neko od izmijenjenih mu svojstava.

Direktna korist od GIS-a treba biti i mogućnost kreiranja izvješća po raznim kriterijima (alfanumeričkim ili grafičkim). Svaki element, ili skup elemenata, u bazi ima svoja grafička, atributna, logička i topološka obilježja. Također treba povezati svu dokumentaciju vezanu za neki objekt. Svaki od objekata može imati vezane različite skupove dokumenata kao na primjer: imovinsko-pravnu dokumentaciju, projektnu, izvedbenu, ateste, grafičke dokumente itd.

U HEP Plinu d.o.o. nastojali smo napraviti pilot projekt GIS-a na jednom dijelu distribucijske mreže. Sam model treba još dosta rada, a na ovoj slici navodimo samo jedan segment mogućnosti prikaza plinovodne mreže.



Slika 2. Grafički prikaz projekta uvođenja GIS-a u evidenciji distribucijske plinovodne mreže.

5. ZAKLJUČAK

Kao zaključak se nameće da je za kvalitetnu izradu i implementaciju GIS-a u sustav distribucijske plinovodne mreže potrebno odabrati kvalitetan model i softver, ali ključnu ulogu imaju obučeni i kvalitetni stručnjaci, kako bismo se mogli što primjerenije nositi s izazovima vremena u racionalnom gospodarenju tim dragocjenim energentom. Pri tome pod odabirom kvalitetnog modela i softvera podrazumijevamo takav skup alata koji će nakon unosa podataka omogućiti lakši i brži rad prema našim klijentima, pojednostaviti rad našoj dežurnoj službi, ali isto tako omogućiti jednostavnije planiranje i projektiranje naše nove mreže ili rekonstrukciju i održavanje već postojeće.

6. Literatura

- [1] Pacadi B., Krznarić N. (2010) : Katastar vodova - iz perspektive četrdeset godišnjeg iskustva. Zbornik radova sa 3. Simpozija ovlaštenih inženjera geodezije.
- [2] Lapaine M., Vučetić N., Tutić D. (2001) : Kartografija i AutoCAD Map. Skripta. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [3] Tutić D., Vučetić N. Lapaine M. (2002) : Uvod u GIS. Skripta. Geodetski fakultet Sveučilišta Zagrebu.



Analiza primjene trigeneracijskog sustava na primjeru novinske tiskare

Analysis of CCHP system application for a newspaper printing office – a case study

B. Delač*, B. Pavković, Z. Prelec

Tehnički fakultet u Rijeci, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: boris.delac@riteh.hr

Sažetak

U radu je predstavljena analiza sustava građevine pogonjenih električnom energijom ili prirodnim plinom na primjeru tiskare u Rijeci. Analiza uključuje primjenu plinskih kotlova, kompresijskih rashladnih uređaja i dizalica topline, apsorpcijskih rashladnih uređaja te sustava za istovremenu proizvodnju rashladne, ogrjevne i električne energije pogonjenih plinskom turbinom. Provedena je simulacija satnih vrijednosti potrošnje energije objekta i utvrđeno da odgovara izmjerenim vrijednostima. Profil godišnje potrošnje električne energije dobiven je i usvojen temeljem cjelogodišnjeg praćenja potrošnje električne energije. Detaljno su razmotrene tri varijante sustava. U prvoj varijanti analizirana je primjena plinskog kotla za grijanje te kompresijskog rashladnog uređaja za hlađenje uz kupnju električne energije iz elektrodistribucijske mreže. U drugoj varijanti analizirana je primjena kompresijske dizalice topline za grijanje i hlađenje, plinskog kotla za dopunsko grijanje, uz kupnju električne energije iz elektrodistribucijske mreže. U trećoj varijanti analizirana je primjena trigeneracijskog sustava koji se sastoji od kompresijske dizalice topline za grijanje i hlađenje, apsorpcijskog rashladnog uređaja također za hlađenje i generatora električne energije pogonjenog mikro turbinom. Pokazalo se da je što se godišnjih troškova pogona tiče, drugi sustav najpovoljniji, a temeljem spoznaja o troškovima gradnje sustava može se reći i da je sustav najpovoljniji što se tiče ukupnih troškova. Pokazano je da treći, trigeneracijski sustav nije najpovoljniji niti s gledišta potrošnje primarne energije, što ukazuje na potrebu da se preispita uvriježeno stajalište o potrebi poticanja korištenja kogeneracijskih i trigeneracijskih sustava za grijanje, hlađenje i opskrbu objekata električnom energijom.

Ključne riječi: Simulacija, Apsorpcijski rashladni uređaji, Kompresijski rashladni uređaji, Dizalice topline, Prirodni plin

Abstract

The paper presents analysis of building systems driven by electricity or natural gas for a newspaper printing office in Rijeka. Analyses comprise application of gas boilers, compression or absorption chillers and heat pumps and systems for simultaneous production of cooling, heating and electricity (CCHP) powered by gas turbine. In order to achieve hourly values of the system energy consumption necessary for comparison, energy consumption of the building has been evaluated on hourly basis and it has been



confirmed with measurement data. Field measurements of electric energy consumption for entire year have been performed and assumed as the basis for electric load profile. Three particular systems have been examined in details. First one consists of gas boiler for heating and compression heat pumps for cooling with electricity consumed from the distribution network. Second one consists of gas boiler and compression heat pump for heating and compression heat pumps for cooling with electricity consumed from the distribution network. The third one is CCHP system consisting of compression heat pumps, absorption chillers, electric generator powered by micro turbine. The simulation approved that the second analyzed system presents optimum choice when the annual operation costs are considered and according to authors' experience it can be stated that that is the most feasible system also when construction costs are taken into consideration. It is shown that a trigeneration system is not feasible from the viewpoint of primary energy consumption as well, which indicates that reconsideration of the common practice of supporting the use of cogeneration and trigeneration systems for heating, cooling and electricity supply is necessary.

Keywords: Simulation, Absorption chiller, Compression chiller, Heat pump, Natural gas

1. Uvod

U kompleksu jedne novinske tiskare u Rijeci tijekom cijele godine postoji potreba za većom količinom ogrjevnje, rashladne i električne energije. Iz tog razloga je prethodnom studijom [1] kojom je određen optimalan način proizvodnje rashladne energije provedena i gruba analiza primjene trigeneracijskih sustava sa apsorpcijskim rashladnim uređajima pogonjenim plinskim turbinama ili plinskim motorom. Navedena analiza uključivala je satnu simulaciju potrebnih toplina za grijanje i hlađenje objekta, ali kod ocjene isplativosti korištenja kogeneracijskog sustava korištene su mjesečne sume potrošnje ogrjevnje, rashladne i električne energije za grubu ocjenu isplativosti. Rezultati navedene analize nisu dali prednosti primjeni trigeneracijskog sustava naprama konvencionalnoj proizvodnji toplinske i rashladne energije.

U ovom radu provedena je detaljnija razrada, te energetska i ekonomska analiza sa satnom simulacijom potrošnje energije. Kao energenti su razmatrani električna energija i prirodni plin. Analiza uključuje primjenu plinskih kotlova, kompresijskih dizalica toplina i rashladnih uređaja, apsorpcijskih rashladnih uređaja te sustava za istovremenu proizvodnju rashladne, ogrjevnje i električne energije pogonjenih plinskom turbinom.

Tri koncepcije sustava detaljno su razmotrene i odabrano je najpovoljnije rješenje proizvodnje ogrjevnje, rashladne i električne energije.

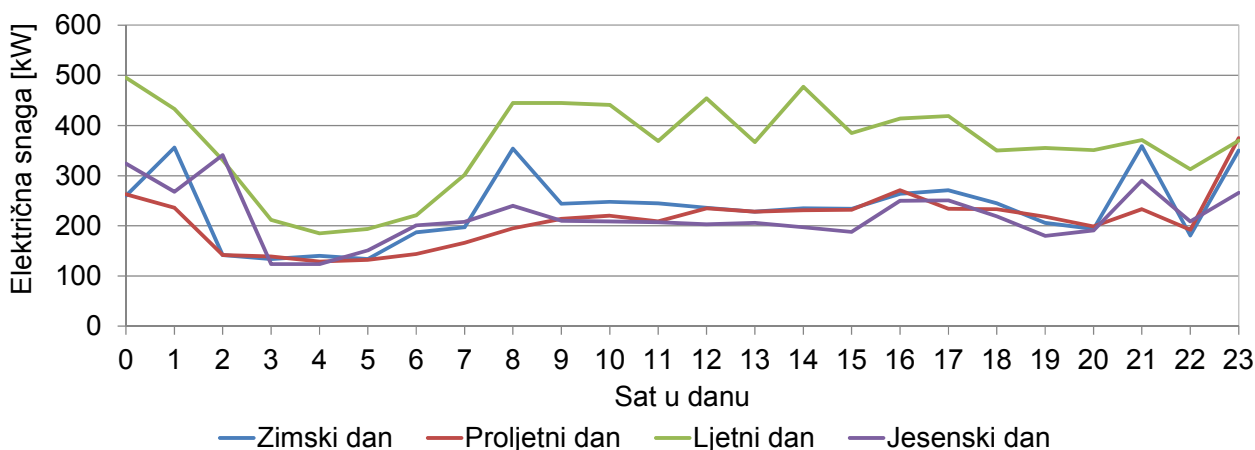
2. Simulacija potrošnje energenata

Kompleks tiskare sastoji se od uredskih prostora, skladišta i proizvodnog pogona rotacije. Toplinska energija koristi se tijekom zime za osnovno grijanje prostora dok je u ljetnim

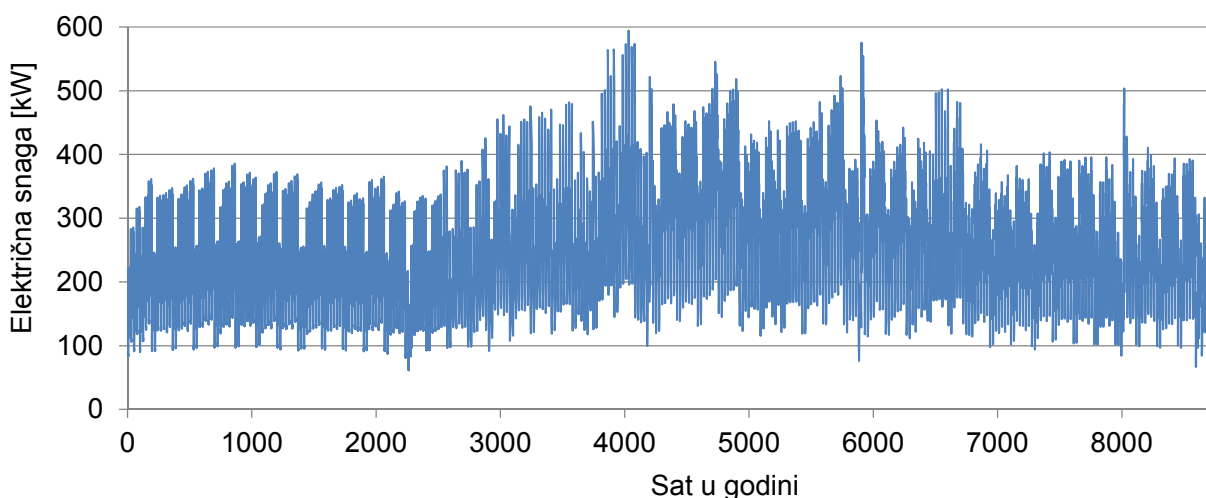
mjesecima potrebna određena količina toplinske energije za rad dogrijača klima komora. Osnovno hlađenje za pokrivanje toplinskih dobitaka tijekom ljetnih mjeseci predviđeno je u cijelom kompleksu tiskare dok je za prostor rotacije potrebno cjelogodišnje hlađenje zbog velike disipacije topline strojeva.

2.1 Električna energija

Električna energija dobavlja se iz elektrodistribucijske mreže i koristi se za pogon uredske opreme, rasvjetu, pogon rotacije, elektromotorne pogone te sustave hlađenja. Mjerenjem su dobiveni podaci o njejoj potrošnji za 2010. godinu kao i satne snimke za karakteristične dane u godini (zimski period, prijelazni period sa povremenim hlađenjem, ljetna klimatizacija). Korištenjem tih podataka kreirana je referentna godina satnih potrošnji električne energije. Ukupna godišnja potrošnja električne energije u kompleksu tiskare iznosi 2.105.886 kWh.



Slika 1. Dnevni tok potrošnje električne energije – zima, ljeto i prijelazno razdoblje

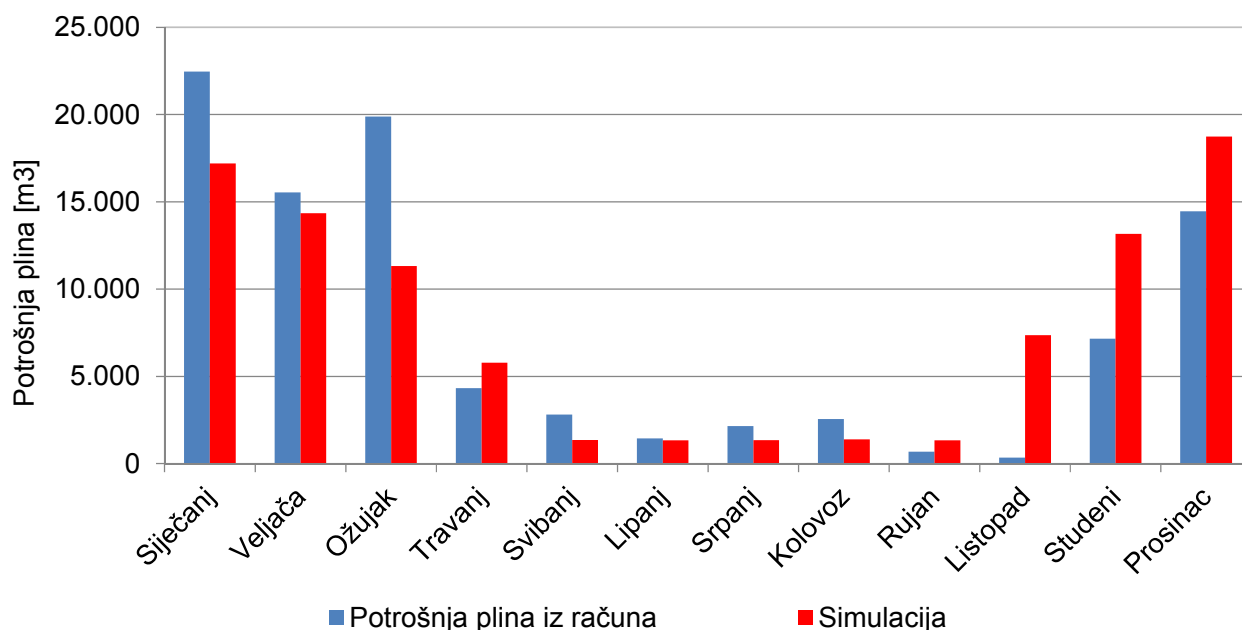


Slika 2. Godišnji tok potrošnje električne energije

Korisnik dobavlja električnu energiju iz elektrodistribucijske mreže, pripada u kategoriju poduzetništvo - niski napon te plaća električnu energiju prema crvenom tarifnom modelu. Cijena električne energije korištena u radu iznosi 0,6888 kn/kWh u višoj tarifi te 0,5535 kn/kWh u nižoj tarifi. Cijena angažirane radne snage iznosi 101,51 kn/kW. Sve izražene cijene uključuju PDV.

2.2 Energija za grijanje i hlađenje

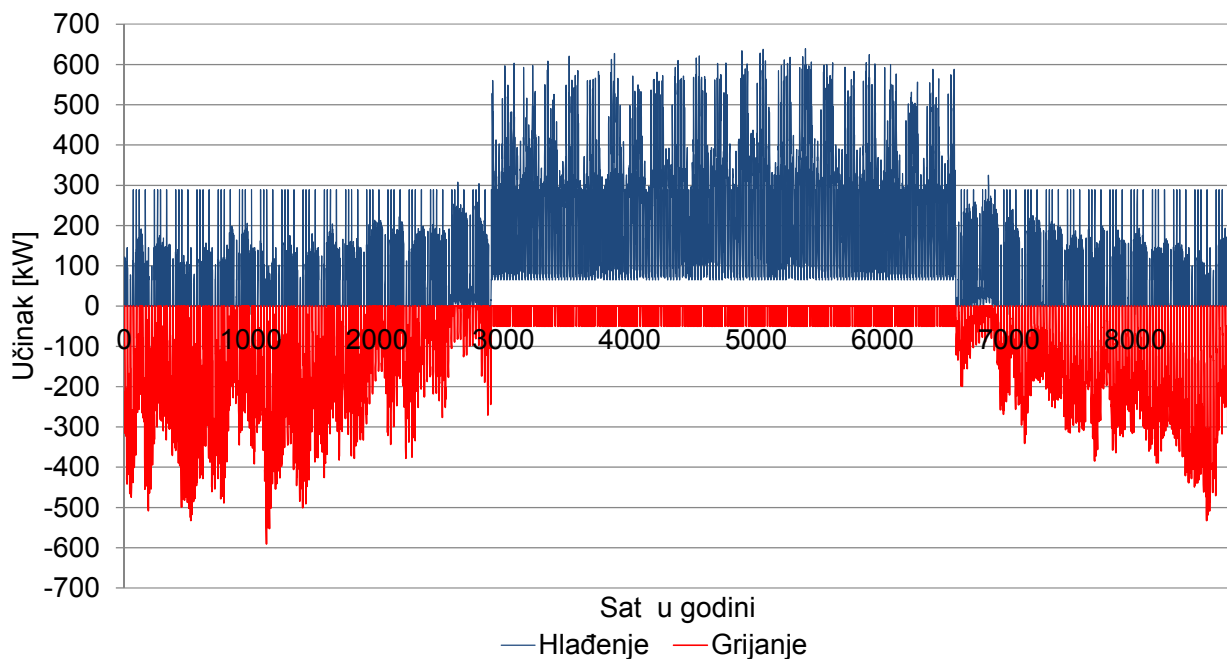
Modeliranje godišnje potrošnje energije za grijanje i hlađenje objekta provedeno je satnom simulacijom računalnim programom izrađenog od strane autora. Pri simulaciji je usvojen stvarni dnevni raspored vremena rada u objektu, fizikalne karakteristike ovojnice i orijentacija ploha, utjecaj vanjske temperature i sunčevog zračenja, rasvjeta i drugi unutarnji dobici energije, čime je dobiven tijek opterećenja ogrjevnog i rashladnog sustava. Potrebna godišnja toplina za grijanje objekta iznosi 798.036 kWh. Od strane korisnika dobivene su mjesečne potrošnje plina sa kojima su podaci dobiveni simulacijom uspoređeni i utvrđena je dobra podudarnost za režim grijanja.



Slika 3. Usporedba potrošnje plina za grijanje objekta – potrošnja prema računima za plin i potrošnja prema simulaciji autora

U nastavku je provedena simulacija rada kotlova pri čemu je potrošnja plina određena temeljem satne vrijednosti potrebne topline za grijanje, uz poznavanje donje ogrjevne vrijednosti plina ($H_d = 9,26 \text{ kWh/m}^3$) i trenutne vrijednosti stupnja djelovanja kotla, koji je određen iz srednjeg stupnja djelovanja kotla (za simulirani kotao $\eta_k = 0,92$), vremena pripravnosti za pogon, vremena rada plamenika i faktora gubitaka kotla kod pripravnosti (0,5%). Godišnja referentna potrošnja plina dobivena od strane korisnika iznosi 93.797 m^3 dok je potrošnja plina dobivena simulacijom rada kotlova 94.671 m^3 . Iako na mjesečnoj

bazi simulirani i podaci iz računa odstupaju zbog nedovoljno velikog uzorka za kreiranje referentne potrošnje plina, odstupanje na godišnjoj razini iznosi 1%. Cijena prirodnog plina koji se dobavlja od distribucijskog poduzeća iznosi 4,25 kn/m³ s uključenim PDV-om. Pri proračunu toplinskih dobitaka usvojeno je da sezona hlađenja uredskih i ostalih prostora traje od svibnja do rujna dok se prostor proizvodnog pogona rotacije hladi tijekom cijele godine. Godišnja potrebna toplina koju treba odvesti u cilju hlađenja prostora rotacije iznosi 691.725 kWh dok je za hlađenje uredskih i ostalih prostora potrebno godišnje odvesti 418.309 kWh. Maksimalni ogrjevni učinak koji se pojavljuje iznosi oko 600 kW dok je maksimalni rashladni učinak oko 640 kW.



Slika 4. Godišnji hod toplinskog i rashladnog opterećenja kompleksa tiskare za realne meteorološke uvjete u Rijeci

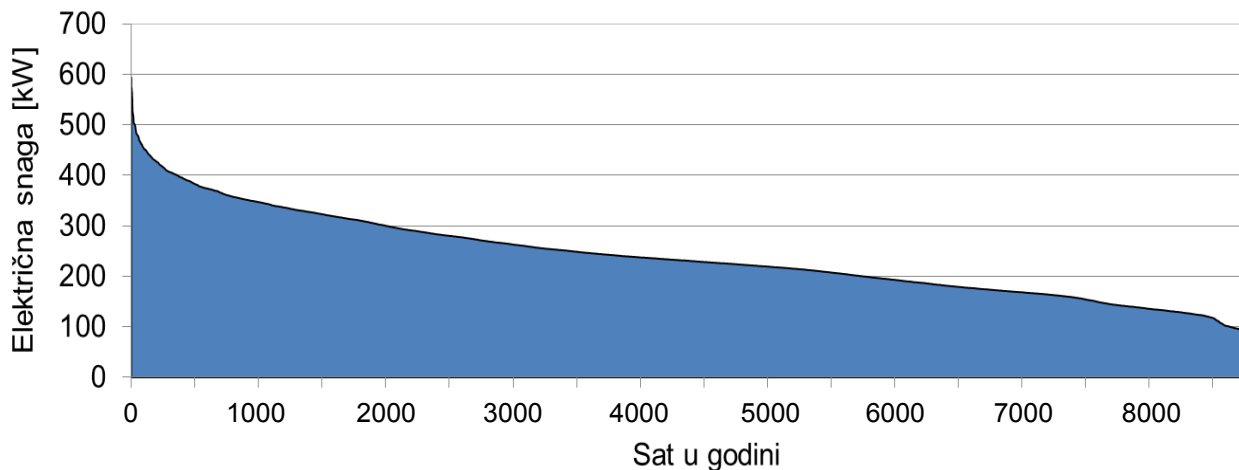
3. Ocjena bazne potrošnje električne i toplinske energije

Kogeneracijski i trigeneracijski sustavi rade najekonomičnije u slučaju kada postoji stalna, ujednačena i izbalansirana potreba toplinske i električne energije. Električni i ogrjevni učinak trigeneracijskog sustava treba odabrati tako da što veći broj sati tijekom godine trigeneracijski sustav radi punim kapacitetom, uz potrošnju sveukupne energije (ogrjevne, električne i rashladne) koju može proizvesti.

3.1 Električna energija

Procjena baznog električnog opterećenja izvršena je na temelju dijagrama satnih opterećenja tijekom godine prikazanog na slici 2 iz kojeg je vidljivo da je maksimalno registriranu električna snaga oko 600 kW, a minimalna oko 70 kW. Kada se vrijednosti potrošnje rasporede prema veličini i trajanju, dobiva se krivulja na slici 5, iz koje se može

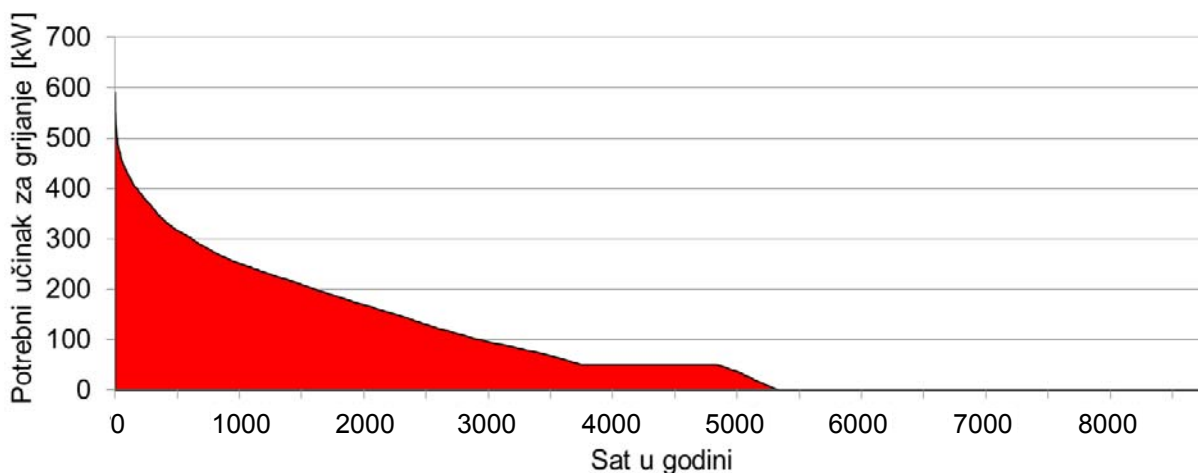
odrediti godišnje trajanje električnih opterećenja nižih od onih prikazanih na ordinati. Tako npr. opterećenje od 600 kW traje 1 sat godišnje, dok opterećenje više od 70 kW imamo tijekom svih 8760 sati. Površina ispod krivulje ekvivalentna je godišnjoj potrošnji električne energije. Minimalna bazna snaga tijekom godine može se ocijeniti na oko 100 kW.



Slika 5. Godišnja potrošnja električne energije

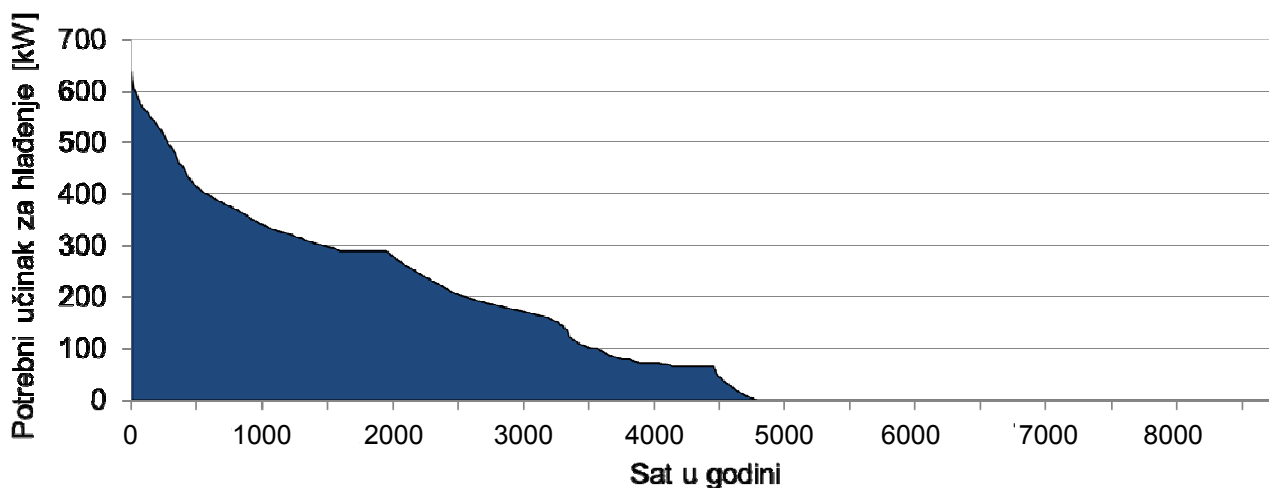
3.2. Toplinska energija

Satne potrebe za ogrjevnim učinkom mogu se slično kao i za električnu energiju prikazati za period cijele godine, raspoređene po veličini i vremenskom trajanju (slika 6). Površina ispod krivulje predstavlja potrebu toplinske energije kada bi svi sustavi za koje je potrebna toplinska energija radili neprekidno. Slično kao i kod prethodne krivulje, vidi se da se opterećenja veća od 250 kW javljaju tijekom 1000 sati godišnje. Kotlovi koji su ugrađeni u objektu od ranije su učinka 2 x 550 kW. Samo jedan kotao učinka 550 kW zadovoljava ustvari sve potrebe objekta (dvostruka rezerva učinka kotlova može se smatrati pretjeranom). Ekvivalentni broj sati rada jednog kotla učinka 550 kW je oko 1450 sati.



Slika 6. Trajanje potrebnog ogrjevnog učinka tijekom godine

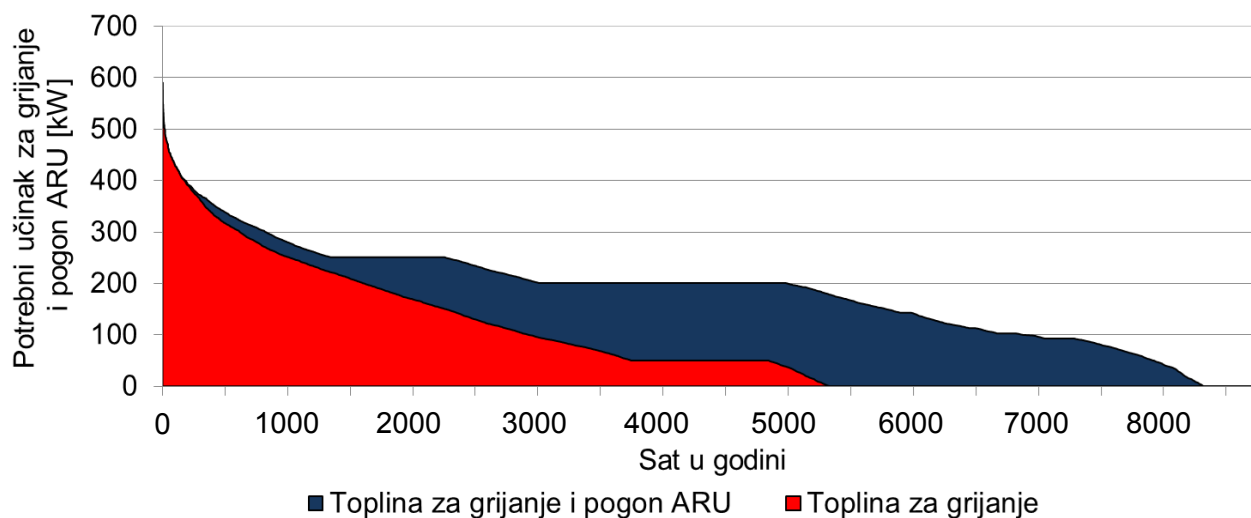
Na sličan način mogu se prikazati i satne potrebe za rashladnim učinkom pri čemu površina ispod krivulje (slika 7) prikazuje potrebu rashladne energije kada bi svi sustavi radili neprekidno. Podaci na slici 7 ukazuju na činjenicu da bi ekvivalentni broj sati rada rashladnog uređaja učinka 650 kW bio oko 1700 sati godišnje. Podaci sa slika 6 i 7 također ukazuju na činjenicu da se radi o objektu s izrazitim unutrašnjim izvorima topline koji u velikoj mjeri nadoknađuju toplinske gubitke.



Slika 7. Trajanje potrebnog rashladnog učinka tijekom godine

4. Trigeneracijski sustav

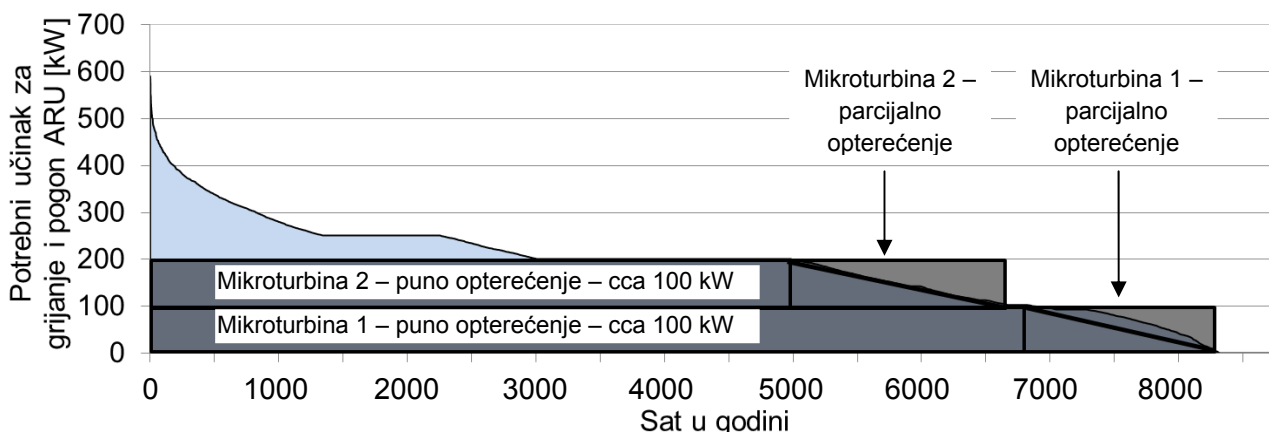
Korištenjem apsorpcijskih rashladnih uređaja produljuje se vrijeme ekonomičnog rada mikroturbine, jer ona može raditi i zimi i ljeti. Od ukupno 1.110.034 kWh potrebne rashladne energije radom apsorpcijskih rashladnih uređaja moglo bi se proizvesti 566.324 kWh za što je potrebno 809.034 kWh ogrjevne energije dok bi se preostalih 543.710 kWh rashladne energije proizvodilo radom kompresijskih rashladnih uređaja. Sumiranjem učestalosti potrebnih toplina za grijanje kompleksa i toplina za pogon apsorpcijskih rashladnih uređaja dobiva se krivulja prikazana na slici 8.



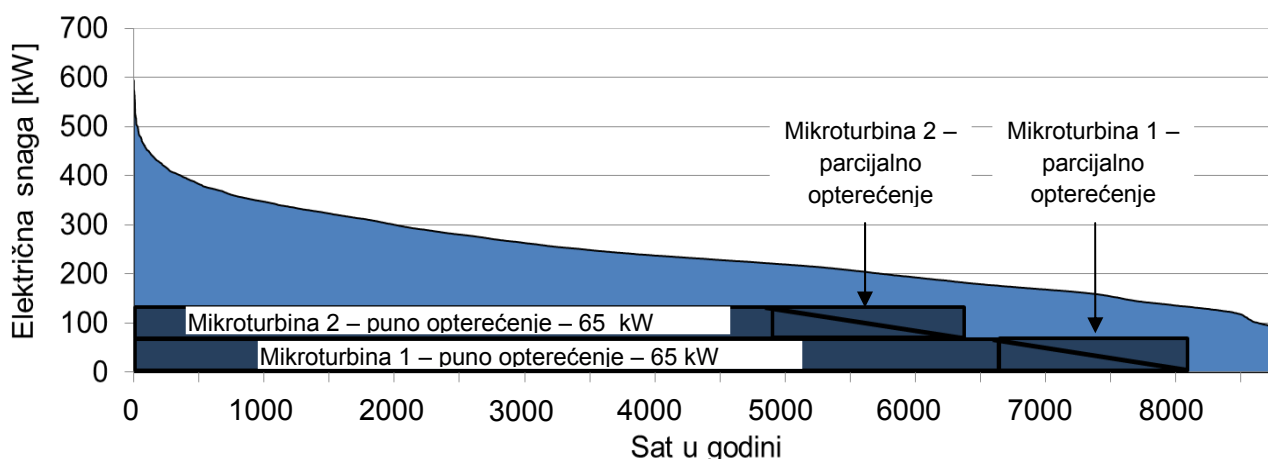
Slika 8. Trajanje potrebnog ogrjevnog učinka za grijanje i pogon ARU tijekom godine

U nastavku je analizirana primjena trigeneracijskog sustava složenog od dvije plinske mikroturbine i dva jednostupanjska apsorpcijska rashladna uređaja. Maksimalna električna snaga jedne mikroturbine iznosi 65 kW uz učinkovitosti proizvodnje električne energije 28%. Mikroturbina je opremljena izmjenjivačem topline dimni plinovi – voda maksimalnog učinka 115 kW (voda ulaz 83°C, voda izlaz 88°C). Ogrjevni učinak mikroturbine ovisan je o temperaturi vanjskog zraka i varira od oko 85 pa do 115 kW. Voda se grije u izmjenjivaču topline ispušnih plinova mikroturbine. Uz mikroturbine su predviđena dva jednostupanjska apsorpcijska rashladna uređaja pogonjena otpadnom toplinom. Uređaji su rashladnog učinka 70,3 kW svaki, konstruirani za rad sa smjesom vode i litijeva bromida, jednostupanjske izvedbe. Njihov faktor hlađenja ξ ima vrijednost oko 0,7 što znači da za rad jednog rashladnog uređaja 70,3 kW rashladnog učinka treba dovesti 100,4 kW ogrjevnog učinka. Ovakvim odabirom uređaja osigurano je da bilo kada kad je potreban rashladni učinak u tiskari manji od 140,6 kW, može koristiti otpadna toplina mikroturbine za pogon apsorpcijskih rashladnih uređaja.

Rad mikroturbina predviđen je na način da uređaji tijekom godine ostvare čim veći broj radnih sati uz potpuno iskorištenje proizvedene topline. Ovakav koncept rada predviđen je iz razloga što mikroturbina ima relativno nizak stupanj učinkovitosti pri proizvodnji električne energije (oko 28%) te sa ekonomskog i energetskog stajališta ne bi bilo racionalno pogoniti mikroturbinu isključivo radi proizvodnje električne energije (uz odbacivanje viška proizvedene topline). Obzirom na potrebne toplinske učinke i električne snage prikazane na slikama ranije ostvaruje se situacija prikazana na slikama 9 i 10. Tijekom godine predviđen je rad mikroturbine br. 1 u trajanju od oko 6800 sati u punom opterećenju te od oko dodatnih 1500 sati godišnje u parcijalnom opterećenju. Rad mikroturbine br. 2 predviđen je u trajanju od oko 5000 sati u punom opterećenju te dodatnih 1600 sati godišnje u parcijalnom opterećenju.



Slika 9. Moguće korištenje toplinskog učinka mikroturbine tijekom godine



Slika 10. Moguće korištenje električne snage tijekom godine

5. Analiza i odabir optimalnog energetskeg sustava

Pri određivanju optimalnog energetskeg sustava grijanja i hlađenja kompleksa tiskare razmotrene su tri varijante.

1. Grijanje kotlom, hlađenje kompresijskim rashladnim uređajem, kupnja električne energije od elektrodistribucijskog poduzeća.
2. Grijanje objekta dizalicom topline uz dogrijavanje kotlom, hlađenje kompresijskom dizalicom topline, kupnja električne energije od elektrodistribucijskog poduzeća.
3. Grijanje objekta dizalicom topline uz dogrijavanje kotlom, hlađenje kompresijskom dizalicom topline i apsorpcijskim rashladnim uređajem. Proizvodnja električne energije je iz generatora pogonjenog plinskom mikroturbinom, a moguća je i djelomično potrebna i kupnja električne energije iz mreže. Toplina ispušnih plinova plinske turbine putem izmjenjivača topline koristi se za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja koji ljeti namiruje dio potreba za hlađenjem i zimi dio topline za potrebe grijanja.

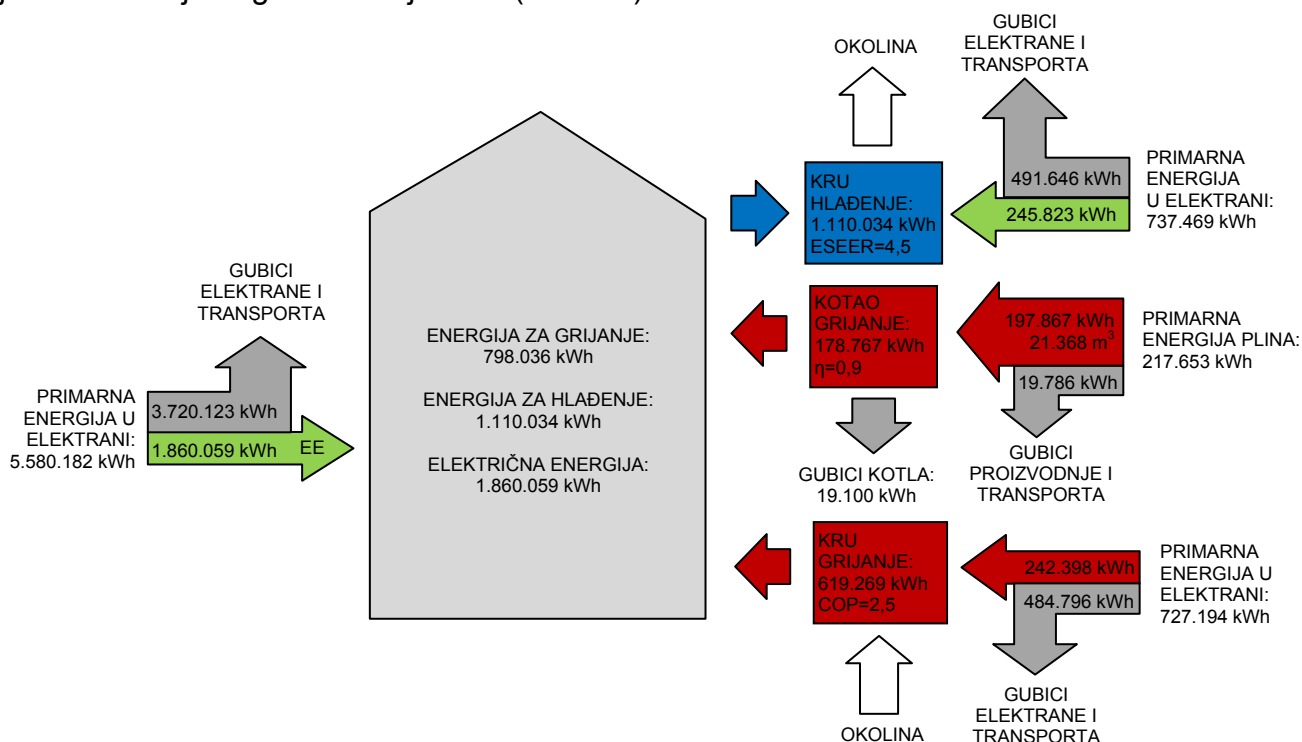
5.1. Varijanta 1

Varijanta 1 odnosi se na postojeće stanje opreme i proizvodnje toplinske i rashladne energije kao i kupnje električne energije od elektrodistribucijskog poduzeća. Shema sustava prikazana je na slici 11.

U satnoj simulaciji rada sustava, karakteristike kompresijskog rashladnog uređaja opisane su korelacijskim polinomima prikazanim u ranijoj studiji [1] kojima su uzeti u obzir uvjeti rada pri parcijalnim opterećenjima i kod različitih uvjeta rada (posebno temperatura) koji utječu na rad rashladnog uređaja. Rezultati simulacije pokazuju da se godišnje za grijanje troši 94.670 m³ plina. Potrošnja električne energije za pogon kompresijskih rashladnih uređaja je 245.823 kWh dok se za ostale potrebe u objektu troši dodatnih 1.860.059 kWh. Godišnji trošak za grijanje kotlom iznosi 402.347 kn, za hlađenje pogona rotacije 93.081 kn, za hlađenje uredskih i ostalih prostora 66.685 kn te za električnu energiju 1.161.487 kn. Ukupni godišnji trošak za energente u varijanti 1 iznosi 1.723.600 kn.

5.2. Varijanta 2

Varijanta 2 u odnosu na varijantu 1 donosi osnovno grijanje kompresijskom dizalicom topline uz korištenje plinskih kotlova pri nižim vanjskim temperaturama. I za dizalicu topline su temeljem podataka proizvođača kreirani korelacijski polinomi koji daju potrebne proračunske veličine odabranog uređaja u različitim uvjetima rada, dakle opisuju ponašanje konkretnog uređaja. Simulacija rada dizalice topline i plinskih kotlova za grijanje te električne energije za pogon kompresijskih rashladnih uređaja za hlađenje objekta daje sljedeću bilancu: od ukupne topline za grijanje objekta u iznosu od 798.036 kWh, 619.269 kWh proizvodi se kompresijskom dizalicom topline dok se 178.767 kWh proizvodi plinskim kotlom. Godišnje se za grijanje troši 21.368 m³ plina i 242.398 kWh električne energije za pogon kompresijske dizalice topline. Potrošnja električne energije za pogon dizalice topline u režimu hlađenja je 245.823 kWh dok se za ostale potrebe u objektu troši dodatnih 1.860.059 kWh kao i u varijanti 1. Godišnji trošak za grijanje dizalicom topline iznosi 158.739kn, za grijanje kotlom 90.814 kn, za hlađenje pogona rotacije 93.081 kn, za hlađenje uredskih i ostalih prostora 66.685 kn te za električnu energiju 1.161.487 kn. Ukupni godišnji trošak za energente u varijanti 2 iznosi 1.570.806 kn, a to je manje nego u slučaju varijante 1. Potrošnja primarne energije u ovoj varijanti iznosi 7.262.498 kWh, što je nešto manje nego kod varijante 1 (slika 13).

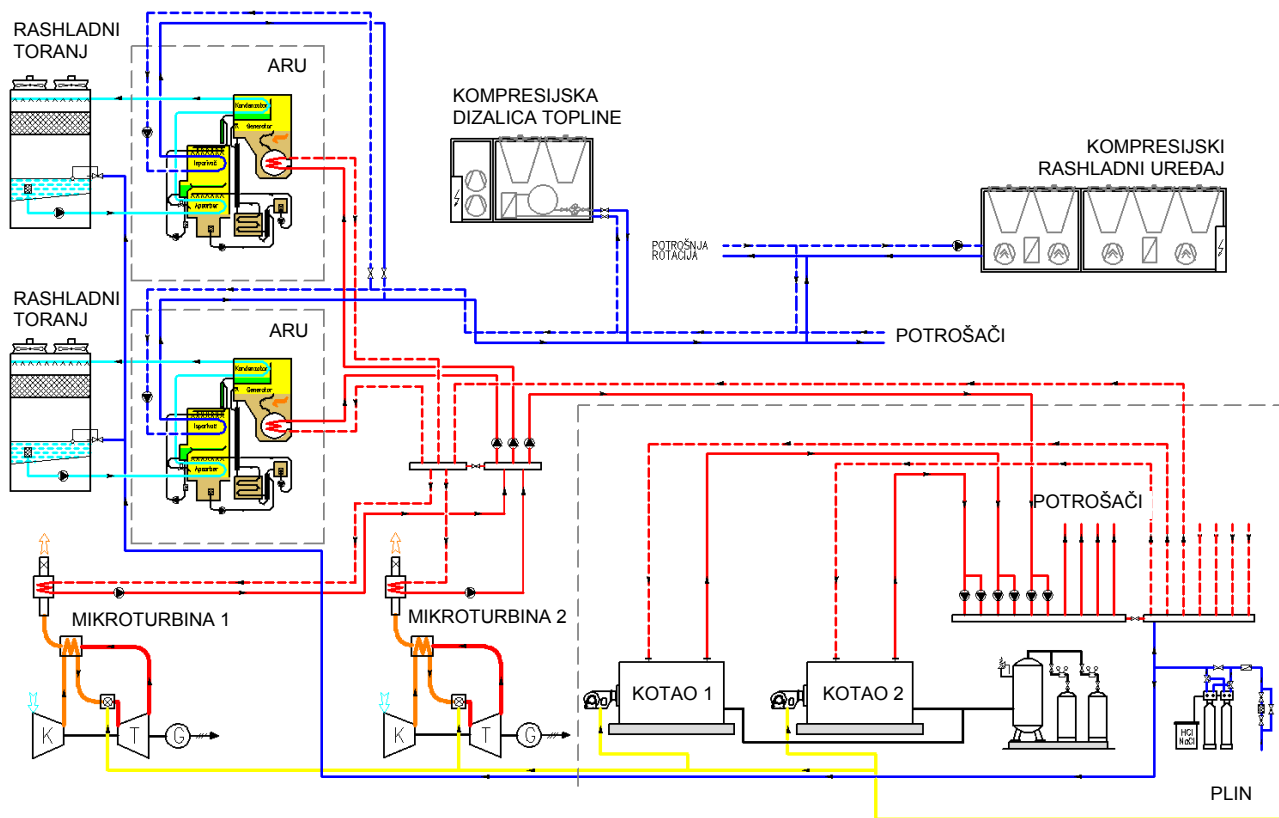


Slika 13. Potrošnja primarne energije u građevini – varijanta 2

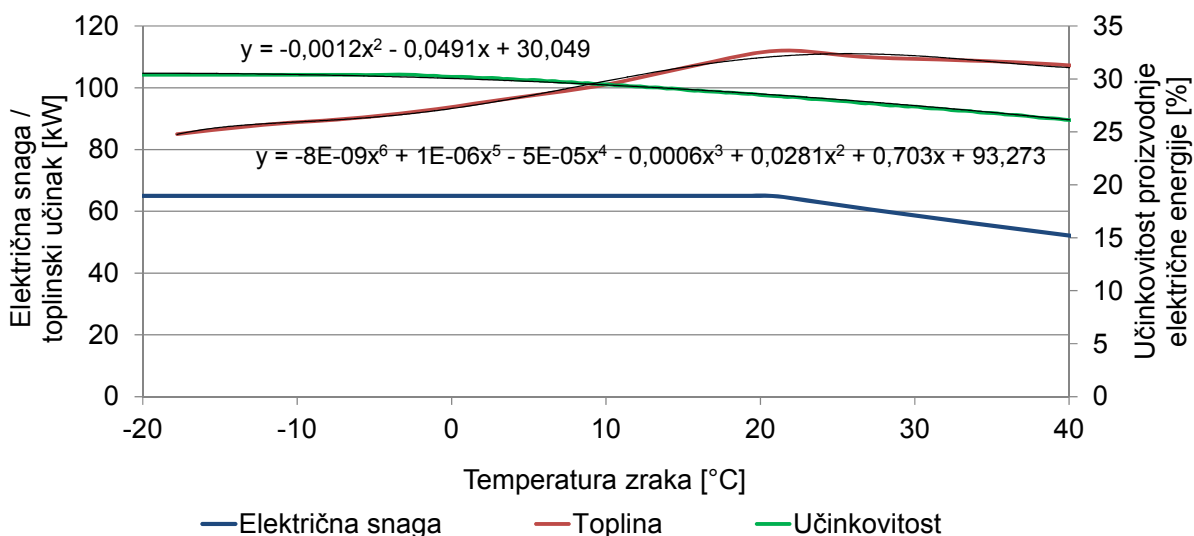
5.3. Varijanta 3

Ovom varijantom predviđena je ugradnja dviju plinskih mikroturbina za istovremenu proizvodnju toplinske i električne energije te dvaju apsorpcijskih rashladnih uređaja pogonjenih toplinom ispušnih plinova turbine preko izmjenjivača topline. Ukoliko je

potrebno grijanje objekta, dio topline namiruje se radom mikroturbine koja putem izmjenjivača preuzima toplinu od ispušnih plinova. Preostala potrebna toplina namiruje se radom kompresijske dizalice topline uz dogrijavanje postojećim plinskim kotlom. Električna energija proizvedena radom mikroturbine isključivo se troši za vlastite potrebe dok se ostatak potrebne energije dobavlja iz mreže od elektrodistribucijskog poduzeća.



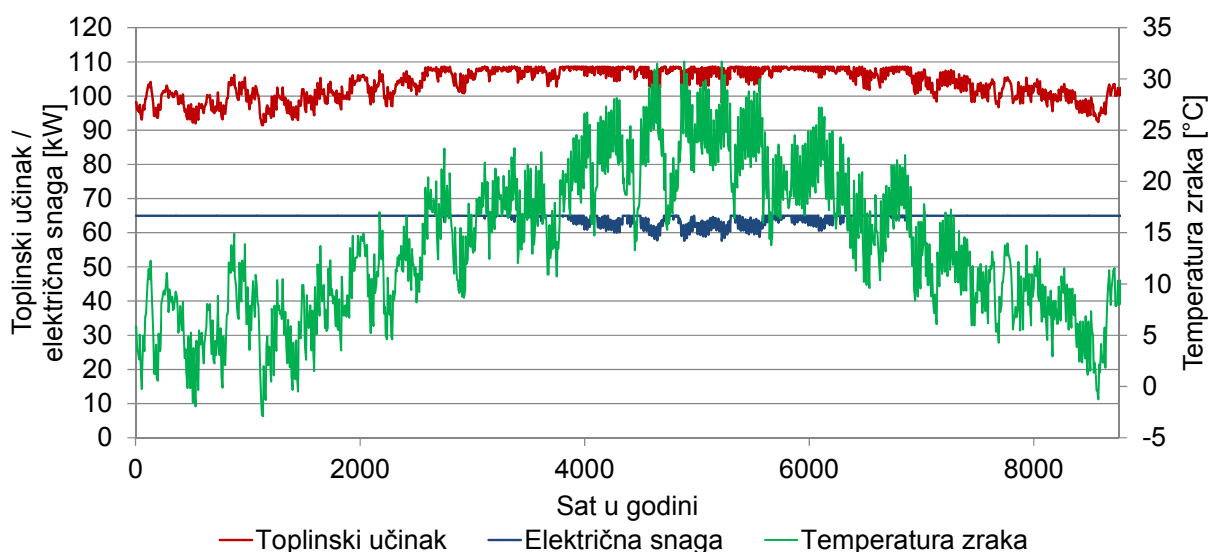
Slika 14. Shema sustava – varijanta 3



Slika 15. Ovisnost učinkovitosti proizvodnje električne energije, proizvedene snage i raspoloživog toplinskog učinka mikroturbine temperaturi zraka

I ovdje su prema podacima proizvođača mikroturbine [3] kreirane krivulje ovisnosti i određeni polinomi koji opisuju promjenu efikasnosti, električne snage te iskoristivog toplinskog učinka u ovisnosti o temperaturi vanjskog zraka (slika 15).

Provedena je satna simulacija rada mikroturbine i određene su vrijednosti moguće proizvedene električne snage, raspoloživog toplinskog učinka i učinkovitosti proizvodnje električne energije. Slikom 16 prikazani su rezultati za slučaj kad bi jedna turbina cijele godine radila sa 100% opterećenjem.



Slika 16. Godišnji tok raspoloživog toplinskog učinka i električne snage mikroturbine za Rijeku

Nakon određivanja satnih vrijednosti raspoloživih toplinskih učinaka mikroturbine prema potrebnim učincima za grijanje i pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja simuliran je rad dviju odabranih mikroturbina u punom i parcijalnom opterećenju i izračunati su satni toplinski učinci koje mikroturbine daju. Pri radu mikroturbine u parcijalnom opterećenju postoji približno linearna ovisnost između proizvedene električne snage i raspoloživog toplinskog učinka. Tako će primjerice ukoliko mikroturbina daje 50% maksimalne električne snage istovremeno davati 50% maksimalnog toplinskog učinka. Istovremeno pri parcijalnim opterećenjima uz smanjenje maksimalne električne snage dolazi i do smanjenja učinkovitosti mikroturbine (slika 17).

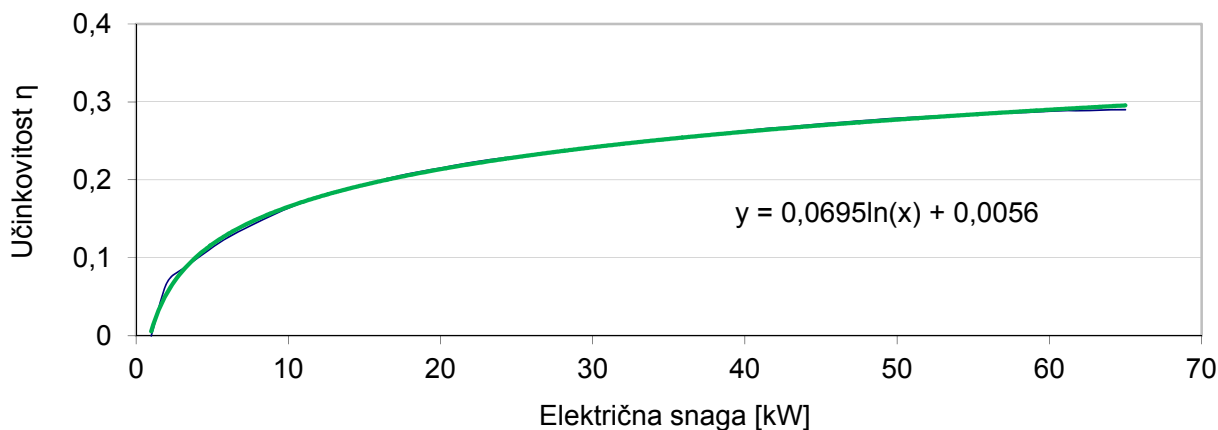
Sličnim korelacijama opisane su karakteristike apsorpcijskih i kompresijskih rashladnih uređaja, čime je osigurano da rezultati simulacije puno bolje odgovaraju stvarnom radu sustava, vodeći računa i o učinkovitosti u parcijalnim opterećenjima.

Godišnje se radom mikroturbine prozvede 1.381.015 kWh toplinske energije i 857.418 kWh električne energije uz utrošak 3.001.334 kWh energije prirodnog plina. Srednja godišnja učinkovitost rada mikroturbina iznosi 74,6%. Od ukupno proizvedene toplinske energije 571.981 kWh koristi se za grijanje objekta dok se za pogon ARU koristi 809.034

kWh toplinske energije pri čemu se uz srednji faktor hlađenja 0,7 proizvodi 566.324 kWh rashladne energije.

Od preostalih 226.055 kWh potrebne topline za grijanje, 140.207 kWh proizvodi se kompresijskom dizalicom topline za što se troši 55.435 kWh električne energije dok se 85.848 kWh proizvodi radom kotla za što se troši 10.422 m³ plina.

Za hlađenje objekta potrebno je dovesti još 543.710 kWh rashladne energije koja se proizvodi kompresijskim rashladnim uređajima. Pri tome se troši 127.455 kWh električne energije.



Slika 17. Promjena učinkovitosti mikroturbine u odnosu na proizvedenu električnu snagu

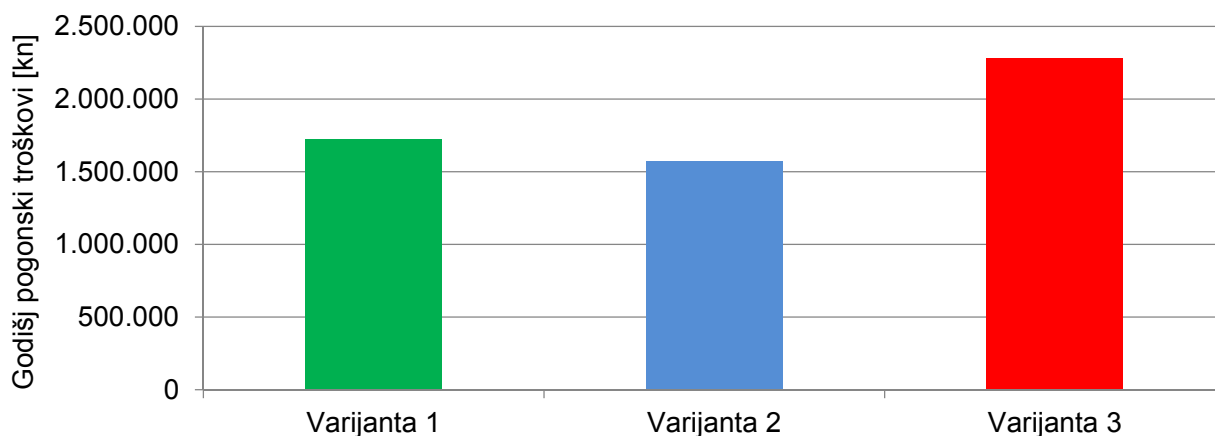
Otpadna toplina iz kondenzatora i apsorbira apsorpcijskih rashladnih uređaja odbacuje se u okolinu putem rashladnih tornjeva. Zbog mogućih problema sa kristalizacijom LiBr u apsorbentu rashladnog uređaja kod viših vanjskih temperatura, otpadnu toplinu nije moguće odbacivati putem suhih hladnjaka. Crpke otopine u samom rashladnom uređaju, crpke rashladne vode i ventilatori tornja troše električnu energiju, a kako se hlađenje vode odvija ishlapljivanjem, potrebno je za rad uređaja trošiti vodu i kemikalije za njenu pripremu. Otpadna toplina koju je potrebno odvesti iznosi 1.375.357 kWh za što je potrebno utrošiti 2.179 m³ svježe vode iz vodovoda. Za pogon crpki i ventilatora rashladnih tornjeva i apsorpcijskih uređaja potrebno utrošiti dodatnih 23.885 kWh.

Ukupno se u objektu za pogon svih sustava troši 2.170.583 kWh električne energije od čega se radom mikroturbine proizvodi 857.418 kWh uz 1.654 kWh električne energije koja se ne uspijeva iskoristiti unutar objekta. Iz elektrodistribucijske mreže dobavlja se ukupno 1.314.819 kWh.

Godišnji troškovi za pogon mikroturbine iznose 1.377.501 kn, trošak za svježu vodu u rashladnim tornjevima iznosi 25.233 kn, za grijanje kotlom troši se 44.293 kn te za električnu energiju kupljenu od elektrodistribucijskog poduzeća (pogon kompresijskih uređaja, crpki, ventilatora, opreme u objektu) troši se 833.670 kn.

Ukupni godišnji pogonski troškovi u ovoj varijanti iznose 2.280.697 kn, što je vrlo visoko u odnosu na prethodne dvije varijante.

Investicijski troškovi za ovu varijantu uključuju dobavu i ugradnju mikroturbina, apsorpcijskih rashladnih uređaja, rashladnih tornjeva te troškove projektiranja sustava i prema podacima dobavljača iznose 1.850.000 kuna. Obzirom da je u postojećem stanju



Slika 19. Usporedba godišnjih pogonskih troškova za analizirane varijante

6. Zaključak

U radu su analizirane tri varijante proizvodnje ogrjevnje, rashladne i električne energije. Analizirana varijanta 3 sa trigeneracijskim sustavom koja donosi značajne investicijske troškove za korisnika pokazala je i naskuplje pogonske troškove iz razloga relativno skupe proizvedene električne i rashladne energije, što je ustvari posljedica nedovoljne učinkovitosti takvog sustava. Jednostupanjski apsorpcijski rashladni uređaji pogonjeni toplinom ispušnih plinova mikroturbine rade s niskim faktorom hlađenja te je rashladna energija dobivena njihovim radom u odnosu na rashladnu energiju dobivenu kompresijskim rashladnim uređajima skupa. Određene prednosti korištenja trigeneracijskog postrojenja mogle bi se ostvariti prodajom proizvedene električne energije u elektrodistribucijsku mrežu po povlaštenoj cijeni ali takav zahvat iziskuje dodatna sredstva za ishođenje statusa povlaštenog proizvođača električne energije kao i uklapanje i spajanje uređaja u distribucijsku mrežu. Procjenjuje se da niti takav sustav ne bi donio veće uštede i pridonijeo isplativosti analiziranog sustava. Što se tiče potrošnje primarne energije, sustav po varijanti 3 također ne donosi bolju situaciju od sustava prikazanih u varijantama 1 i 2, što ukazuje da je potrebno dobro preispitati uvriježeno stajalište o potrebi poticanja korištenja kogeneracijskih i trigeneracijskih sustava za grijanje, hlađenje i opskrbu objekata električnom energijom.

7. Literatura

- [1] Pavković, Branimir; Jelušić, Kuzma. Odabir strojarskih termotehničkih instalacija kotlovnice i rashladne stanice „Novi List“. Rijeka: Tehnički fakultet u Rijeci, 2008.
- [2] ...: Pravilnik o energetsom certificiranju zgrada, Narodne novine br. 36/10, Zagreb 2010.
- [3] Capstone Turbine - www.capstoneturbine.com

Timsko projektiranje plinskog cjevovoda pomoću softvera AutoCAD Plant 3D

Teamwork design of gas pipeline using AutoCAD Plant 3D software solution

D. Karolj^{1,*}, T. Galeta²

¹Petrokemija d. d. Kutina, tvornica mineralnih gnojiva, Aleja Vukovar 4, HR-44320 Kutina, Hrvatska ²Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Trg I. B. Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: davor.karolj@petrokemija.hr

Sažetak

U radu su razmotrene mogućnosti primjene programskog paketa AutoCAD Plant 3D u projektantskom okruženju. Mogućnosti su ocjenjene na primjeru glavnog projekta cjevovoda prirodnog plina radnog tlaka 10 bara, uključujući plinsko mjernu redukcijску stanicu s 2 stupnja redukcije. Radi bržeg rješavanja projekta, tim suradnika je povezan pomoću programskog paketa poznatog sučelja i iskorištene su mogućnosti paketa kao poslužitelja dokumenata i revizije projekta. Primjenom odabranog programskog paketa skraćeno je vrijeme potrebno za izradu projekta. Znatno skraćenje je naročito postignuto upotrebom naredbi za automatizirano generiranje izvještaja i listi materijala te alatima za brzu reviziju pojedinih dijelova. Korištenjem jedinstvenog alata koji povezuje i indeksira značajke pojedinih crteža, svedene su na najmanju mjeru pogreške prilikom projektiranja. Daljnjim proučavanjem i primjenom naprednih značajki paketa omogućiti će se dodatno automatiziranje pojedinih radnji prilikom projektiranja.

Abstract

This paper considered application possibility of the software package AutoCAD Plant 3D in engineering and design environment. Options are evaluated on the example of the natural gas pipeline project with operating pressure of 10 bars, including measuring gas pressure regulating stations with 2-stage reduction. For quick resolving of the project, a team of associates linked by the software package with a familiar interface and used the package as a document server and project revision. Application of the selected software package reduced the time required for the project. Significantly shortening is particularly achieved by using the commands for automated generation of reports and lists of materials as well as tools for quick revision of certain parts. Using a single tool that links and indexes the features of individual drawings, the design errors are minimized. Further studying and application of the advanced package features will enable further automation of certain operations in the project design.

Ključne riječi: prirodni plin, AutoCAD Plant 3D, cjevovod, generiranje izometrika, ortogonalno projiciranje pogleda, 3D model.

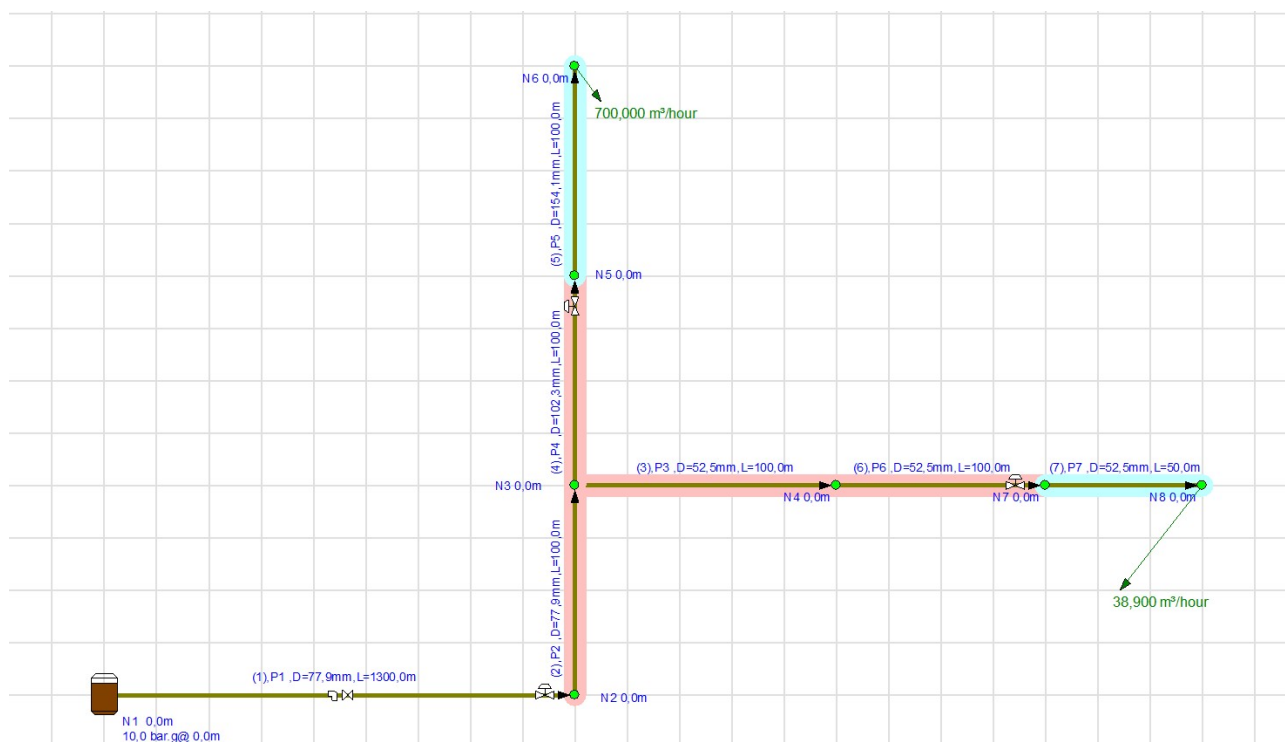
1. Uvod

Unutar Petrokemije d. d. osnovan je tim kojem je zadatak bio ispitati trenutačno dostupne programske pakete za projektiranje postrojenja i mogućnosti implementacije unutar projektantsko-inženjerskog odjela. Zbog konstantnog povećanja opsega posla i projekata bilo je potrebno pomoću programskog paketa jednostavno i automatizirano generirati izometrike, planove elevacija, izvješća i ostalu tehničku dokumentaciju unutar timskog okruženja. U tehničkoj dokumentaciji je bilo potrebno priložiti simbolički dijagram cjevovoda i instrumenata, u struci poznatiji po engleskom izrazu *Piping & Instrumentation Diagram*, odnosno po kratici *P&ID*. Također su nužni i svi detaljni crteži te situacije.

Svjesni da za takve mogućnosti trebamo izradu 3D modela s informacijama iz kojih ćemo moći generirati projektnu dokumentaciju, krenuli smo u istraživanje dostupnih programskih paketa. Paralelno, upravo tijekom 2010. godine tvrtka Autodesk je izdala specijaliziranu aplikaciju AutoCAD Plant 3D [1] namijenjenu širem tržištu koja je odgovarala navedenim zahtjevima, stoga se krenulo u probnu fazu i ocijene mogućnosti implementacije unutar odjela Inženjeringa.

Osim odabrane aplikacije, projektantski tim je razmatrao i druge dostupne aplikacije istog proizvođača. Sličan i nešto veći projekt izrađen je u aplikacijama Autodesk Inventor i Intergraph I-Sketch te prikazan na prethodnoj konferenciji Plin 2010 [2]. Aplikacija Autodesk Plant 3D je uzeta u daljnje razmatranje zbog specifičnog dizajna koji je usmjeren na projektiranje postrojenja odnosno cjevovoda i zato jer je alat za generiranje izometrika direktno uključen u program tako da nismo imali potrebe nabavljati dva odvojena programska paketa.

Projekt u Plant 3D-u na kojem su ispitane mogućnosti je bio „*Glavni projekt - Visokotlačni cjevovod prirodnog plina 44-40*“ koji obuhvaća izradu 3" visokotlačnog cjevovoda prirodnog plina radnog tlaka 10 bara i zahtjevanog protoka 700 Nm³/h ukupne duljine 1,3 km, a nalazi se između postrojenja za proizvodnju kompleksnog gnojiva (NPK1) i tvornice za proizvodnju glina. Uz izradu samog cjevovoda bilo je potrebno napraviti dokumentaciju za plinsku mjerno redukcijsku stanicu s dva stupnja redukcije, 10 barg na 3 barg i 3 barg na 250 mbarg potrebnih rada plamenika u postrojenju profitnog centra proizvodnje glina. Grafički prikaz sustava distribucije s protocima vidljiv je na slici (*Slika 1.*)



Slika 1. Grafički prikaz sustava distribucije

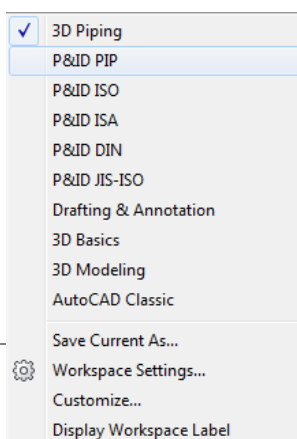
2. Metode i alati

Za izradu projekta korišteni su programi Autodesk AutoCAD Plant 3D 2011 (grafički dio) i Microsoft Office 2010. Uredski programi iz paketa Microsoft Office 2010 su pretežno korišteni za tekstualni dio i dotjerivanje specifikacija. Navedeni paketi bili su dovoljni za izradu glavnog projekta visokotlačnog cjevovoda prirodnog plina.

AutoCAD Plant 3D

AutoCAD Plant 3D posjeduje skup alata i radnih površina koje su koristile različite struke prilikom sudjelovanja u izradi projekta (

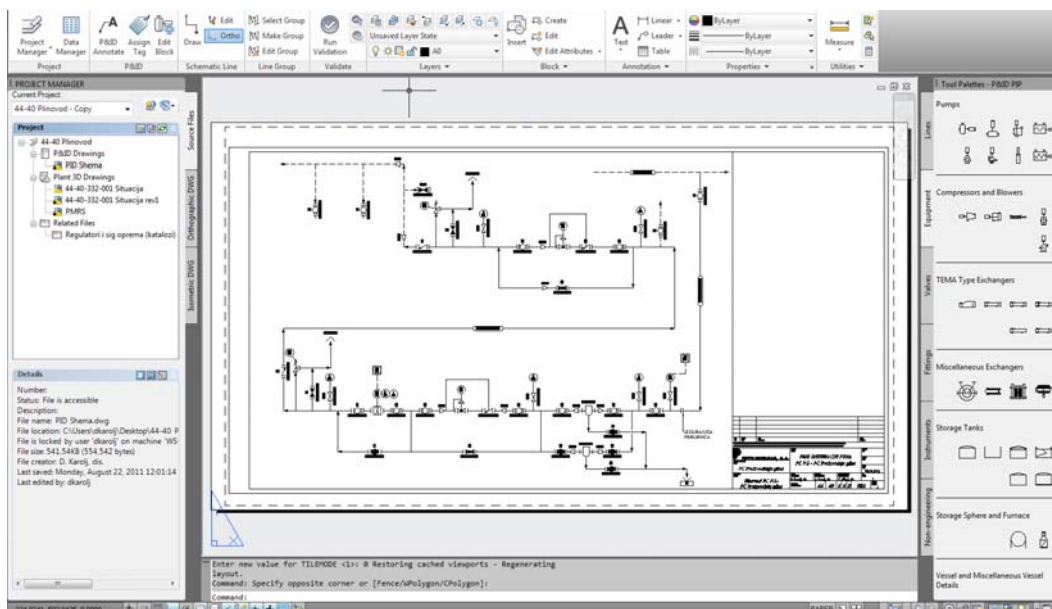
Slika 2.)





Slika 2. Radne površine unutar AutoCAD Plant 3D

U projektu su korištene radne površine: **P&ID PIP** za izradu P&ID (Slika 3.), **3D Piping** za crtanje 3D modela cjevovoda te mjerne redukcijske stanice (Slika 4.) i **AutoCAD Classic** za izradu detalja, dotjerivanje izometrika i crtanje situacije.



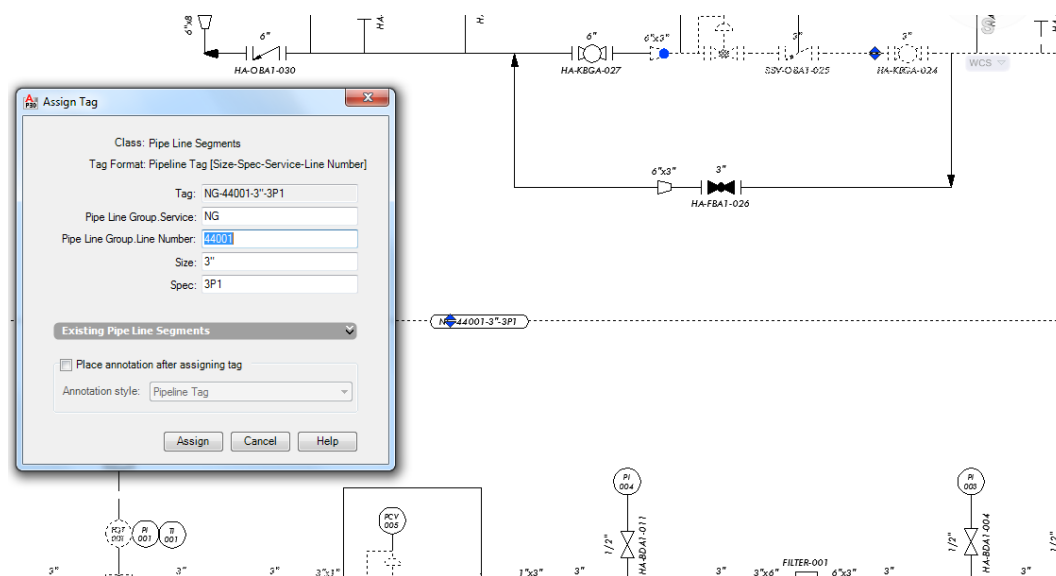
Slika 3: P&ID distribucije plina



različitih veličina cijevi (npr. Prijelaz sa 3" na 2", sa 6" na 2" da li će biti T-redukcija, T-komad + redukcija, ubod, ubodni priključak itd.). U katalogu se mogu uređivati postojeći dijelovi i njihove fizičke veličine sa definicijom priključaka, te kreirati sasvim novi dijelovi koji će se umetnuti u specifikaciju.

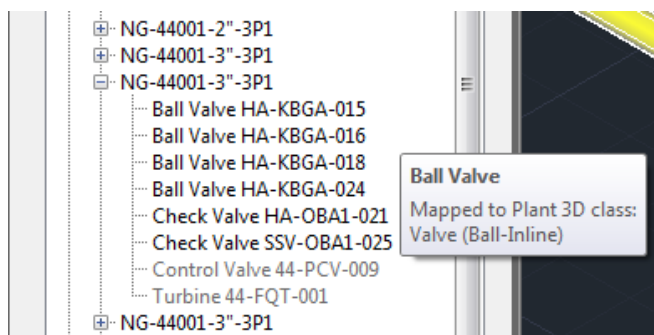
2.1 Izrada P&ID i povezivanje sa 3D modela

Nakon definiranja parametra projekta izrađeni su dijagrami - P&ID (jedan ili više međusobno povezanih i indeksiranih crteža). Kao što je navedeno za izradu P&ID postoji sučelje s alatnim trakama koje posjeduju blokove uobičajene za standard u kojem se izrađuje. Uz samu izradu crteža moguće je za svaku pojedinu grupu definirati format i pridružiti elementu kao primjer oznaka cijevne linije **NG-44001-3"-3P1** (Slika 6.)



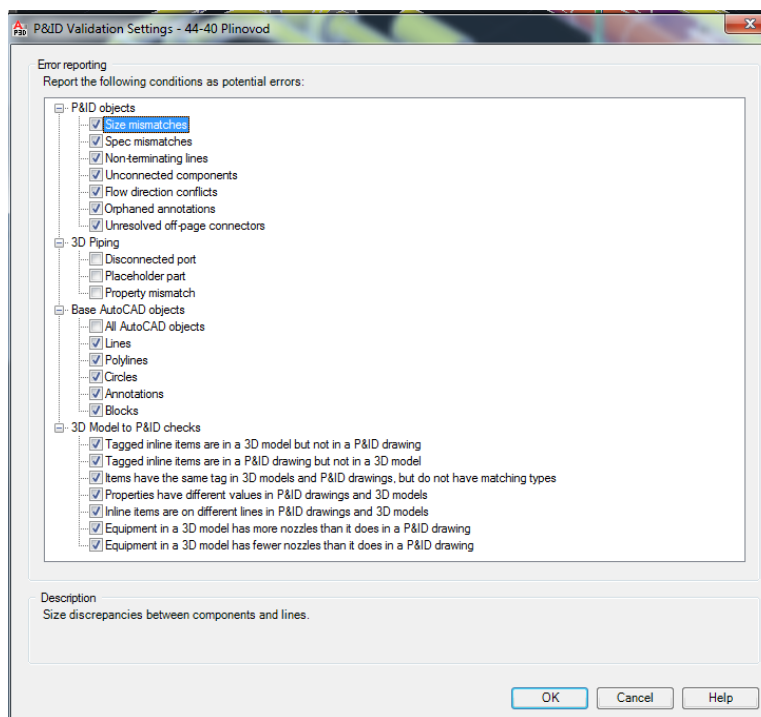
Slika 6. Pridruživanje definiranog formata oznake (engl. Tag) pojedinoj grupi

Nakon izrade P&ID crteža unutar postavki projekta (Project Manager Setup), uz standardne poveznice koje su već definirane bilo nam je omogućeno dodatno povezati P&ID elemente s elementima 3D modela crteža. Ovaj modul se pokazao vrlo koristan, jer smo kod izrade 3D modela imali raspoloživ alat koji je povezivao popis cjevovoda (engl. *P&ID Line List* - Slika 7) i 3D element koji se trebao prostorno smjestiti.



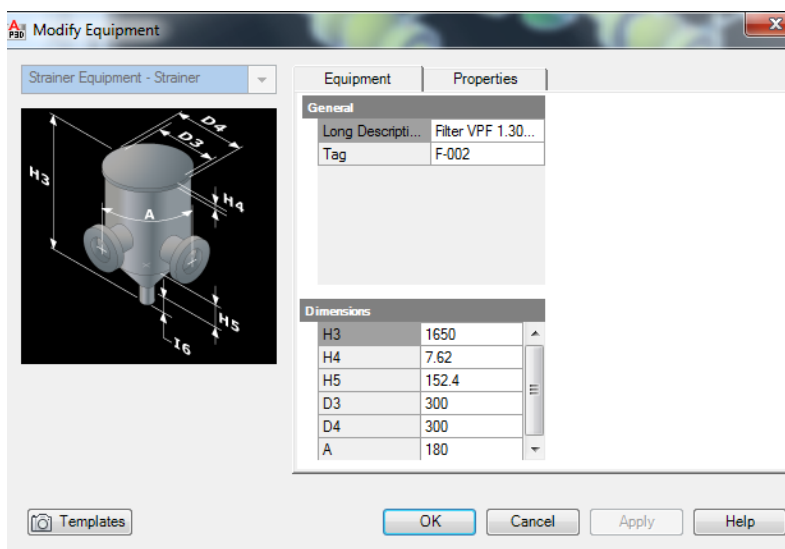
Slika 7. Prikaz povezanog P&ID elementa sa 3D elementom

Povezani način rada uvelike je olakšao projektantu pregled pojedinih elemenata koji se nalaze na cijevnoj liniji, te postavljanje odgovarajućeg element u 3D model na mjesto koje je predviđeno P&ID. Ujedno postoji i alat koji vrši provjeru cijelog projekta i uspoređuje elemente u P&ID i 3D modelu pod nazivom P&ID Validation (*Slika 8*)



Slika 8. Postavke alata za provjeru P&ID i 3D modela

Kod izrade 3D modela programski je znatno olakšano postavljanje strukturnih komponenti poput profila, ljestvi, platformi, ograda, stepenica. Također su nam bile dostupne i komponente opreme poput filtra, spremnika, pumpi, ventilatora, izmjenjivača (*Slika 9*) te oslonaca odnosno nosača s prethodno definiranim geometrijama koje smo mogu prilagođavati.

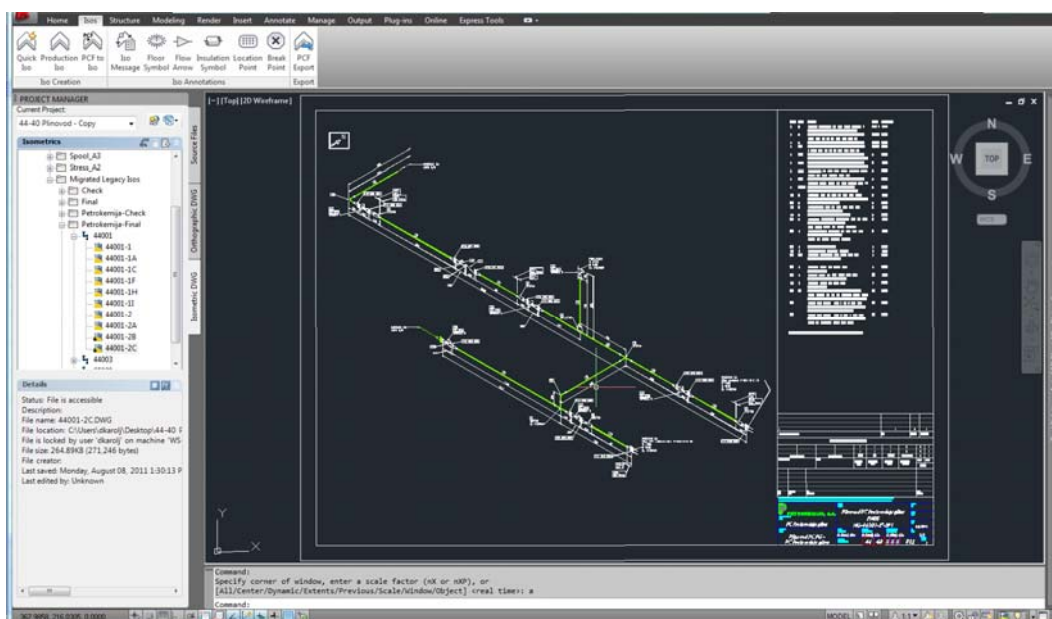


Slika 9. Postavljane opreme unutar modela temeljem predloška

Moguće je također uvesti model opreme iz Autodesk Inventora gdje ona može biti detaljno razrađena, a u Autodesk Plant 3D-u postavljena prostorno na poziciju i povezana cjevovodom. Pojedine priključke (veličina, oblik, klasa) je moguće izravno definirati u programu Autodesk Plant 3D-u, što će nam biti od koristi kod narednih projekata.

2.2 Izrada izometrika

Izradi izometrika smo mogli pristupiti direktno unutar programa AutoCAD Plant 3D odabirom radnog sučelja 3D Piping i izbornika Isos, gdje su alati potrebni za definiranje vrste izometrika koji će se generirati te predložaka tvrtke veličine A3, A2 ili korisničko definirane predloške.



Slika 10. Generirani izometrik djela mjerno redukcijske stanice

Izometrici unutar programa zapravo predstavljaju obične AutoCAD crteže u DWG formatu tako da nam je bilo moguće sa AutoCAD-om urediti i popraviti pojedine dijelove. Potrebno je samo napraviti naredbu Explode kako bi se rastavili blokovi.

3. Rezultati

Korištenjem AutoCAD Plant 3D uspjeli smo napraviti tvorničku specifikaciju koja se sada može koristiti unutar 3D modela sa svim elementima koji su potrebni (cijevi, prirubnice, brtve, vijke, redukcije, T-komade, koljena itd.). Ukupno je pomoću programa izrađeno: 1 list P&ID, 3D model s 659 komponenti, 8 izometrika i 20 crteža pojedinih komponenti.

Najveću uštedu u vremenu smo primijetili prilikom izrade izometrika. Prijašnje izometrike smo morali izrađivati ručno što je zahtijevalo dosta vremena, dok smo sada bili u mogućnosti automatski generirati pojedine izometrike u vremenskom roku od par minuta po pojedinoj liniji i urediti unutar AutoCAD-a.

Za razmjenu datoteka između članova korišten je poslužitelj sa operativnim sustavom Windows Server 2008 R2, kontrolom pristupa putem grupa i razine dodijeljenih prava. Velika prednost je bila u tome što je cjelokupna mrežna infrastruktura 1000 Mbps, tako da je bila omogućena veća brzina razmjene datoteka i pokretanje cjelokupnog projekta direktno sa mrežnog diska.

Prilikom korištenja AutoCAD Plant 3D programa smo također nailazili na pojedine poteškoće prilikom izrade modela i izometrika koje su se manifestirale zbog pogreška programa koje su ispravljane izdavanjem nadogradnji od strane Autodesk. Primjeri koji su nama stvarali poteškoće su bili: nepravilne duljine vijaka u izometrik, problem konverzije veličina u katalogu na relaciji imperijalni – metrički, pogrešna točka umetanja pojedinih komponenti tipa sigurnosni ventil ili nepovratnih ventila.

4. Zaključak

Izrada projektne dokumentacije primjenom AutoCAD Plant 3D programskog paketa i korištenjem alata za automatizaciju pojedinih procesa višestruko smo pojednostavnili i ubrzali naš rad. Poveznice između crteža koje su indeksirane utjecale su na smanjenje mogućnosti pogreške, a korištenjem jedinstvenog programskog paketa u timskom okruženju postigli smo učinkovitije praćenje izrade dokumentacije, unificiranost i jednostavno povezivanje crteža i članova tima. AutoCAD plant 3D je relativno nov alat na području projektiranja stoga posjeduje i pogreške za koje se mora tražiti zaobilazno rješenje ili čekati nadogradnja od strane proizvođača. Daljnjim proučavanjem i primjenom naprednih značajki paketa koje se dodatno proširuju izdavanjem novih verzija i nadogradnji omogućiti će se dodatno automatiziranje pojedinih radnji prilikom projektiranja i još veća učinkovitost.

5. Literatura

- [1] “Autodesk Plant Design Suite.” Autodesk, p. 6, 2010.
- [2] B. Jurakić, T. Galeta, Ž. Užarević and M. Rondić, “Izazovi izvedbenog projekta postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Challenges of design project for the plant for separation of crude oil and gas,” in *8. Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 1. Međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi*, 2010, pp. 1-6.



Primjena gorivnih ćelija u proizvodnji električne energije i topline

Application of the Fuel Cells in Generating Electrical Energy and Heat

D. Pelin^{1,*}, M. Stojkov², D. Šljivac¹, H. Glavaš¹

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

²¹Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: pelin@etfos.hr

Sažetak

U radu je na nekoliko odabranih primjera analizirana primjena gorivnih ćelija u proizvodnji električne energije i topline. Dane su tehničke karakteristike odabranih gotovih tehničkih rješenja ovisno o primjeni. Korišteni su dijagrami potrošnje konzuma kako bi se objasnila upotreba gorivnih ćelija, te interakcija gorivnih ćelija s distribucijskom mrežom i akumulatorskim spremnicima u opskrbi kućanstava električnom energijom i toplinom.

Ključne riječi: gorivne ćelije, primjena, električna energija, toplina

Abstract

Application of the fuel cells in generating electrical energy and heat were analysed for the few chosen examples. The technical characteristic of the chosen systems are given depending of the application. Diagrams of the consumption are used for clarify application of the fuel cells as well as interaction of the fuel cells with distribution network and batteries for supply of the housecraft with electrical energy and heat.

Key words: fuel cells, application, electrical energy, heat

1. Uvod

Gorivne ćelije ili gorivni članci (*eng. fuel cells, njem. Brennstoffzellen*) su elektrokemijski pretvarači energije koji kemijsku energiju goriva izravno, bez pokretnih dijelova i izgaranja, pretvaraju u električnu (i toplinsku) energiju. Valja još spomenuti kako se u literaturi mogu naći i pod nazivom: gorivi elementi.

Po svome su principu rada gorivne ćelije slične baterijama, ali za razliku od njih, gorivne ćelije zahtijevaju stalan dovod goriva i kisika. Pri tome gorivo može biti vodik, sintetski plin (smjesa vodika i ugljičnog dioksida), prirodni plin ili metanol, a produkti njihove reakcije s kisikom su voda, električna energija i toplina, pri čemu je cijeli proces, zapravo, suprotan procesu elektrolize vode.

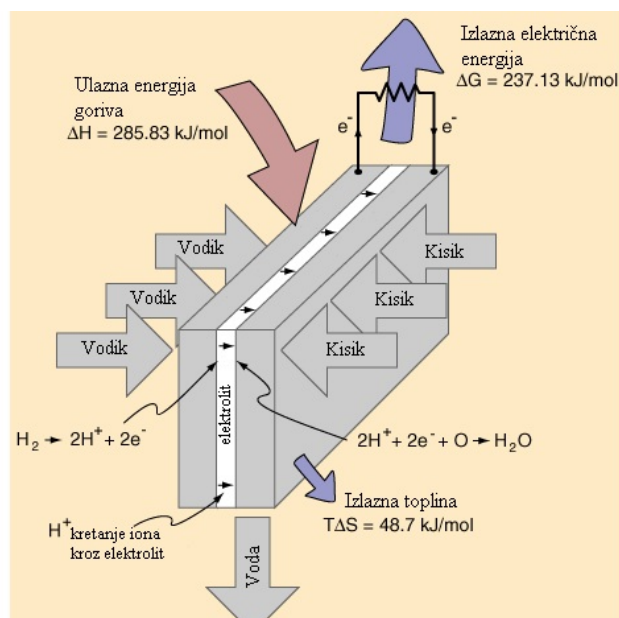
Istraživanja i primjena gorivnih ćelija imaju sve veće značenje zbog zaoštavanja svjetske energetske krize. Međutim, još uvijek nema većih iskustava s jedinicama snage iznad 10MW [1]. Na tom području konvencionalna postrojenja s neposrednim izgaranjem goriva za proizvodnju električne energije ostaju i dalje bez konkurencije. S druge strane, gorivne ćelije imaju sljedeće prednosti koje osiguravaju i opravdavaju buduću široku primjenu:

- visoka učinkovitost u proizvodnji električne energije (znatno viša nego u termičkim procesima za proizvodnju električne energije) od 40% do 90%,
- neznatni utjecaj na okoliš, količina štetnih sastojaka (CO₂, SO₂, NO_x) je neznatna u odnosu na količinu štetnih sastojaka kod konvencionalnih postrojenja,
- bešuman rad.

U radu su za odabrane karakteristične primjere sustava s gorivnim ćelijama date tehničke karakteristike, kako u proizvodnji električne energije, tako i u proizvodnji toplinske energije. Gorivne ćelije su promatrane sa stajališta svoje primjene u stacionarnim postrojenjima pri proizvodnji električne energije, te kada se koriste kao pričuvni sustavi napajanja u telekomunikacijskim sustavima. Posebno je analizirana primjena gorivnih ćelija u proizvodnji topline i električne energije kućanstava. Pri tome se najznačajnijim kriterijem za opravdanost primjene gorivnih ćelija uzima ekonomski kriterij.

2. Princip rada

Obzirom na proces u gorivnoj ćeliji, gorivna se ćelija može definirati kao elektrokemijski element koji kontinuirano transformira kemijsku energiju goriva i oksidacijskog sredstva u električnu energiju, a sastoji se od dvije elektrode između kojih je elektrolit (slika 1).

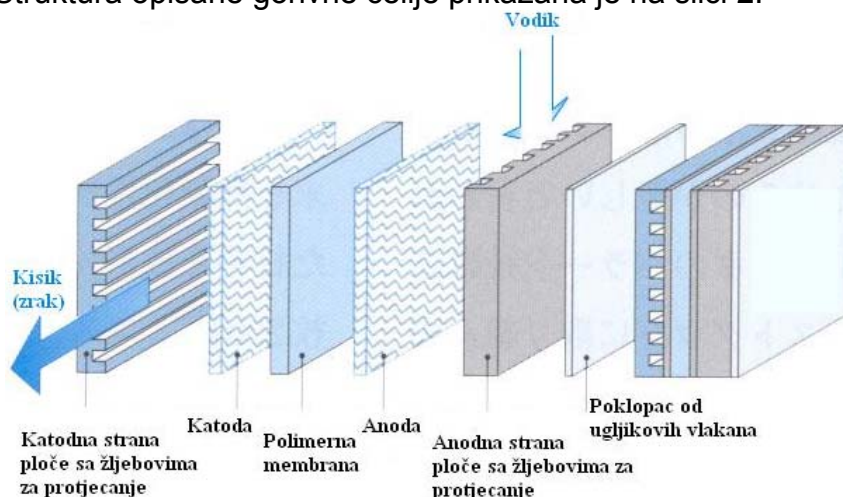


Slika 1. Princip rada gorivne ćelije

Promotrit će se pojave u gorivnoj ćeliji u koju se dovodi vodik kao gorivo, a kisik kao oksidacijsko sredstvo, pri čemu se vodik dovodi anodi, a kisik katodi. Kemijska reakcija kojom se proizvodi električna energija odvija se na elektrodama. Atomi vodika ulaze u gorivu ćeliju na anodi, gdje im se kemijskom reakcijom odvajaju elektroni. Negativno nabijeni elektroni se prenose preko vodiča do trošila tvoreći tako strujni krug. Atom vodika

je time ioniziran i nosi pozitivni električki naboj. Kisik ulazi u gorivnu ćeliju na katodi i tamo se spaja sa elektronima iz strujnog kruga i vodikovim ionima koji su putovali kroz elektrolit iz smjera anode.

Elektrolit propušta samo određene ione da prolaze između anode i katode. Kad bi slobodni elektroni, ili neka druga tvar, prolazili kroz elektrolit, tada bi se raskinula kemijska reakcija. Bilo da se spajaju na katodi ili anodi, zajedno, vodik i kisik formiraju vodu, koja se odvodi iz gorivne ćelije. Struktura opisane gorivne ćelije prikazana je na slici 2.



Slika 2. Struktura gorivne ćelije

Anodna strana ploče se izrađuje sa žljebovima kroz koje se uvodi plin. Elektrode su najkritičnija mjesta tehnoloških rješenja gorivnih ćelija. Po sastavu su metali ili materijali s poluvodičkim svojstvima čija površina potpomaže (katalizira) kemijske reakcije. Elektrode moraju imati dobra mehanička svojstva, visoku specifičnu površinu i poroznost, te pri tome zadržati dobru otpornost na korozivno djelovanje elektrolita i spojeva koji nastaju kao rezultat reakcije (npr. vodena para). Neki od materijala od kojih se izrađuju elektrode su platina, paladij, radij, rutenij, itd.

Elektrolit gorivne ćelije može biti tekući ili čvrsti. Tekući elektroliti su tekućine koje otapaju ionske kristale ili rastopljive soli. Kao čvrsti elektroliti koriste se membrane građene od polimera ili od nikal-borida i bor-nitrida. Prema vrsti elektrolita, prema [2], gorivne ćelije se dijele na gorivne ćelije:

- s alkalnim elektrolitom (AFC),
- s rastaljenim karbonatima kao elektrolitom (MCFC),
- s fosfornom kiselinom (PAFC),
- s polimernom membranom kao elektrolitom (PEMFC),
- s čvrstim oksidima kao elektrolitom (SOFC).

Vodikova goriva ćelija je napona oko 1 V. Da bi se dobila potrebna snaga, stotine ovakvih struktura anoda-membrana-katoda se slažu jedna do druge tako da čine više gorivnih ćelija u jednoj. Stupanj djelovanja u današnjih gorivnih ćelija se nalazi u području od 40 do 90 %. Budući da se u gorivnoj ćeliji kemijska energija neposredno pretvara u električnu, ovaj proces ne obuhvaća pretvorbu topline u mehaničku energiju.



3. Primjena

Prije široke primjene gorivnih ćelija, osim niza manjih poteškoća, treba riješiti dva ključna problema. Prvi je zamjena plemenitih metala, platine i platini srodnih metala kao materijala elektroda, s drugim, jeftinijim i pristupačnijim materijalima. Drugi je problem trajnost i pouzdanost gorivnih ćelija. Ova svojstva ovise o katalitičkoj aktivnosti elektrodne površine, o mogućnosti njenog obnavljanja nakon nepredviđenog, slučajnog zagađivanja kemijskim spojevima, katalitičkim otrovima te spojevima iz goriva. Kako bi održale radnu temperaturu, gorivne ćelije moraju ili neprekidno raditi, što snižava njihov ukupni stupanj iskorištenja ili se zajedno s gorivnim ćelijama trebaju koristiti pomoćni izvori energije. Razmatra se mogućnost upotrebe gorivnih ćelija s vodikom kao gorivom za stabilna, stacionarna postrojenja velike snage. Vodik se proizvodi elektrolizom vode upotrebljavajući neiskorištene snage termoelektrana, u prvom redu nuklearnih, u razdobljima malih opterećenja u elektroenergetskom sustavu.

Primjena gorivnih ćelija pronalazi svoje mjesto i u sustavima kućanstava gdje se koristi kogeneracija, odnosno proizvodnja topline električne energije.

3.1 Primjena gorivnih ćelija u proizvodnji električne energije

Stacionarna postrojenja gorivnih ćelija za proizvodnju električne energije mogu se podijeliti prema nekoliko osnovnih načela [3]:

- namjeni,
- povezanosti s potrošačima (mrežom),
- nazivnoj snazi,
- praćenje dinamike opterećenja,
- vrsti goriva,
- smještaju,
- mogućnosti kogeneracije.

S obzirom na namjenu, stacionarna postrojenja gorivnih ćelija mogu biti:

- osnovni izvor energije, kada u cijelosti zamjenjuju postojeći sustav opskrbe ili su mu konkurent ili kada sustava uopće nema (u ruralnim područjima, na otocima i slično),
- pomoćni izvor energije, u paralelnom radu s elektroenergetskim sustavom, za pokrivanje temeljnih ili vršnih opterećenja,
- dodatni izvor energije u kombiniranom sustavu s obnovljivim izvorima koji ne mogu uvijek pokrivati potrošnju (FN sustavi, vjetroelektrane),
- sustav neprekidnog napajanja, u slučaju prekida uobičajene opskrbe.

Prema povezanosti s mrežom, odnosno elektroenergetskim sustavom (tj. potrošačima), stacionarna se postrojenja mogu izvesti:

- u paralelnom načinu rada s mrežom: postrojenje pokriva većinu potreba svojih potrošača, osim u kratkom razdoblju vršnog opterećenja kada se mogu opskrbljivati i iz mreže,
- u interkonektiranom načinu rada s mrežom: postrojenje je stalno povezano s elektroenergetskim sustavom (mrežom),
- samostalno: potrošači su spojeni samo na vlastitu mrežu postrojenja koje mora biti sposobno odgovarati na promjene opterećenja konzuma,



- kao pričuvna: postrojenje se uključuje samo u slučaju prekida uobičajene opskrbe (osobito duljeg od 30 minuta) i mora imati mogućnost brzog uključivanja te se često kombinira s baterijskim ili drugim sustavima neprekidnog napajanja,

Stacionarna se energetska postrojenja gorivnih ćelija prema nazivnoj izlaznoj snazi dijele u četiri osnovne skupine, o čemu ovise područja primjene:

- sa snagom manjom od 10 kW: za obiteljske kuće, kampove, prijenosne električne generatore i slično,
- sa snagom između 10 i 50 kW: za stambene zgrade i manja naselja, obrtničke pogone, restorane, trgovine, manje robne kuće i slično,
- sa snagom između 50 i 250 kW: za veća naselja, poslovne zgrade, bolnice, hotele, vojarne i slično,
- sa snagom većom od 250 kW (izvedbe gorivih ćelija bez polimerne membrane).

Prema praćenju dinamike opterećenja, stacionarna postrojenja gorivnih ćelija mogu biti:

- s praćenjem dinamike opterećenja, kada je postrojenje dimenzionirano na najveće moguće opterećenje kod potrošača ili kada pokriva opterećenje samo do nazivne izlazne snage nakon čega se uključuju dodatni, vršni izvori (baterije, ultrakapaciteti, pričuvni izvori),
- sa stalnim opterećenjem, kada postrojenje mora raditi u paralelnom načinu rada s mrežom.

Stacionarna postrojenja gorivnih ćelija koriste sljedeća goriva:

- čisti vodik: koristi se samo kada postrojenja služe kao pričuvni izvor i kada su opremljena elektrolitičkim generatorom vodika koji se proizvodi pomoću energije iz mreže ili u industrijskim pogonima u kojima se može proizvoditi vodik,
- prirodni plin: koristi se u najvećem broju slučajeva zahvaljujući razgranatoj opskrbenj mreži (npr. za obiteljske kuće, stambene i poslovne zgrade, naselja itd),
- propan: koristi se umjesto prirodnog plina, ako ne postoji plinoopskrbni sustav,
- kapljevita goriva: loživo ulje, benzin, dizel, metanol, etanol.

Prema smještaju, stacionarna energetska postrojenja gorivnih ćelija mogu biti:

- na otvorenom, pri čemu se mora osigurati otpornost na vanjske utjecaje (npr. u kontejneru),
- u zatvorenom prostoru, pri čemu valja poštivati norme i propise koji to određuju,
- u odvojenoj (split) izvedbi, kada je jedan dio sustava vani (npr. priprema goriva, sklop gorivih ćelija), a jedan dio unutra (npr. regulacija i slično).

U radu su predstavljene osnovne tehničke karakteristike dva stacionarna sustava tvrtke FuelCellEnergy [4], te dva pomoćna sustava za napajanje u telekomunikacijama tvrtke IdaTech [5]. Ovakvi sustavi su dostigli cijenu od 5000kn/kW do 8000kn/kW što se danas smatra granicom isplativosti pri opskrbi velikih konzumenata [3].

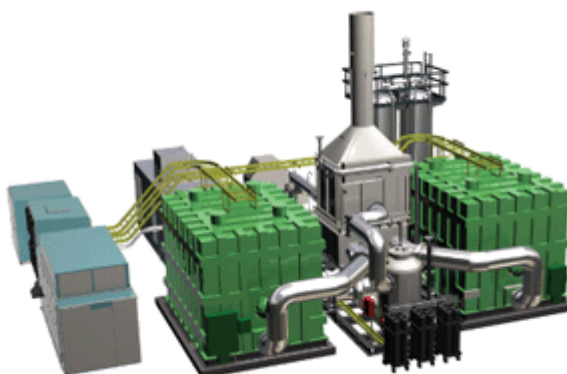
DFC300 je stacionarni sustav, sposoban isporučiti snagu do 300 kW, s 47 posto električne učinkovitosti, 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu, slika 3. Za razliku od drugih proizvoda na gorivne ćelije, DFC300 koristi goriva kao što su prirodni plin i plinoviti vodik potreban za napajanje sustava gorivnih ćelija. Uz vrlo nisku emisiju ispušnih plinova, malu buku. DFC300 se može koristiti za izravno napajanje, kogeneraciju, tj. kombinaciju topline i

energije. Sustav je pogodan za širok spektar aplikacija, uključujući i proizvodne objekte, hotele, bolnice, sveučilišta i komunalne usluge.



Slika 3. Stacionarni sustav DFC3000

DFC3000 je stacionarni sustav najveće snage, sposoban isporučiti snagu do 2,8 MW s 47 posto električne učinkovitosti. Sustav se sastoji od šest usklađenih modula. DFC3000 se može koristiti za napajanje, kogeneracije i kombinaciju topline i energije. Sustav je posebno pogodan za osiguravanje energije većim sustavima kao što su bolnice, sveučilišta, proizvodni pogoni, te mrežna podrška. S obzirom na mali utjecaj na okoliš i tihi rad idealan je za naselja gdje tradicionalni načini napajanja nisu mogući ili poželjni.



Slika 4. Stacionarni sustav DFC3000

Pomoćno napajane s gorivnim ćelijama ElectraGen H2-I je dostupno u 2,5 kW i 5 kW konfiguracijama, slika 5.



Slika 5. Pomoćno napajanje s gorivnim ćelijama ElectraGen H2-I



Napajanje pruža pouzdanu, rezervnu snagu u telekomunikacijskim primjenama. Gorivnim ćelijama se dovodi vodik, pružajući tako čistu tehnologiju bez emisije štetnih plinova i niskog utjecaja na okoliš. Koristi se napredna gorivna ćelija s polimernom membranom (PEMFC), a napajanje je namijenjeno za kritične sigurnosne primjene, gdje se zahtjeva dugi vijek trajanja uz što manji broje remonta. Napajanje ima niže troškove životnog vijeka u odnosu na baterije i dizel agregate.

Pomoćno napajane s gorivnim ćelijama ElectraGen ME služi za pokretanje trošila snage od 2,5 kW do 5 kW. Vodik se dobije iz metanola ili tekućih goriva. S vlastitom proizvodnjom vodika nije potrebna isporuka i skladištenje vodika u bocama. Napajanje je idealno rješenje za telekomunikacijske odašiljače, udaljene lokacije ili druge objekte koji zahtijevaju pouzdane rezerve snage za duže vrijeme.



Slika 6 Pomoćno napajanje s gorivnim ćelijama ElectraGen ME

3.2 Primjena gorivnih ćelija u proizvodnji topline

Primjena gorivnih ćelija u kotlovima za sustave grijanja i pripremu potrošne tople vode u obiteljskim kućama, stambenim ili poslovnim zgradama, manjim naseljima i manjim industrijskim pogonima omogućuje još veću uporabu prirodnog plina kao primarnog izvora energije, što je još jedan doprinos smanjivanju onečišćenja okoliša. Uz to se kod primjene gorivnih ćelija, osim topline, istodobno proizvodi i električna energija pa su takvi kotlovi zapravo male decentralizirane kogeneracijske elektrane. Osim potreba za toplinom za grijanje i pripremu potrošne tople vode, time se može pokrivati i jedan dio potreba za električnom energijom, čime se izbjegavaju gubici do kojih dolazi pri prijenosu i transformaciji električne energije. Isto tako, u određenom se omjeru omogućuje smanjenje proizvodnje iz elektrana na fosilna goriva, čime se neposredno smanjuje onečišćenje okoliša.

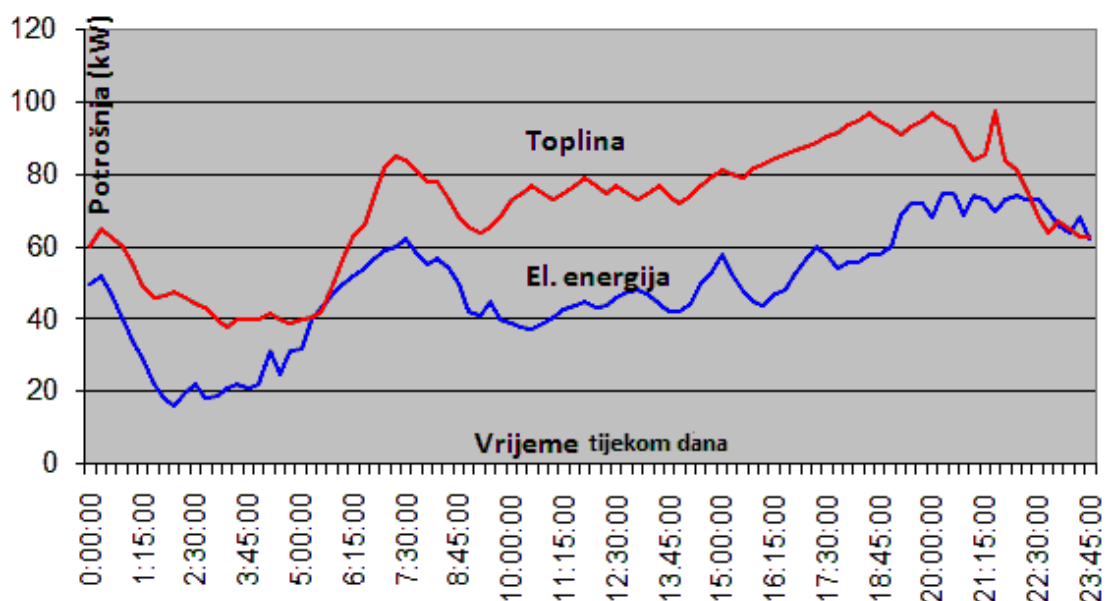
Kao primjer primjene gorivnih ćelija u proizvodnji topline uzet je primjer novog naselja od 20 obiteljskih kuća [6-7], koje su izgrađene u nizu i s kvalitetnom toplinskom izolacijom. Svako kućanstvo je priključeno na distribucijsku mrežu, ali i na malu decentraliziranu kogeneracijsku elektranu koja je realizirana tehnologijom gorivnih ćelija, slika 7.

U primjeru gorivne ćelije mogu isporučiti 2 kW električne energije i ekvivalent od 5kW topline istovremeno jednom kućanstvu. Promatrana je trenutna potrošnja toplinske i električne energije tijekom 24 sata jednog zimskog dana u tjednu kada potrošnja najviše varira, slika 8.



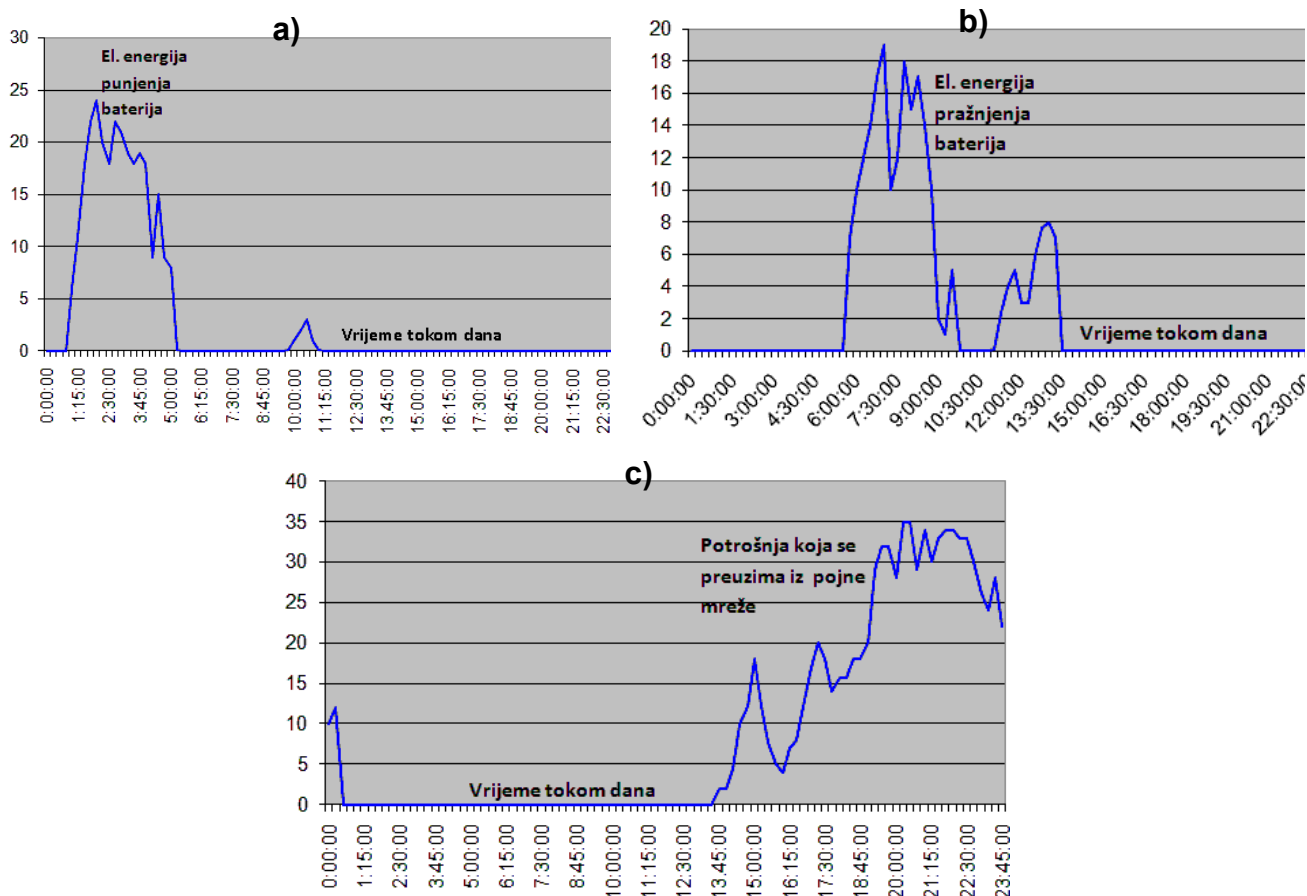
Slika 7. Primjer upotrebe gorivnih ćelija u kućanstvu

Iz dijagrama potrošnje električne energije i topline vidljivo je da gorivne ćelije osiguravaju svu potrebnu toplinu kućanstvima. Maksimalna proizvedena toplina gorivnih ćelija odgovara ekvivalentu od 100 kW. Najveća potrošnja je ujutro od 5:00 do 8:00 sati, te predvečer i tokom večeri. Gorivne ćelije ne mogu proizvesti dovoljnu količinu električne energije (maksimalna el.energija kojom se mogu opskrbiti kućanstva iz gorivnih ćelija je 40 kW), te se kućanstva moraju opskrbljivati električnom energijom iz distributivne, pojne mreže. Kako je u noći potrošnja električne energije manja od maksimalne proizvodnje električne energije gorivnim ćelijama, a gorivne ćelije proizvode jednaku količinu električne energije tokom cijelog dana, dio električne energije se pohranjuje u baterijama – akumulatorskim spremnicima energije preko sklopova energetske elektronike.



Slika 8. Dijagram potrošnje el.energije i topline tijekom dana za 20 kućanstava

Dijagrami pražnjenja i punjena kondenzatorskih baterija kao i potrošnja koja se podmiruje iz distribucijske mreže prikazana je na slici 9.



Slika 9. Dijagrami: a) Punjenje baterija u jutarnjim satima,
b) Osiguravanje potrošnje kućanstava iz baterija,
c) Potrošnja konzuma koja se preuzima iz distribucijske mreže.

Gorivne ćelije smanjuju troškove kod konzuma, ali još uvijek ne mogu zamijeniti postojeću distributivnu mrežu koja napaja konzum kada gorivne ćelije ne mogu proizvesti dovoljno električne energije da bi zadovoljili sve potrebe konzuma.

Primjer pokazuje kako su gorivne ćelije dobar proizvođač topline koja može poslužiti za grijanje vode u kućanstvu i električne energije gdje učinkovitost seže do 90 %. No, još uvijek se ne upotrebljavaju u kućanstvima iz dva razloga. Prvi razlog su relativno velike dimenzija cijelih sustava (ćelije, baterije, izmjenjivački moduli), a to ujedno znači osiguravanje velikog prostora pri puštanju u rad gorivih ćelija. Drugi razlog je dominantan i ekonomske je naravi. Budući da se glavni troškovi otprilike kreću oko 20000kn/kW to je još uvijek preskupo za sadašnji životni standard kad se uzme da je prosječna maksimalna potrošnja jednog kućanstva za električnu energiju ekvivalenta potrošnji od 4kW .



5. Zaključak

Gorivne ćelije su djelotvorni pretvarači energije koji nemaju pokretnih dijelova, pa zbog toga rade gotovo bešumno. Pružaju najčišći način proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva.

Istraživanje i razvoj tehnologija gorivnih ćelija su u tijeku kako bi se smanjili troškovi i osigurala komercijalna proizvodnja gorivnih ćelija za primjenu u kućanstvima. Troškovi primjene gorivnih ćelija u kućanstvima još su uvijek skupi i iznose 20000 kn/KW.

Za razliku od domaćinstava, ekonomičnost stacionarnih postrojenja gorivnih ćelija za velike potrošače je uvjetovan s cijenom goriva i električne energije: postrojenja su isplativija tamo gdje je struja skupa, a plin jeftin. Granicom isplativosti smatra se iznos od 5000 kn/kW do 8000 kn/kW kada je omjer cijene struje i plina zadovoljen.

Kako tehnologija napreduje svakim danom, može se očekivati pad cijena gorivnih ćelija i njihova komercijalna proizvodnja, te veća dostupnost na tržištu.

6. Literatura

- [1] J.H.Hirschenhofer, D.B.Stauffer, R.R.Engleman, and M.G Klett, *Fuel Cell Handbook* Department of Energy, Office and Fossil Energy, Federal Energy Technology Center, Morgantown, West Virginia, 1998
- [2] *Fuel Cell Handbook*, Department of Energy, Office and Fossil Energy, Federal Energy Technology Center, Morgantown, West Virginia, 2004.
- [3] http://www.energetika-net.com/skola/oie/energija-vodika/gorive-celije-primjena#elektricna_energija
- [4] <http://www.fuelcellenergy.com/>
- [5] <http://www.idatech.com/>
- [6] K.Takano, 2005, „Demonstracijski projekt novog sustava opskrbe energijom -1, NEDO pojačano istraživanje“, *The Journal of IEEJ, Japan*, 125, pp. 153-155
- [7] A. Yokoyama, 2005, „Općeniti pogled: Novi trendovi sustava opskrbe energijom“, *The Journal of IEEJ, Japan*, 125, pp. 145-148.



Planiranje i praćenje remonta postrojenja za proizvodnju plina i nafte uz primjenu informatičkih tehnologija

Planning and monitoring of plant overhaul for gas and oil production processes through the applying of informatics technology

T. Šarić¹, I. Ugarković², G. Šimunović¹, R. Lujčić¹, D. Pezer¹,

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

² Croscos d.o.o. Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: tsaric@sfsb.hr

Sažetak

U radu se daje kratka analiza organizacije održavanja u poduzeću koje se bavi bušenjem i ostalim plinskim i naftnim servisima na kopnu i moru. Za odabrane objekte održavanja daju se tehničke karakteristike s kratkim opisom. Za opisani objekt održavanja oblikuje se tehnologija planskog popravka - remonta te se analiziraju potrebni resursi za izradu plana remonta. Koristeći odabranu programsku podršku, izrađuje se plan remonta za odabrani objekt održavanja te oblikuje plan praćenja remontnih aktivnosti.

Abstract

The paper shows short analysis of organisation of maintenance department in enterprises for drilling and services of gas and oil plant on the ground and on the sea. For chosen maintenance objects technical characteristics and short description will be given. For maintenance objects overhaul technology will be given and analysis of necessary resources for plan, as well. Through the programme support overhaul plan and monitoring plan will be realised.

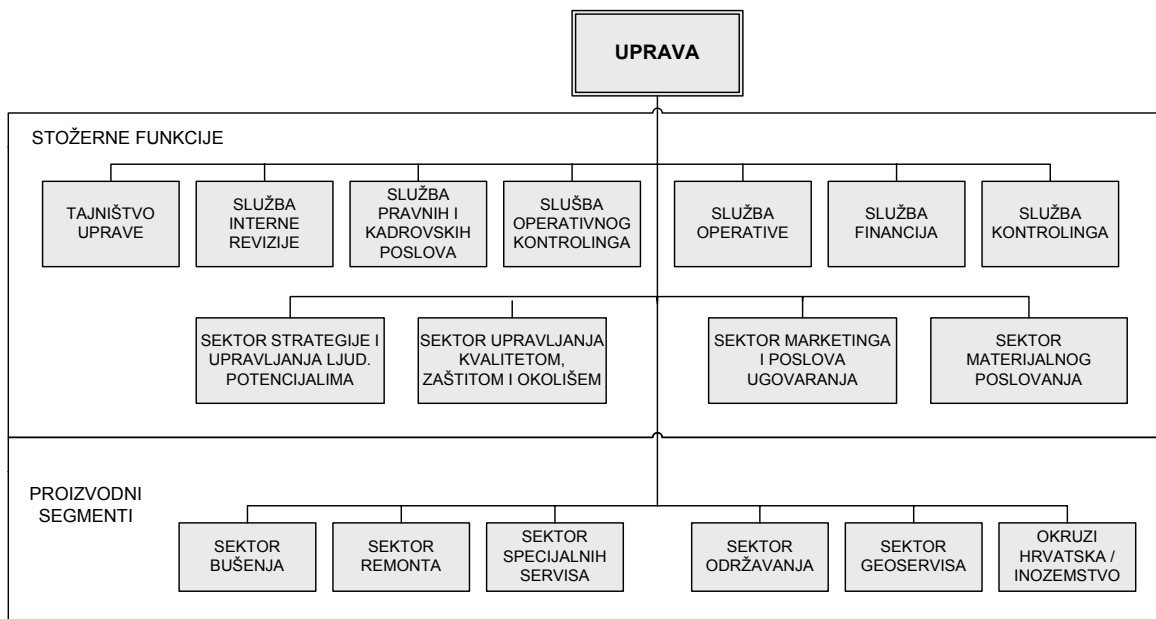
Ključne riječi: održavanje, remont, plin

1. Uvod

Tvrtka Croscos Naftni servisi d.o.o. je integrirana servisna tvrtka za bušenje i ostale naftne servise na kopnu i na moru. Croscos posjeduje certifikate ISO 9001, ISO 14001 i OHSAS 18001, od Bureau Veritas Certification Hrvatska. Također je član Međunarodnog udruženja bušačkih kontraktora (IADC) te Međunarodnog foruma za kontrolu tlaka u bušotini (IWCF). Da bi se osigurala potpuna integracija svih sustava i efikasnosti, kompanija ima implementiran „SAP R/3“ informacijski sustav za upravljanje i „Galiot“ kao sustav preventivnog i korektivnog održavanja.

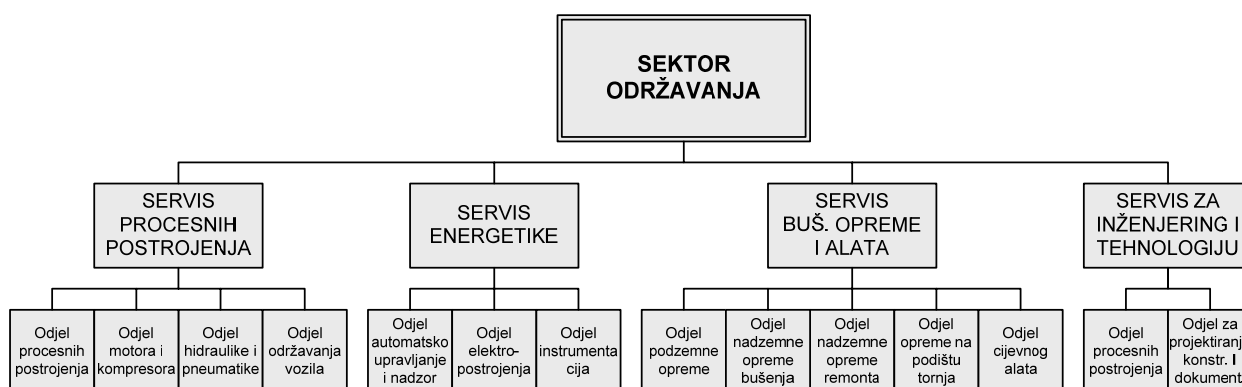
2. Organizacija održavanja u Croscu

Organizacija trgovačkog društva Croscu, naftni servisi d.o.o. oblikovana je na način da ostvari misiju i glavne ciljeve postavljene pred tvrtku, te da se njome podržava ostvarenje strategije, politike i ciljeva kvalitete tvrtke, a međusobne veze poslovnih funkcija i integriranih servisa omogućuju skladnu optimalizaciju usluge. Organizacija tvrtke (slika 1.) je mješovitog tipa funkcionalne, proizvodne i teritorijalne divizionalne, te mrežne organizacijske strukture.



Slika 1. Organizacijska struktura Croscu-a

Na slici 2. prikazana je Organizacijska struktura Sektora održavanja.



Slika 2. Organizacijska struktura Sektora održavanja

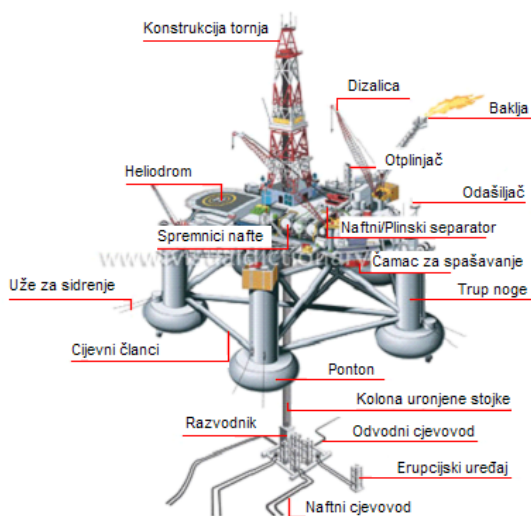
Zadatak Sektora održavanja je održavanje postrojenja i opreme unutar tvrtke, a iznimno Sektor pruža i usluge prema klijentima izvan Croscu-a. Aktivnosti Sektora održavanja podijeljene su na [2]. : Procesna postrojenja, Energetiku, Rudarsku opremu, Projektiranje i inženjering, Vođenje posebnih projekata i Unapređivanje postojećih tehnologija.

Pod održavanjem opreme podrazumijevaju se sve aktivnosti osim rekonstrukcija i planiranih preventivnih aktivnosti, koje imaju za cilj postizanje operativnog i funkcionalnog stanja opreme u svakom trenutku bez obzira na lokaciju. Ove aktivnosti se baziraju na zamjeni kompletnih sklopova ili elemenata sklopova na licu mjesta, a popravak ili servis se obavlja u radionicama servisa. Procedura održavanja sastoji se od: *Zahtjeva za radove, Pripreme aktivnosti, Defektaže, Neusklađenosti, Odluka o popravku, Priprema, Popravak, Ispitivanje, Prihvatljivost, Promjena klase, Zatvaranje radnog naloga, Skladište ili isporuka.* Servis ima obavezu pohranjivati sve zapise o održavanju opreme i čuvati ih do rashoda. Radna mjesta i šifre radnih mjesta zaposlenika koji sudjeluju u održavanju točno su definirani organizacijskom shemom i opisom radnoga mjesta.

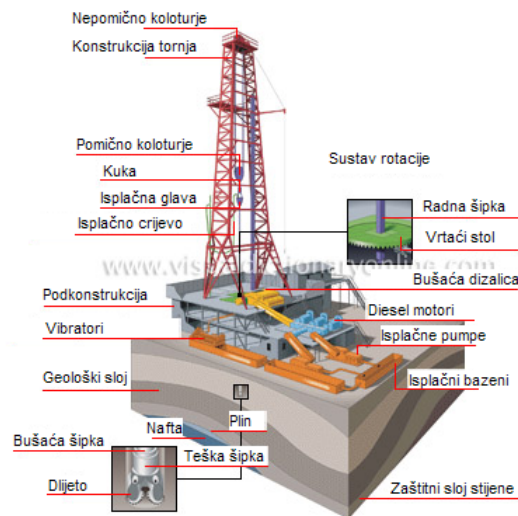
3. Opis tehnološke opreme za eksploataciju plina i nafte

3.1 Bušača postrojenja

Bušenje u akvatoriju obično se odnosi na otkrivanje i eksploataciju naftnih i plinskih resursa koji se nalaze pod vodom. Postoji mnogo različitih vrsta platformi za bušenje u akvatoriju, od platformi sa vlastitim nogama za plitke vode (*eng. jack-up*) pa do plutajućih poluuronjivih platformi (*eng. semi-submersibles*) i brodova za bušenje u vrlo dubokim vodama. Na slici 3. prikazana je poluuronjiva platforma.



Slika 3. Poluuronjiva platforma za bušenje nafte i plina [4]



Slika 4. Kopneno bušaće postrojenje [5]

Bušenje i proizvodnja nafte i plina u akvatoriju je složenija nego bušenje na kopnenim postrojenjima s obzirom na daljinu, uvjete rada i okolinu. Velik dio inovacija u „off-shore“ naftnom sektoru proizlazi kako prevladati te izazove, uključujući i potrebu da se osiguraju veliki proizvodni pogoni. Današnji trend je provođenje više podmorskih proizvodnih operacija, odvajanje vode iz nafte te ponovno ubrizgavanje, a ne pumpanje do platforme, ili slanje na kopno bez vidljivih instalacija iznad mora. Pomoću podmorskih postrojenja iskorištavaju se resursi u progresivno dubljim vodama, na mjestima koja su nedostupna pa čak i ispod morskog leda kao što je u Barentsovom moru.



Croscos posjeduje dvije platforme i to: platformu Labin koja je opremljena za bušenje u plićim vodama i poluuronjivu platformu Zagreb-1 za bušenja u dubljim morima.

Kopneno bušaće postrojenje može biti pokretna oprema instalirana na kamionima, tračnicama ili prikolicama, ili može biti trajno postavljeno na tlu. Izraz „postrojenje“ stoga se općenito odnosi na kompleks opreme koja se koristi za prodiranje alata u površinu Zemljine kore. Na slici 4. prikazano je kopneno bušaće postrojenje sa osnovnom opremom. Tvrtka Croscos posjeduje 12 kopnenih bušaćih postrojenja te 2 mobilna bušaća-remontna postrojenja.

3.2 Remontna postrojenja

U pravilu, remonto postrojenje je pokretno postrojenje s tornjem, pogonskim motorima i drugom opremom i uređajima koje služi za osvajanje, ugradnju opreme i održavanje bušotine te slojeva u ležištu. Remont bušotine svrstavaju među najsluženiju, fizički tešku i financijski skupu vrstu poslova. Razlog za remontom bušotine mogu biti proizvodne cijevi zbog oštećenja nastalih zbog operativnih faktora kao što su korozija do točke gdje je ugrožen integritet bušotine. Podzemne komponente kao što su cijevi, sigurnosni ventili ili električne potopne pumpe potrebno je nakon određenog razdoblja zamijeniti. Razlog za remont može biti i kompletna zamjena cijevi na manji promjer zbog smanjenja produktivnosti podzemnog resursnog spremnika kako bi se ujednačio protok. Remont se sastoji od sljedećih radnji: pripremi radovi, gušenje bušotine, demontaža površinske opreme, opremanje i ispitivanje te servisiranje slojeva bušotine, osvajanje i ispitivanje bušotine, stimulacija intervala, ugradnja opreme, ispitivanje hermetičnosti i probni rad.

Croscos u svom voznom parku posjeduje 25 samo-pogonskih remonto postrojenja za održavanje bušotina. Najčešće su zastupljena postrojenja proizvođača Skytop, Cardwell i Kraz. Radni kapacitet remonto postrojenja nalazi se u rasponu od 1830 do 6500 m odnosno nosivosti od 50 do 136 t. Sva remonto postrojenja su samo-hodna, tipa „back-in“ sa vlastitim podizanjem tornja.

4 Izrada plana remonta za odabranu opremu

Projekt je ciljno usmjerena, jednokratna, relativno nova i kompleksna namjera, produkt ili cjelovitost međusobno povezanih aktivnosti čije je trajanje vremenski ograničeno.

Projektom se može smatrati svaki niz aktivnosti i zadataka koji imaju [3]:

- određeni cilj koji treba biti ostvaren unutar određene specifikacije,
- definiran datum početka i završetka,
- financijska ograničenja,
- da koriste ljudske i materijalne resurse,
- i da su multifunkcionalni.

U tvrtki Croscos, srednji i viši management tvrtke zaduženi su za definiranje projekta i razvoj planova koji opisuju glavne aktivnosti projekta. Za svaki novi projekt, kao i za već ugovorene/naručene projekte potrebno je izraditi planove rada. Oni su odgovorni, u skladu sa zahtjevima plana, dodijeliti voditelju projekta kvalificirano osoblje za izradu aktivnosti



projektiranja. U planu radova moraju biti jasno definirane odgovornosti za svaku aktivnost u projektu.

Organizacijski dijelovi tvrtke izrađuju planove izvođenja radova:

- Po zahtjevu naručitelja radova, a prema njegovom projektu radova ili projektu radova kojeg je izradila tvrtka;
- Za potrebe tvrtke (svi radovi moraju biti popraćeni planovima izvođenja radova).

Temeljem provjerenih i usuglašenih ulaznih podataka, voditelj projekta izrađuje terminski plan aktivnosti projekta, koristeći uobičajene metode za planiranje (GANT, PERT). U izradi plana radova na zahtjev voditelja projekta sudjeluju i djelatnici iz servisa. Plan odobrava izvršni direktor izvođenja radova ili upravitelj okruga. Naručitelj radova može zahtijevati da se izradi plan izvođenja radova na osnovu njegovog projekta. Imenovani voditelj projekta izrađuje plan izvođenja radova prema projektu naručitelja, a odobrava se na način kao i projekt kojeg izrađuje tvrtka za potrebe naručitelja radova.

Za ovaj rad odabrana je analiza i priprema aktivnosti na kopnenom bušaćem postrojenju.

4.1 Priprema plana za remont postrojenja

Nakon pregleda povijesti održavanja opreme i razgovora sa održavateljima na postrojenju i članovima posade potrebno je definirati aktivnosti koje će se obaviti za vrijeme remonta postrojenja. Svako stajanje za remont unaprijed je određeno brojem dana tako da se sve aktivnosti moraju dobro isplanirati kako bi bile izvršene na vrijeme i u roku jer svako „probijanje“ roka je financijski kontraproduktivno za tvrtku. U tablicama 1 i 2 dan je primjer kako je pripremljena oprema i aktivnosti koje se moraju obaviti za vrijeme remonta (ostali pregled aktivnosti može se pogledati u [2]).

Tablica 1. Konstrukcija tornja

Pozicija	Aktivnost	MS	VS
Konstrukcija	NDT pregled zavara Recertifikacija	x	x x

Tablica 2. Podkonstrukcija

Pozicija	Aktivnost	MS	VS
Zavarene pozicije podišta i podkonstrukcije	NDT pregled zavara Recertifikacija	x	x x
Noseće uške i svornjaci	NDT pregled uški i svornjaka Recertifikacija	x	x x

Danim pregledom opreme i aktivnosti može se zaključiti da se radi o velikom broju uređaja koji će biti zahvaćeni u ovom remontu te je to jedan razlog više da se aktivnosti raščlane i da se pravilno razmotre kako bi se za svaku aktivnost mogli upotrijebiti podaci za pravilnu izradu terminskog plana remonta. Prije raščlanjivanja aktivnosti potrebno je odrediti ljudske resurse odnosno izvršitelje koji će biti angažirani, njihov broj, potrebno vrijeme za pojedine aktivnosti te cijenu radnog sata. Zbog jednostavnosti unosa podataka i boljeg pregleda u tablice se uvode skraćenice. Pregled dijela skraćenica, cijena radnog sata po izvršitelju i potreban broj istih dati su u tablici 3.



Tablica 3. Pregled oznaka dijela resursa za remont

Naziv kapaciteta	Oznaka	Cijena sata	Potreban broj izvršitelja
Električar inženjer	Eleng	\$50,00/h	2
Električar	El	\$32,00/h	4
Mehaničar	Meh	\$32,00/h	2
Hidrauličar	Hidr	\$32,00/h	1
Strojovravar	Sbrv	\$30,00/h	4
Zavarivač	Zav	\$35,00/h	2
Crosco NDT	Cndt	\$30,00/h	1
BOP specijalist	BOPspec	\$42,00/h	2
Posada postrojenja	Posada	\$35,00/h	9

Osim ljudskih resursa moraju se definirati i materijalni resursi u pogledu korištenih pomoćnih sredstava, alata i opreme prilikom remonta postrojenja. Potrebno je specificirati listu rezervnih dijelova koji će biti utrošeni za vrijeme remontnih radova. Rezervni dijelovi definirani su internim identifikacijskim brojem tvrtke, kataloškim brojem proizvođača, nazivom, količinom te mjernom jedinicom. Pregled ljudskih resursa i pripadajućih rezervnih dijelova cjelovito je dan u [2].

4.2 Oblikovanje aktivnosti remonta postrojenja

Nakon što su definirani kapaciteti i utvrđena njihova jedinična cijena po satu, određena je lista potrebnih rezervnih dijelova s kataloškim brojevima te potreban alat i pomoćna sredstva za obavljanje remonta, moguće je definirati pojedine aktivnosti s vremenima. Prethodne tablice se određuju uvijek prije slijeda aktivnosti kako bi imali sve potrebne ulazne podatke za izradu istog. Nepredviđeni i neplanirani radovi u tijeku remonta rade se odmah uz dodatne aktivnosti kako bi se svi radovi i potrebni dijelovi mogli sigurno i na vrijeme obaviti.

Tablice 4 i 5 prikazuju dio glavnog plana remonta postrojenja sa točno isplaniranim aktivnostima. Svaka aktivnost je točno definirana dužinom trajanja, određena prema normama rada i iskustveno na osnovu prethodnih remonata, uz pripadajuće kapacitete, rezervne dijelove i resurse. Svi ostali planovi remonta (dodatni radovi) moraju se prilagoditi ovom planu. Važno je ovdje spomenuti da su dužine trajanja aktivnosti planirane bez poteškoća pri remontnim radovima, a ukoliko se pojave neplanirani problemi takve naravi kao što su zapečenost i lomovi pri demontaži sklopova, spojnih elemenata, oštećenja dosjedni površina produžiti će se pojedine dužine trajanja aktivnosti, te se mora na vrijeme napraviti korekcija vezanih aktivnosti kako bi planirane vezane aktivnosti u roku bile obavljene i na njih se ne bi čekalo. Takve pojave se posebno registriraju i naknadno obrađuju.



Tablica 4. Konstrukcija tornja – planirane aktivnosti

Aktivnost	Kapacitet	Potrebni resursi	Vrijeme rada [dani]
Pjeskarenje svih zavara konst.	2Vosc	AAkz	5
NDT pregled zavara	2Tub	ANdt	2
Recertifikacija	1Petr		5
Bojanje pjeskarenih mjesta	2Vosc	AAkz	1
Zamjena el. kabela rasvjete tornja	2EI, 2Posada	RD, Vil, AEI	35

Tablica 5. Podkonstrukcija – planirane aktivnosti

Aktivnost	Kapacitet	Potrebni resursi	Vrijeme rada [d]
Pjeskarenje svih zavara podkonstr.	2Vosc	AAkz	5
NDT pregled zavara	2Tub	ANdt	2
Recertifikacija	1Petr		5
Bojanje pjeskarenih mjesta	2Vosc	AAkz	1

5. Izrada plana remonta u MS Project-u

Zbog svoje jednostavne primjene i dostupnosti, te kompatibilnosti i iste logike kao kod ostalih MS Office alata, Microsoft Project se često koristi prilikom planiranja i praćenja aktivnosti tijekom servisnih radova. Primjenom ovog programskog alata dobivamo određenu razinu detaljiziranosti, ali isto tako i fleksibilnost u radu. MS Project omogućuje i u velikoj mjeri olakšava praćenje raznih troškova, količine rada, opterećenosti resursa i vremenskih ograničenja. Jednostavnim unosom aktivnosti, resursa i njihovim usklađivanjem dobivamo veću preglednost i jasniju sliku napredovanja poslova tijekom servisa u vremenu. Pri tome voditelji servisa, rukovodstvo i ostali djelatnici koji su uključeni u radove pri kreiranju, organiziranju i praćenju servisa, dobivaju određenu fleksibilnost i mogućnost upravljanja servisom, a također i široku listu grafičkih prikaza i potrebnih izvješća.

5.1 Rad u MS Project-u

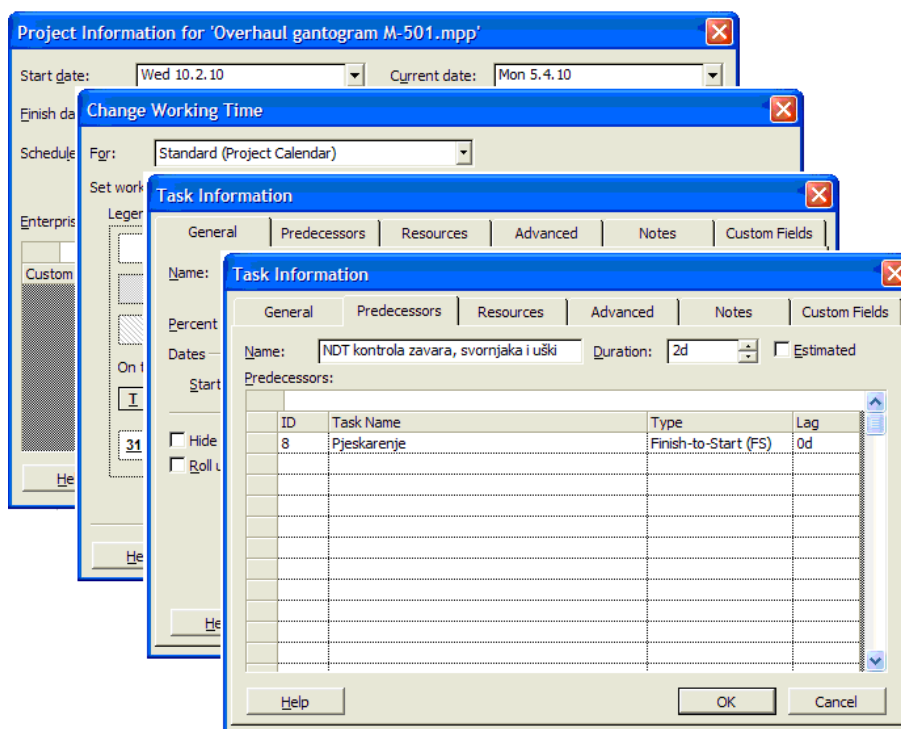
Programski paket pod nazivom Microsoft Project je fleksibilna softverska aplikacija koja nam omogućuje izradu grafičkog planiranja projekta, procjenu zahtjeva za resursima, analiziranje ovisnosti zadaća, te praćenje napretka projekta odnosno stanje gotovosti pojedinih aktivnosti u bilo kojem trenutku. Aplikacija se može koristiti za grafički prikaz rasporeda projekta gdje se jednostavnim upisima aktivnosti dodjeljuje vremensko trajanje ili period u kojem navedeni moraju biti obavljani.

Prvi korak kod korištenja MS Projecta (MSP) je dodjeljivanje datuma početka projekta. Određeni početni datum projekta biti će datum za sve zadatke dok se ne uspostavi odnos ovisnosti početaka za ostale zadatke. Ako se ne postavlja početni datum, MSP će postaviti zadatke na trenutni datum. Ako se planira dugoročni projekt može se u kalendaru prilagoditi period za godišnji odmor ili vrijeme namijenjeno putovanju.

Izborom na alatnoj traci *Project* → *Project Information* definiramo početni ili završni datum te ostale osnovne informacije o projektu. Slijedeći korak je unošenje zadataka u tablicu odnosno potrebnih aktivnosti koje je potrebno izvršiti u zadanom periodu kako bi projekt bio uspješan. Radno vrijeme izvršavanja svakog zadatka na projektu određuje se preko izbornika *Tools* → *Change Working Time*. Unos aktivnosti se najjednostavnije upisuje direktno u tablicu. Klikom na praznu ćeliju otvara se prozor u koji po karticama upisujemo sve važne parametre koji se odnose na upisani zadatak. Ukoliko se aktivnosti odvijaju po određenom vremenskom slijedu potrebno je između međusobno ovisnih aktivnosti odrediti odnos. Moguće ovisnosti među aktivnostima su:

- Finish-to-Start (FS) – sljedeća aktivnost ne može početi dok prethodna nije završila
- Start-to-Start (SS) – sljedeća aktivnost ne može početi dok ne počne prethodna
- Finish-to-Finish (FF) – sljedeća aktivnost ne može završiti dok ne završi prethodna
- Start-to-Finish (SF) – sljedeća aktivnost ne može završiti prije početka prethodne

Pod nazivom „resurs“ podrazumijevamo osobu, imovinu, materijal, informaciju ili kapital koji može biti korišten za postizanje cilja odnosno izvršavanja aktivnosti. Za izvršavanje svake od navedenih aktivnosti dodjeljujemo resurse kako bi mogli pratiti količinu posla koju obavljaju ljudi i tehnička oprema te nadgledati potrošnju pojedinih materijala. Dodijeljeni resursi aktivnostima mogu se vidjeti (upisati) u okviru *Task Information* pod karticom *Resources*. Kako je zbog ograničenog prostora nemoguće opisati sve učinjene korake, na slici 5. mogu se vidjeti neke od korištenih programskih maski na oblikovanju plana remonta u programskom paketu MS Project s konkretnim i pripremljenim podacima za remont (planski popravak).



Slika 5. Programske maske MS Project-a

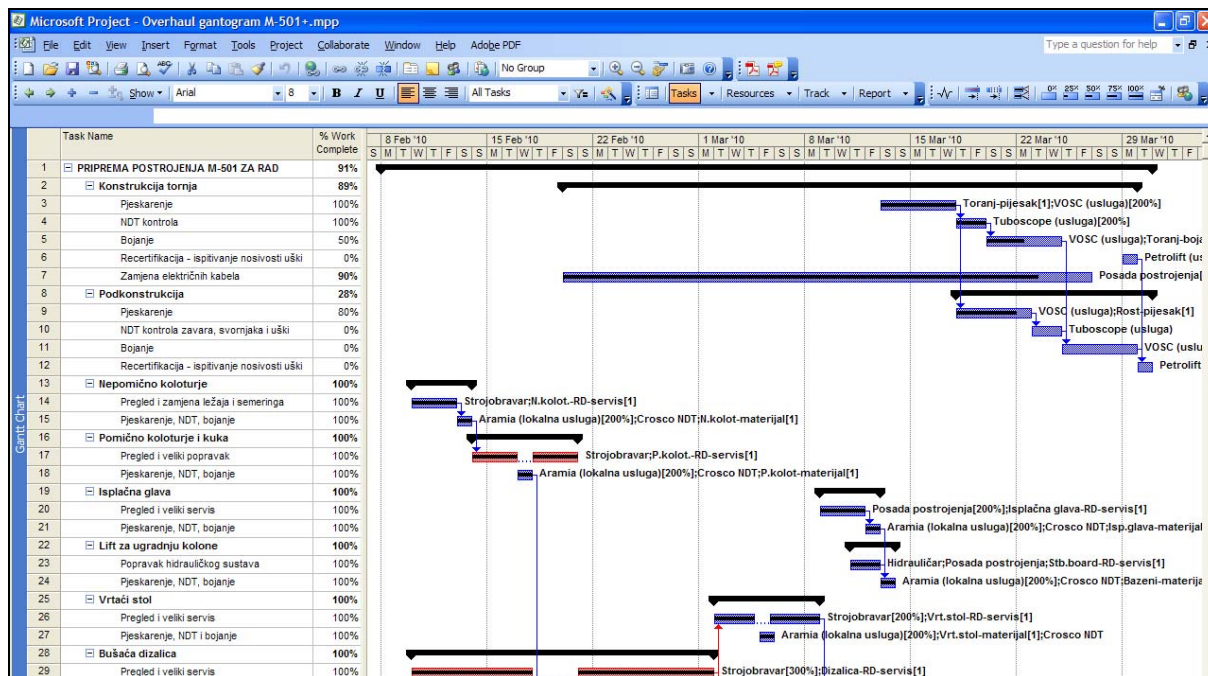
5.2 Praćenje plana remonta uz primjenu MS Project-a

Kako bi zahtijevani poslovi remonta bili pod kontrolom i kako bi se u svakom trenutku mogla vidjeti realizacija plana remonta potrebno izvoditi nadzor i praćenje zadanih aktivnosti prema oblikovanom planu remonta. Današnji trend tržišta zahtjeva osim funkcije praćenja obavljenog posla i informacije o ostvarenim troškovima na remontu u odnosu na planirane troškove remonta. Uz primjenu redovitog ažuriranja plana remonta MS Project omogućava vrlo brz i detaljan pregled svih potrebnih izvještaja o tijeku, gotovosti, rasporedu, resursima i troškovima projekta. MS Project za definirani Plan remonta omogućuje oblikovanje različitih izvještaja u obliku u kojemu se podnose neposrednim rukovoditeljima kako bi imali uvid u tijek i stanje izvršenih i planiranih radova.

Oblikovanje i praćenje Plana remonta uz primjenu specijaliziranih programskih paketa, omogućuje korisniku pouzdane i točne informacije o stanju plana te su u svakom trenutku dostupne potrebne informacije za upravljanje i nadzor remonta.

Pregled cjelovitog oblikovanja i praćenja remonta za odabranu opremu uz prikaz različitih izvješća, generiran MS Project-om, a u svrhu upravljanja, praćenja i analize remonta cjelovito je dan u [2].

Slika 6. prikazuje oblikovani plan remonta za odabranu opremu s tijekom aktivnosti planiranog servisa, stanje gotovosti pojedinih zadataka te njihove izvršioce.



Slika 6. Prikaz oblikovanog plana remonta za odabranu opremu



6. Zaključak

Kako bi se osigurao cjelodnevni rad postrojenja kontinuirano kroz duže razdoblje i zadržao visoki standard obavljanja radova, Croscos je razvio tim stručnjaka za pružanje usluga u mnogim aspektima kako u pronalaženju nafte i plina tako i u održavanju opreme. Bušača postrojenja rade u teškim uvjetima te daleko od sjedišta matične tvrtke. U tim uvjetima potrebno je zadržati raspoloživost opreme jer i najmanji zastoj ili kvar može donijeti tvrtki velike gubitke ili biti poguban za zaštitu okoliša.

Kako bi se povećala ili barem zadržala razina raspoloživosti korištene opreme i poboljšala učinkovitost korištenja resursa održavanja te smanjila mogućnost pojave oštećenja i/ili kvara javila se potreba za boljim provođenjem održavanja opreme.

U ovom radu prikazan je primjer planiranja i terminiranja servisnih aktivnosti na kopnenom bušačem postrojenju korištenjem programskog paketa MS Project. Korištenjem MS Projecta i sličnih programskih rješenja za planiranje i praćenje održavanja opreme dobiva se bolji nadzor nad poslovima što omogućuje pravovremeno reagiranje, pravilan raspored i optimalno opterećenje pojedinih resursa. U bilo kojem trenutku omogućen je prikaz troškova plana, grafički prikaz tijeka aktivnosti te različiti izvještaji za rukovoditelje.

7. Literatura

- [1] URL: <http://www.croscos.com> (24.06.2010.)
- [2] Ugarković, Igor. Planiranje i praćenje remonta postrojenja za proizvodnju nafte i plina - Diplomski rad, (mentor: prof.dr. Tomislav Šarić), Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 2011.
- [3] Farthing, W. Dave: *Software project management*. University of Glamorgan, 2008.
URL: <http://www.comp.glam.ac.uk/pages/staff/dwfarthi/projman.htm> (22.03.2011.)
- [4] URL: <http://visual.merriam-webster.com/energy/geothermal-fossil-energy/oil/production-platform.php> (03.03.2011)
- [5] URL: <http://visual.merriam-webster.com/energy/geothermal-fossil-energy/oil/drilling-rig.php> (03.03.2011)



Izbor i planiranje rada strojeva za zemljane radove kod izvedbe podzemnih vodova

The selection and planning of earthmoving machinery in construction of underground lines

D. Vidaković¹

¹Građevinski fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

E-mail: pbrana@gfos.hr

Sažetak

Rad se bavi područjem organizacije građenja kod izvođenja podzemnih vodova (plinskih, toplovodnih, vodovodnih i sl.). U njemu se analiziraju kriteriji izbora optimalne mehanizacije za projektirane zemljane radove (iskope, Transporte, zbijanje i dr.). Objasnjava se planiranje troškova, učinka i potrebnog vremena rada strojeva.

U članku se pokazuje način određivanja radne grupe strojeva kod njihovog povezanog djelovanja, postupak njihovog užeg izbora prema najnižem koštanju jedinice proizvoda (m³) i ovisnost isplativosti uporabe strojeva o količini rada.

Upozorava se na opasnosti lošeg planiranja i odlučivanja koje je često u našoj praksi.

Abstract

The paper deals with area of construction management for realization of underground lines (gas, heating, plumbing, etc.). It analyzes criteria for the selection of optimal machinery for designed earthworks (excavation, transport, compaction, etc.). It also explains planning of cost, efficiency and necessary running time of machines. Furthermore, the paper describes the method of determining the working group of machines with their connected activities, the proces of their selection according to the lowest unit cost of products (m³) and dependence of machines' cost-effectiveness on the amount of work.

In the end the attention is drawn to the danger of poor planning and decision making that is often in our practice.

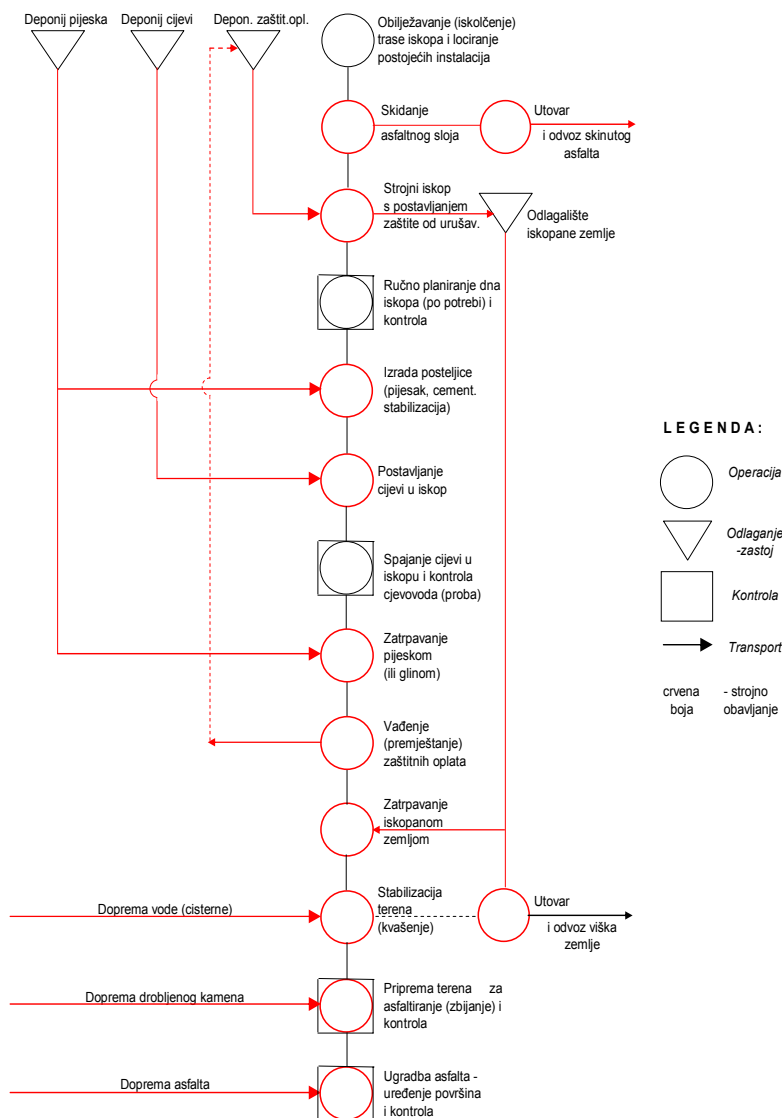
Ključne riječi: građevinski strojevi, planiranje, troškovi, učinak, izbor rješenja

1. Uvod

Realizacija svih projekata različitih podzemnih vodova ima veliki udio građevinskih radova (rušenja, iskopi, utovari, transporti, montaže, nasipavanja, izravnavanja, zbijanja i dr.) koji su redovito u velikoj mjeri mehanizirani (visok stupanj zahvata radova mehanizacijom).

Za iskope i utovar, kao i za zatrpavanje (nasipanje), najčešće se koriste bageri (različitih vrsta, mogu biti i tzv. kombinirke). Kod tvrdog (stjenovitog) tla češće se primjenjuju

rovoglodači (trenčeri) [1], a novije tehnologije za polaganje plićih vodova u urbanim sredinama povezuju ih u radu s usisnim strojevima koji sami odvoze iskopani materijal na odlagalište. Zatrpavanje - nasipanje s hrpe u rovove može se obavljati i (bul)dozerima i utovarivačima. Kao transportna vozila uobičajeni su kiperi, dok su za zbijanje zemlje valjci i vibroplоче odgovarajućih karakteristika. Za manipulaciju cijevima, oplatama i drugim komadnim materijalima služe mobilne dizalice, a kao takve se mogu iskoristiti i neki bageri, ako zadovoljavaju svojim dohvatom i nosivošću. Postoji i mini mehanizacija, prilagodljiva uvjetima smanjene raspoloživosti prostora i isplativa već kod manjih količina radova. Djelovanje strojeva jako utječe na glavne ciljeve projekata s većim zemljanim radovima. Oni mogu znatno ubrzati dinamiku, sniziti troškove (ako je količina rada dovoljno velika) i podići kvalitetu radova, te uz to oslobađaju radnike teških i opasnih fizičkih poslova. Uporaba strojeva trebala bi se definirati na karti procesa (slika 1.) koja je sastavni dio projekta organizacije građenja (POG-a).



Slika 1. Karta procesa građevinskih radova za izvedbu podzemnih vodova



Da bi uporaba strojeva imala što pozitivniji efekt potrebno je izabrati njihovu optimalnu vrstu i broj za konkretni zadatak. Na operativnom nivou često se ponavljaju slične situacije koje se rješava rutinski, s iskustvenim odlučivanjem (tzv. programirano). No, svaki projekt je jedinstven i njegovo planiranje za složene probleme iziskuje analitički pristup kroz proces racionalnog odlučivanja.

U našoj praksi vrlo često se postupa neprimjereno prihvaćajući prvo tehnički moguće rješenje, obično ono do tada već uobičajeno. Zanemaruje se ostale mogućnosti i veći broj kriterija odlučivanja, koje bi izvođač zbog svoje koristi trebao razmotriti.

2. Planiranje dinamike radova

2.1. Učinci strojeva

Učinak jednog ili više strojeva može se definirati kao količina kvalitetom zadovoljavajućeg rada, odnosno proizvoda, izražena u adekvatnim mjernim jedinicama (za ovu vrstu radova najčešće u m³), koja se obavi u nekoj jedinici vremena (osnovni je satni učinak).

Prvo se određuje temeljni, tehnički učinak (U_t) koji proizlazi iz konstruktivnih svojstava stroja, kao što je snaga motora, brzina pri radu i veličina osnovnih radnih alata (q). Ovaj učinak se nekada može doznati od proizvođača strojeva, a za sve strojeve koji rade ciklično (npr. bageri s jednom lopatom, vozila, dozeri) može se odrediti prema izrazu:

$U_t \left[\frac{m^3}{h} \right] = n_c \times q = \left(\frac{3600}{T_c [s]} \right) \times q \left[m^3 \right]$, gdje je n_c broj ciklusa u jednom satu rada, a T_c je prosječno trajanje jednog ciklusa rada stroja [2, 3].

Za strojeve koji imaju kontinuirano djelovanje, jer imaju veći broj lopatica (zapremnine q) vezanih na neku vrstu beskonačnog lanca ili kola (npr. rovokopači), teorijski učinak se izračunava uzimajući u obzir brzinu kretanja lopatica (v) i razmak između njih (d):

$$U_t \left[\frac{m^3}{h} \right] = 3600 \times q \left[m^3 \right] \times \frac{v \left[\frac{m}{s} \right]}{d \left[m \right]}$$

Za rovoglodače koji šiljcima stružu stijenu ovu formulu treba prilagoditi.

Strojevima s kontinuiranim djelovanjem koji se kreću u radu učinak se određuje prema izrazu koji osim prosječne brzine kretanja (v) uračunava širinu zahvaćenu pri svakom prolazu (b), umanjenu za širinu preklapanja (b_{pr}), i potrebni broj prolaza za obradu (n_{pr}):

$$U_t \left[\frac{m^2}{h} \right] = \frac{1000 \times v \left[\frac{km}{h} \right] \times (b \left[m \right] - b_{pr} \left[m \right])}{n_{pr}}$$

Da se učinak izrazi u m³/h, kod valjaka se učinak u m²/h množi s debljinom zemljanog sloja nakon zbivanja.

U_t se naziva i teorijski učinak jer se može postići samo u idealnim radnim uvjetima i za kraće periode rada, pa kao takav nije realan za planiranje. Kako bi se odredio planski učinak (U_p), od nekih autora nazivan i praktični, potrebno je predvidjeti i uračunati utjecaj konkretnih, praktičnih uvjeta rada, kao i stanje stroja (obzirom na kvarove koje se može očekivati i potrebno održavanje, te druge neizbježne gubitke vremena). Zato je planski učinak nerijetko nekoliko puta manji od teorijskog.

Iz omjera predviđene količine rada (Q) i planskog učinka svih strojeva (ΣU_p) izabranih za uporabu određuje se trajanje aktivnosti (T_A). Obzirom da se T_A obično izračunava u radnim danima sve se dijeli s brojem radnih sati na dan (N_h):

$$T_A \left[rad. dana \right] = \frac{Q \left[m^3 \right]}{\Sigma U_p \left[\frac{m^3}{h} \right] \times N_h \left[\frac{rad.sati}{dan} \right]}$$



Ako je neki rok izvedbe aktivnosti unaprijed točno tražen iz prethodnog izraza izlučuje se za izračun zahtjevani učinak (U_z). Njega izabrani strojevi moraju nadmašivati za predviđenu rezervu (10 - 25%, ovisno o uvjetima rada, održavanja i broju strojeva [3]).

2.2. Veličina koeficijenata za određivanje planskog učinka

Teorijski učinak svodi se na učinak u planom pretpostavljenim prilikama odvijanja strojnog rada množenjem s korekcijskim koeficijentima [2]: $U_p = U_i \times k_i$.

U prethodnom izrazu jedinstveni, ukupni koeficijent ispravke (k_i) umnožak je niza (pod)koeficijenata koji trebaju obuhvatiti sve pretpostavke o karakteristikama planirane izvedbe koje bi mogle utjecati na konačno polučeni učinak. Pri tome svakako treba voditi računa o [4]:

- predvidivim, neizbježnim gubicima radnog vremena prilikom strojnog rada,
- ukupnom stanju organizacije gradilišta i upravljanja građenjem,
- starosti (zapravo očuvanosti) i potrebnom tehničkom održavanju stroja,
- vrsti i stanju materijala s kojim se radi (vlažnost, ljepljivost, tvrdoća),
- odnosu s drugim strojevima (resursima) s kojima imaju povezano djelovanje,
- karakteristikama radnog prostora važnim za rad (manevriranje) stroja.

Utjecaje ovih čimbenika u postupku proračuna satnog učinka za standardne građevinske strojeve koji se koriste za izvođenje podzemnih vodova vrednuju koeficijenti navedeni u tablici 1.

Tablica 1. Korekcijski koeficijenti za planski učinak strojeva za zemljane radove [2, 3, 4]

(Pod)koeficijent	Raspon vrijednosti	Prosječna vrijednost
iskorištenja rad. vremena (k_{rv})	od 0,75 (slabo) do 0,92 (odlično)	0,84 (dobro korištenje vremena)
organizacija rada strojeva na gradilištu (k_{og})	od 0,50 (nezadovoljavajuće) do 0,83 (dobro)	0,70 - 0,80 (prosječni uvjeti rada)
dotrajnosti stroja (k_{ds})	od 0,80 (dotrajali) do 1,00 (novi i vozila u javnom prometu)	0,91 (očuvani: 2000 - 4000 sati rada)
punjenja (k_{pu})	od 0,40 (tvrdi iskopi) do >1,00 (transp. vozila na gradilištu do 1,20)	0,80 - 0,90 (kod srednje teških iskopa)
vlažnosti materijala (k_{vm}) – za strojeve koji kopaju	od 0,30 (mokra glina) do 0,95 (čisti mokri kamen) i 1,0 (suhi materijal)	za mokru zemlju od 0,67 (ako je ljepljiva) do 0,91
kuta okreta i visine rad. čela (k_{ko}) – samo za bagere	od 0,59 - 0,71 (za 180°) do 0,93 - 1,26 (za 45°)	0,80 - 1,00 (kod okreta za 90°)
utovara u vozilo (k_{uv}) – za strojeve koji kopaju	od 0,83 (nepogod. vozilo) do 1,00 (odlaganje uz stroj)	0,91 (utovar u pogodno transp. vozilo)
radnog prostora (k_{rp})	0,95 (skućeni prostor)	1,00 (širok, pregledan prostor)

Kada se određuje učinak za duže vrijeme rada potrebno je pripadni satni učinak još umanjiti za dodatne gubitke uslijed većeg postotka neiskorištenosti radnog vremena tijekom dužih perioda gradilišne uporabe (k_{rv} se odnosi na efektivno iskorištenje vremena u jednom satu). Iskustvo pokazuje da je satni učinak za proračun rada u jednoj smjeni



potrebno umanjiti za cca. 15 - 25%, za cijeli tjedan za 25 - 35%, za jedan mjesec oko 35 - 40%, a za godinu dana rada 40 - 50% [5].

Ako se količina zemljanog materijala izražava u sraslom stanju, kako je uobičajeno u troškovničkim stavkama, tome za potrebne izračune treba prilagoditi učinak, pa se on tada množi s koeficijentom rastresitosti materijala ($k_{rm} = 0,59 - 0,91$ za različite vrste zemljanih gradiva) koji je obrnuto proporcionalan rastresitosti (do 69% kod vapnenaca) [2].

Rasponi krajnjih odstupanja od srednje vrijednosti ukupnog koeficijenta ispravke, a preko njega i učinka strojeva, su jako veliki [6]. Pregled mogućih veličina samo za najčešće podkoeficijente obuhvaćene u tablici 1. ukazuje na moguću ekstremnu razliku učinka od čak 68 puta (min. $k_i = 0,017$ i max. $k_i = 1,154$). To ovisi i o vrsti stroja, jer primjerice bager zahtjeva dvostruko više korekcijskih podkoeficijenata nego transportno vozilo. Ako se pak proračun obavlja za jedan isti bager, te se obračunavaju samo svi utjecaji koji se mijenjaju od jednog do drugog gradilišta moguća razlika planskog učinka je 58 puta. Ipak, u realnim slučajevima se omjer minimalnog i maksimalnog učinka, odnosno koeficijenta ispravke, obično kreće do 10 puta.

Planski učinak bi trebao biti što bliži ostvarenom učinku. Ostvareni učinak (U_{ost}) je omjer stvarno napravljene količine rada i stvarno utrošenog vremena i računa se nakon obavljanja posla. Ostvareni rezultat kod primjene strojeva u konačnici je produkt djelovanja niza čimbenika i ovaj učinak se za iste strojeve može znatno mijenjati, jer su uvjeti odvijanja radova uvijek u izvjesnoj mjeri različiti (obzirom na mjesto, vrijeme i korištene resurse).

Stručna literatura ne pruža podatke za posebno vrednovanje utjecaja na učinak kvalitete rukovatelja strojem (pretpostavlja se, kao u normativima, rad prosječnoga, što se održava na T_C i k_{rv}) dok naši operativci često upravo tome pridaju najveću važnost za ostvarenje učinka. I to je još jedan razlog zašto bi svaki izvođač mehaniziranih radova trebao ispitati u svom poduzeću sve značajnije, specifične utjecaje na učinak, uključujući po potrebi i kategorizaciju sposobnosti radnika koji rade sa strojem. Uz izradu internih normativa vremena rada za sve strojeve koji se koriste (zasnivaju se na obrnuto proporcionalnoj veličini prosječno ostvarenog učinka) trebalo bi pratiti i uvjete (utjecaje) u kojima se postižu određeni učinci. Tako bi se moglo bolje definirati i pouzdanije vrednovati koeficijente ispravke). Za poduzeća koja su dijelom ili cijela specijalizirana za određenu vrstu radova, kakva su česta za izvedbu podzemnih vodova, takvo što je posebno prikladno jer nemaju puno vrsta strojeva, a imaju mogućnost česte provjere njihovog učinka.

2.3. Zastoji pri radu strojeva

Na planirani učinak, a još više na onaj koji se uspije ostvariti utječu zastoji. Neki od njih su neuklonjivi (npr. gubici vremena tehnološke naravi i neophodne pauze radnika) i na neki način se moraju uplanirati (k_{rv} , k_{og} , k_{ds}). Kod korištenja građevinske mehanizacije uzroci zastoja mogu biti i prirodne naravi, odnosno posljedica klimatskih i drugih prirodnih pojava. (Uobičajene temperature i padavine mogu se predvidjeti prema statistikama o njihovoj učestalosti u određenim mjesecima, pa tome treba prilagoditi vremensko planiranje uporabe strojeva, naročito onih osjetljivih na ove čimbenike.)



Veliki dio gubitaka vremena može se izbjeći ili barem umanjiti boljim izborom (dimenzioniranjem) strojeva i kvalitetnijom organizacijom, poglavito planiranjem i operativnim rukovođenjem. Uklonjivi zastoji do koji dolazi na gradilištima nastaju zbog:

- nedostatka materijala za ugradbu i transport, goriva (energije), kao i rezervnih dijelova,
- lošeg održavanja i kvarova (ako nisu prevenirani),
- lošeg rasporeda strojeva i materijala na mjestima rada,
- neusklađenosti radnih procesa,
- djelomičnog opterećenja (nedovoljne iskorištenosti) strojeva koje je posljedica neujednačenosti zahtjevanih učinaka u periodu korištenja itd.

Kod radova za podzemne vodove posebno su problematični zastoji koji se ne mogu predvidjeti, kao kada se nailazi na arheološka nalazišta i u urbanim sredinama često na postojeće instalacije za koje se nije znalo.

Zbog brojnih nepredvidivi rizika koji rezultiraju gubljenjem vremena ne znači da treba izbjegavati dinamičke planove ili da ih treba formalizirati i marginalizirati, kako neki skeptici često postupaju. Planiranje treba biti dobro promišljeno, zasnovano na provjerenim podacima, transparentno i fleksibilno, za što treba iskoristiti mogućnosti koje pruža suvremena informatička tehnologija.

3. Troškovi strojeva kao kriterij izbora

3.1. Elementi troškova

Strojevi stvaraju troškove koji imaju slojevitou strukturu. Troškovi nastaju kao posljedica direktnog angažiranja strojeva u proizvodnom procesu i kao posljedica vlasništva nad njima (financijske obveze kao što su amortizacija, u nekim slučajevima osiguranje, kamate za otplatu kredita, registracija). Prvi, tzv. eksploatacijski troškovi, proporcionalni su s količinom obavljenog rada i težinom radnih uvjeta (troškovi goriva i maziva, habajućih dijelova, bruto plaće strojara), dok su drugi fiksni, kao i jednokratni trošak prijevoza i montaže/demontaže stroja. Uz to posebnu grupu čine troškovi investicijskog (redoviti godišnji zahvati) i tekućeg održavanja (mali i srednji popravci koji su također ovisni o uvjetima i količini rada).

Dijeljenjem koštanja sata rada stroja s njegovim planskim učinkom izračunava se trošak po mjernoj jedinici (m^3).

Upravo su uobičajeno visoki troškovi sata rada razlog da se primjeni strojeva posveti odgovarajuća pozornost, veća nego radnicima.

3.2. Isplativost u odnosu na količinu rada

Za svako rješenje tehnologije rada (ručno i s različitim strojevima) može se jednostavno, grafoanalitički odrediti količina iznad koje se počinje ostvarivati dobit (tzv. mrtva točka rentabiliteta - MTR), ako i iznad koje količine je povoljnija od neke druge tehnologije, odnosno, količina ispod koje je isplativija ona tehnologija (stroj) s manjim fiksnim i većim proporcionalnim troškovima.

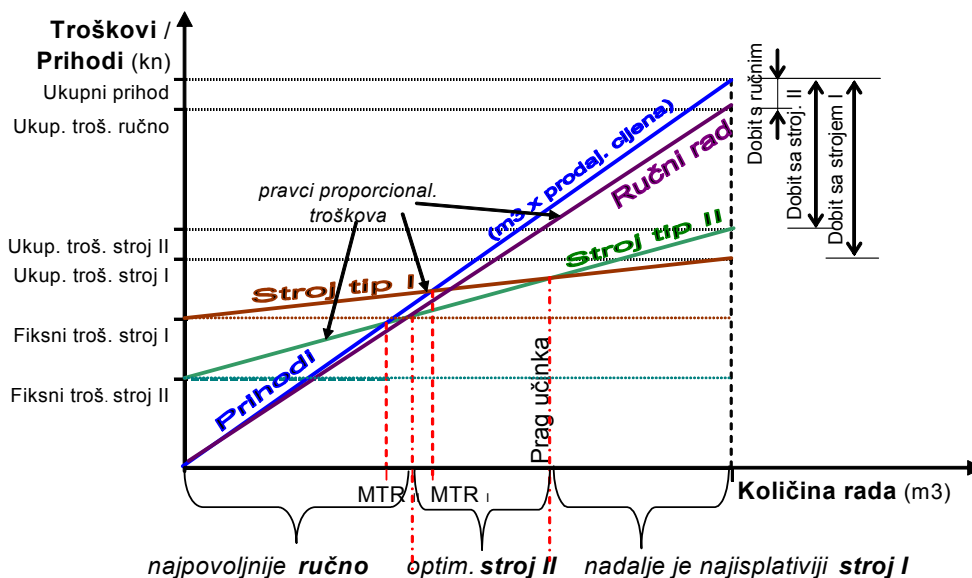
Izjednačavanjem izraza pravaca prikazanih na grafu na slici 2. dolazi se do točki njihovih sjecišta koja su pokazatelji:

- mrtve točke rentabiliteta uporabe strojeva:
$$MTR [m^3] = \frac{\text{Fiksni troškovi } [kn]}{\text{Prodaj. cijena} - \text{Prop. trošk. } [kn/m^3]}$$

- količine do koje je najisplativiji ručni rad:
$$X_{II-R} = \frac{\text{Fiksni troškovi stroja}}{\text{Prop. troš. ruč. rada} - \text{Prop. troš. stroja}}$$

- količine iznad koje je najisplativiji rad strojem „I“ (veći fiksni, a manji proporcionalni troškovi u odnosu na stroj „II“):

$$X_{I-II} = \frac{\text{Fiks.troš.str.I} - \text{Fiks.troš.str.II}}{\text{Pr op.troš.str.II} - \text{Pr op.troš.str.I}}$$



Slika 2. Isplativost rada strojeva u ovisnosti od količine rada

3.3. Uži izbor strojeva

Širi izbor podrazumjeva definiranje vrsta glavnih strojeva koji će učestvovati u realizaciji projekta i obavlja se u sklopu idejnog POG-a (podloga za davanje ponude). Kada izvođač ugovori posao treba u fazi pripreme (izrada izvedbenog POG-a) [7] detaljnije odrediti sastav radnih grupa, prije svega strojeva.

Definiranje najpogodnijih strojeva, obzirom na kapacitet i njihov potreban broj, naziva se uži izbor i on se obavlja prema obrascu danom u tablici 2.

Tablica 2. Uži izbor strojeva prema troškovima

		Podvrste stroja "A"					Ukupno (za izabrane strojeve)		
		q ₁	q ₂	.....	q _i	.....	Učinak (m ³ /h)	Koštanje (kn/h)	Rezerva (%)
Zapremnina alata (m ³)		q ₁	q ₂	.....	q _i	.....		
Koštanje stroja (kn/h)		K _{h1}	K _{h2}	.....	K _{hi}	.....		
Planski učinak (m ³ /h)		U _{p1}	U _{p2}	.....	U _{pi}	.....		
Kombinacije	I	N ₁₁	N ₁₂	.....	N _{1i}	.....	$\Sigma U_{pI} = N_{11} \times U_{p1} + N_{12} \times U_{p2} + N_{1i} \times U_{pi}$	$\Sigma K_{hI} = N_{11} \times K_{h1} + N_{12} \times K_{h2} + N_{1i} \times K_{hi}$	$100 \times (\Sigma U_{pI} - U_z) / U_z$
	II	N ₂₁	N ₂₂	.....	N _{2i}	.....	$\Sigma U_{pII} = N_{21} \times U_{p1} + N_{22} \times U_{p2} + N_{2i} \times U_{pi}$	$\Sigma K_{hII} = N_{21} \times K_{h1} + N_{22} \times K_{h2} + N_{2i} \times K_{hi}$	$100 \times (\Sigma U_{pII} - U_z) / U_z$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	j	N _{j1}	N _{j2}	.....	N _{ji}	.....	$\Sigma U_{pj} = N_{j1} \times U_{p1} + N_{j2} \times U_{p2} + N_{ji} \times U_{pi}$	$\Sigma K_{hj} = N_{j1} \times K_{h1} + N_{j2} \times K_{h2} + N_{ji} \times K_{hi}$	$100 \times (\Sigma U_{pj} - U_z) / U_z$
	n	N _{n1}	N _{n2}	.....	N _{ni}	.....	$\Sigma U_{pn} = N_{n1} \times U_{p1} + N_{n2} \times U_{p2} + N_{ni} \times U_{pi}$	$\Sigma K_{hn} = N_{n1} \times K_{h1} + N_{n2} \times K_{h2} + N_{ni} \times K_{hi}$	$100 \times (\Sigma U_{pn} - U_z) / U_z$

Uži izbor obavlja se u odnosu na zahtjevani učinak, na osnovu pojedinačnog učinka strojeva (zbrajanog), a traži se minimalno koštanja sata rada (K_h) [3]. Uvjet koji mora biti ispunjen za svaku kombinaciju strojeva koja se uzima u obzir je da njihov zajednički učinak



(zbroj U_p) nadmašuje zahtjevani učinak za određenu rezervu. Osim veće rezerve, uz isto koštanje (ili malu razliku), pogodnijim se smatra ako je grupa strojeva što istovrsnija po sastavu (zbog održavanja, habajućih dijelova i dr.).

U slučaju kada su strojevi povezani u radu kod užeg izbora presudan je minimalni ukupni trošak svih sudjelujućih strojeva po mjernoj jedinici. U takvim slučajevima zajedno se razmatraju ponajbolje kombinacije iz izbora za svaku pojedinu vrstu stroja. Primjerice za grupu strojeva „A“ koji rade na iskopu i grupu strojeva „B“ koji rade na transportu iskopane zemlje, računalo bi se prema obrascu:

$$\frac{\Sigma K_h \text{stroja } A + \Sigma K_h \text{stroja } B}{\Sigma U_p (\text{manji od } A \text{ i } B)} = K_{m^3} \left[\frac{kn}{m^3} \right]; R_A (\%), R_B (\%)$$

Ključnim strojevima u radnom procesu treba prilagoditi dinamiku dopreme/odvoza materijala. Broj transportnih vozila (N_{TV}) koje bager ili utovarivač utovara, kako ne bi morao čekati na njih (ima skuplji sat rada), mora uvijek biti veći od dva i izračunava se prema [3]:

$$N_{TV} [kom] = \frac{t_{voz} + t_{ist} + t_{man}}{n_{UC} \times T_{UC}}, \text{ gdje se u brojniku zbrajaju trajanja vožnje do odlagališta i}$$

nazad (t_{voz}), istovara (t_{ist}) i svih manevara (t_{man}) u jednom ciklusu, a u nazivniku se množi trajanje ciklusa stroja koji utovaruje vozilo (T_{UC}) i broj ciklusa koje taj stroj treba napraviti da jednom napuni njegov sanduk (n_{UC}).

4. Višekriterijski izbor građevinskih strojeva

Provođenje složenog procesa odlučivanja uključuje i iskustvo i intuiciju, ali u većini slučajeva i kvantitativnu analizu. Zbog svoje reverzibilnosti odlučivanje (u širem smislu) se proteže i na praćenje tekuće realizacije, jer ti podaci mogu ukazati na potrebu izmjene početnog izbora strojeva (da se dostigne planirani rok) ili izmjenu plana (termina).

Na početku se definiraju ciljevi i zahtjevi odlučivanja, odnosno izbora, a onda se osmišljavaju moguće varijante. Kod izbora strojeva prvo treba provjeriti dali razmatrano rješenje o izboru zadovoljava ugovorene i zakonom propisane uvjete (u svezi kvalitete, obvezne zaštite na radu i dr.) s tehničko-tehnološkog gledišta.

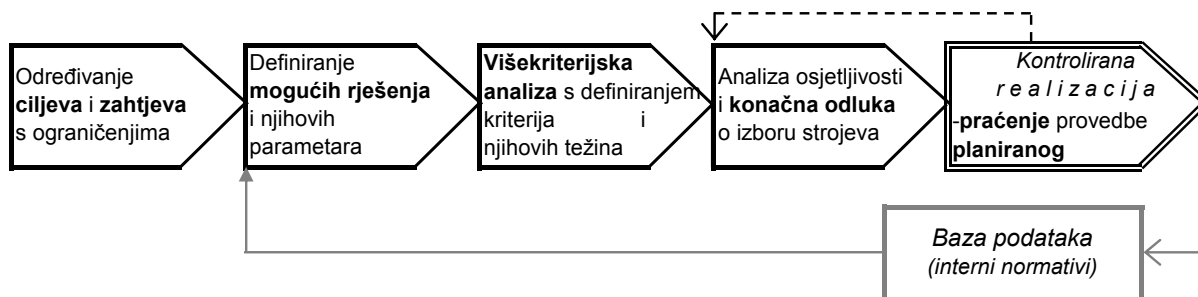
Zatim se analiziraju po ekonomsko-financijskim kriterijima koji su najčešće najvažniji. No treba razmotriti i postojanje drugih kriterija i na neki način uračunati i njihov utjecaj na optimalni izbor. To za izbor strojeva za zemljene radove još mogu biti brzina rada, pouzdanost, preciznost, višefunkcionalnost, mogućnosti praćenja rada (GPS), pogodnosti za održavanje, zahtjevi kod vanjskog transporta stroja, dodatna sigurnost u radu, ergonmičnost, uvježbanost radnika za rad sa strojem (prihvaćenost), ugled poduzeća itd. Neki od kriterija su mjerljivi i mogu se točno izračunati za svaku varijantu, ali za mnoge su karakteristike za ocjenjivanje teško mjerljive i nemjerljive (mogu biti neopipljive, a ponekad su u pitanju dugoročne koristi).

Bitno je ustanoviti odnose između pojedinih kriterija kako se njihov efekt ne bi dvostruko uračunavo. Treba imati na umu i da se kriteriji i njihovi pokazatelji s vremenom mijenjaju i razlikuju se od projekta do projekta.

Ovakav izbor treba višekriterijsku analizu, jer se svi kriteriji rijetko mogu svesti na isti nazivnik (npr. novčanu vrijednost). Taj postupak zahtjeva određivanje „težine“ svakog kriterija, gdje minimalni troškovi kod nas redovito imaju najveću težinu.

Za višekriterijsku analizu pogodna AHP metoda (*Analytic Hierarchy Process*) za čije složenije slučajeve dobro može poslužiti odgovarajući računalni program (*Expert Choice*). AHP uspoređuje sva razmatrana rješenja (o izboru strojeva) kao varijante kroz tablične zapise (matrice), posebno za svaki kriterij. Usporedba se radi u parovima, a pri tom se služi ljestvicom (Saaty-jeva skala) koja brojčano vrednuje njihove različite odnose (kroz 5 stupnjeva i 4 međustupnja) [8]. Postupak transparentno dovodi do brojčano izraženog poretka prioriteta varijanti. Na kraju još može analizom osjetljivosti provjeriti koliko na poredak može utjecati promjena težina pojedinih kriterija.

Slika 3. prikazuje korake procesa odlučivanja o izboru strojeva u kojem je središnja višekriterijska analiza.



Slika 3. Proces odlučivanja za izbor strojeva

5. Zaključak

Iako strojevi imaju velike učinke, obzirom na velike količine u stavkama koje zahtjevaju njihov rad, kod realizacije podzemnih vodova imaju veliki udio u cijeni i trajanju radova. Ne postoji neko općenito najbolje rješenje rada strojeva za realizaciju svih projekata, čak ni kod onih sličnih, već ga za svaki konkretni slučaj treba posebno iznaći.

U vrijeme povoljnih uvjeta za tržištu za građevinare posljedice postojeće prakse zanemarivanja organizacijskih načela, pogrešnog odlučivanja i pretjeranog djelovanja po principu „kako se radilo i do sada“ nisu toliko dolazile do izražaja, ali sa smanjivanjem opsega poslova i profita pogreške u vođenju poslova očito postaju kobne za poduzeća.

Za postizanje projektnih ciljeva potrebno je dobro isplanirati strojeve i druge resurse u sustavu izvođača radova, vodeći računa da je njihovo djelovanje izloženo različitim, promjenjivim uvjetima i brojnim rizicima. No, to nije razlog da se odustane od planiranja, već baš suprotno.

Planiranje treba biti temeljeno na pouzdanim ulaznim podacima i dobro analiziranim odlukama o izboru tehnoloških rješenja.

Ne treba se ograničavati na jedno rješenje izvedbe, već treba osmisliti više varijanti i vrednovati ih, što objektivnije, po financijskim i svim drugim relevantnim kriterijima izbora. Za



sve to treba primjeniti odgovarajuće informatičke tehnologije i suvremena znanstveno-stručna saznanja, a što iziskuje cjeloživotno obrazovanje djelatnika.

Svrishodno organizirano praćenje (monitoring) realizacije strojeva ne uvećava značajnije troškove, a potrebno je i zbog ukazivanja na nužnost izmjena u postojećem planu i za stvaranje interne baze s ažurnim podacima za planiranje budućeg djelovanja.

Ovdje obrađena problematika izbora i planiranja strojeva za radove kod izvođenja podzemnih vodova, primjenjiva je (u istom ili sličnom obliku) i za većinu drugih građevinskih projekata u svezi plina i vode, poglavito onih koji imaju opsežnije zemljane radove.

6. Literatura

- [1] Cukrov, Slaven. Izbor strojeva za iskop rovova vodovoda // *Građevinar*, 61(2009), 4; 339-345. (ISSN 0350-2465)
- [2] Linarić, Zdenko. Leksikon strojeva i opreme za proizvodnju građevinskih materijala: Učinci strojeva i vozila pri zemljanim radovima. Zagreb: Business Media Croatia, 2007. (ISBN 978-953-9598-41-7)
- [3] Trbojević, Bogdan. Građevinske Mašine. Beograd: IRO Građevinska knjiga, 1989. (ISBN 86-395-0125-4)
- [4] Vidaković, Držislav; Gušić, Ismet. Učinak građevinskih strojeva II // *Graditelj*, 10(2004), 30-34. (ISSN 1330-3945)
- [5] Jurecka, Walter. Kosten und Leistungen von Baumachinen. Wien: Springer –Verlag, 1975. (ISBN 0387-81324-1)
- [6] Vidaković, Držislav; Brana, Petar. Planning Machinery Exploitation for the Realization of Construction Projects // VII OTMC conference / Radujković, Mladen (ur.). (ISBN 978-953-96245-7-6). Zadar : HUOG; Građevinski fakultet u Zagrebu, 20.09.-22.09.2006.
- [7] Izetbegović, Jadranko; Žerjav, Vedran. Organizacija građevinske proizvodnje. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u zagrebu, HUOG, 2009. (ISBN 978-953-6272-32-7)
- [8] Saaty, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process // *International Journal of Services Sciences*, 1(2008)1, 83-98. (ISSN 1753-1454)



OPASNOSTI I ŠTETNOSTI PRI POLAGANJU INSTALACIJA VODE I PLINA

DANGER AND HARMS, WHILE LAYING INSTALLATION OF WATER AND

R. Majdenić

*Autor za korespondenciju. E-mail: romano.majdenic@gmail.com

Sažetak

U radu su prikazana pravila zaštite na radu u fazi izrade projektne dokumentacije i u fazi izvođenja radova u užem gradskom središtu s primjenom regulative koja propisuje to područje. Cilj je jamčiti sigurnost i svođenje mogućih ozljeda na minimum.

Abstract

The paper presents the rules of safety in the development stage of the project documentation and under construction in the city center with the application of legislation that regulates this area. The aim is to guarantee safety and reducing the potential injury to a minimum.

Ključne riječi: Opasnosti i štetnosti, Vodovod i plinovod, Zaštita na radu, Projektiranje

1. Uvod

Mnogi projektanti koji su projektirali distributivne instalacije vode i plina susretali su se s problemima u fazi projektiranja te u fazi izvođenja instalacija jer se projektirana instalacija izvodila u središtima naselja. Ovaj rad govori o problemima koji nastaju u fazi projektiranja i fazi izvođenja i daje osvrt na regulativu koja propisuje to područje. Pravila zaštite na radu, mogu se primijeniti i za ostale podzemne instalacije (vrelovodi, odvodnja, DTK itd)

2. Opis tehnološkog procesa

Izvođenje građevinskih radova na polaganju distributivnih (magistralnih) vodovoda i plinovoda, izvodi se prema izvedbenom projektu koji se sastoji od građevinskog,



strojarskog, a ponekad i od elektrotehničkog dijela projekta te projekta privremene regulacije prometa za vrijeme izvođenja radova uz prometnice. Izrađuje se program radova s mjerama zaštite na radu. Instalacije vodovoda i plinovoda kao i sve ostale instalacije izvode se u regulacijskom pravcu infrastrukturnih koridora koje su u vlasništvu Republike Hrvatske ili jedinica lokalne uprave i samouprave. Instalacije se uglavnom nalaze u užim središtima većih gradova i često dolazi do izmiještanja pojedinih instalacija. Prije početka radova potrebno je pribaviti položaj postojećih instalacija. Prvo se izvode pripremni radovi koji obuhvaćaju iskolčenje trase, a prema potrebi i čišćenje raslinja, umjetnih objekata te uklanjanje postojećih građevina, za velike građevine mora se izraditi Projekt uklanjanja građevine koji uključuje razne inženjerske statičke proračune stabilnosti s načinom zbrinjavanja građevinskog otpada i programom mjera zaštite na radu. Potom se izvode građevinski zemljani radovi, a iskop se izvodi strojno i ručno u materijalu kategorije C, prema projektu mehaničke otpornosti i stabilnosti tla uzimajući u obzir geofizičke osobine tla, rastresitost i naprezanje. Kod radova u neposrednoj blizini prometnica svi radnici moraju imati reflektirajuće prsluke, a potrebna je i osoba koja će privremeno regulirati promet. Postavlja se privremena cestovna signalizacija prema projektu privremene regulacije prometa. Polaganje cijevi (ovisno o instalaciji) izvodi se na dubini 1-1,3 metra, mjereno od kote okolnog terena do kote dna cijevi. Pri dubinama iskopa rovova većim od 100 cm moraju se poduzeti zaštitne mjere protiv rušenja zemljanih naslaga s bočnih strana razupiranjem. Pri strojnom kopanju zemlje rukovatelj stroja ili poslovođa radova mora voditi računa o sigurnoj udaljenosti radnika koji rade ispred ili oko stroja za iskop zemlje. Također, obavezno se mora voditi računa o stabilnosti stroja za iskop. Ukoliko stroj posjeduje stabilizatore nije dozvoljen rad bez njihovog postavljanja na čvrsto i ravno tlo. Prilikom strojnog iskopa iskopanu zemlju treba odlagati na udaljenosti koja ne ugrožava stabilnost strana iskopa ako se izvode i drugi radovi u iskopu. Rubovi iskopa smiju se opterećivati strojevima ako su poduzete mjere protiv obrušavanja. Zbog nemogućnosti ostavljanja iskopanog materijala na javnoj površini on se odmah utovara i odvozi na propisano odlagalište komunalnog otpada. Pri ručnom iskopu izvodi se odozgo naniže i zabranjeno je potkopavanje uz obaveznu kontrolu određene osobe. Nakon toga slijede tesarski radovi na razupiranju i podgrađivanju rova. Razupiranje se vrši mosnicama i drvenim ili metalnim razuporama. Čista širina kanala nakon postavljanja razupora iznosi minimalno 60 cm. Svaka mosnica mora biti razuprta na najmanje 3 mjesta s ravnomjernim



udaljenostima. Oplata za bočno podupiranje bočnih strana mora izlaziti najmanje 20 cm iznad ruba, a iskopani materijal odbacuje se najmanje 50 cm od vanjske strane oplata, u svrhu sprječavanja pada iskopanog materijala s okolnog terena u iskop. Odbacivanje iskopanog materijala iz rova od ruba mora biti toliko kako se ni dogodila mogućnost njegovog obrušavanja nazad u iskop. Prilikom izlaska i ulaska radnika u rov, moraju se osigurati propisno izvedene čvrste ljestve koje izlaze 75 cm iznad gotovog terena. U slučaju izbacivanja zemlje iskopa dubine veće od 200 cm, upotrebljavaju se međupodovi koji su položeni na posebne podupirače. Opterećenje međupodova smije se opteretiti određenom količinom materijala te moraju imati rubnu zaštitu visoku 20 cm kako se ne bi materijal osipao. Ako se u nerazuprte rovove iskopa polažu instalacije, na mjestima gdje je neophodan pristup radnika na dno iskopa (u većini slučajeva su to zavarivači), potrebno je bočne strane rova u potrebnoj širini osigurati od obrušavanja razuporama prema statičkom proračunu uzimajući u obzir geofizičke osobine, rastresitost i naprezanje tla. Osiguranje gradilišta i opasnih područja vrši se pomoću zaštitnih ograda u crveno-bijeloj i žuto-crnom bojom, naizmjenično iste širine, pod kutom od 45%. U slučaju prolaska instalacija ispod ceste, radni rov mora se ograditi zaštitnim ogradama, a noću osvijetliti. Na svim prijelazima preko rova na dubini iskopa većoj od 100 cm postavlja se zaštitna ograda. Prije početka ili nastavka radova, rukovoditelj radova vizualno provjerava bočne stranice i stanje oplata, naročito nakon vremenskih nepogoda. U slučaju nailaska na postojeće instalacije, izvođenje se mora obaviti pod stručnim nadzorom ili uputama vlasnika postojeće instalacije. U pravilu pri izradi glavnog projekta vlasnici pojedinih instalacija, podzemnih ili nadzemnih (posebno opasni poslovi) traže i način zaštite pri paralelnom vođenju ili križanju s njihovim instalacijama te njihovo nadgledanje zaštite istih prilikom iskopa i polaganja instalacija. Pri nailasku na podzemne vode vrši se crpljenje vode iz radnog rova. Nakon svih radova na iskopu u pripremljen rov postavlja se pješčana posteljica 10–15 cm te se postavljaju cijevi. Nakon toga izvode se strojarski radovi na spajanju cijevi (čelik ili PE-HD). Cijevi se isporučuju u kolutu ili palicama, koje se na kraju spojene plastičnim poklopcima ili čepovima. Te se vrši priprema radnog mjesta za zavarivanje. Moraju se iz privremenog mjesta zavarivanja maknuti sve lako zapaljive tvari, kao što su drvo, masne krpe, zapaljive tekućine. Tek kad je osigurano mjesto zavarivanja, vrši se spajanje cijevi. Prilikom zavarivanja u ljetnom periodu, treba izbjegavati zavarivanjem u najtoplijem dijelu dana (direktno sunčevo zračenje). Prilikom zavarivanja u zimskom periodu, zavarivati



tijekom najtoplijeg dijela dana. Najbolje temperaturno područje zavarivanja je od 5 do 45 °C. Potrebno je izbjegavati niske vanjske temperature, bez suglasnosti nadzornog inženjera. Savijanje cjevovoda treba uskladiti s vanjskom temperaturom. U svrhu izbjegavanja utjecaja zračenja sunca prilikom zavarivanja zaštititi mjesto zavarivanja od vremenskih utjecaja (šator, privremena nadstrešnica, suncobran i slično). Aparat za zavarivanje (PE-HD) koji radi na 24 V, tip MSA Plus (200, 250, 300 i 400), potrebno ga je podvrgnuti periodičnoj kontroli i funkcionalnom ispitivanju svake godine, te lijepljenjem kontrolne ispitne oznake na vidljivo mjesto aparata nakon ispitivanja. Postojanje navedene oznake kao i podatke na njoj treba provjeravati prije svake uporabe aparata. Nakon zavarivanja (spajanja) vrši se tlačna proba instalacije, prema tehničkom opisu. Tlačna proba može se vršiti i po završenim etapama, te se obavlja ukupna tlačna proba. Tlačnoj probi obavezno prisustvuje nadzorni inženjer. Nakon zavarivanja vrši se oblaganje pijeskom posteljice radnih cijevi 10-15 cm s postavljanjem trake upozorenja na 30 cm od tjemena cijevi te se vrši zatrpavanje rova zemljom od iskopa u slojevima od po 30 cm do zbijenosti 90% po Proctoru s ugradnjom u slojevima jednakim debljinama i kvaliteti materijala kao što je bila prije raskopavanja. Oplata bočnih stranica skida se odozdo i to usporedo sa zatrpavanjem. Rovove u pješačkim površinama, cesti te kolnim prilazima zatrpati 100% pijeskom uz potrebito zbijanje te vratiti u prvobitno stanje. Poslije uspješno obavljene tlačne probe, a prije zatrpavanja vodovoda, potrebno je geodetski snimiti cjelokupnu instalaciju. Na čitavoj dužini instalacije koji se ispituje za vrijeme ispitivanja potrebno je osigurati sve mjere predostrožnosti kako ne bi došlo do nesreće radnika i prolaznika (uslijed eventualno naglog pucanja instalacije). **Sva sredstva rada i osobna zaštitna oprema u svakom trenutku mora biti ispravna.** Prije početka svih radova postavlja se na vidljivo mjesto ploča s podacima o vrsti građevine, investitoru, glavnom projektantu, glavnom nadzornom inženjeru i aktu o gradnji s danom pravomoćnosti rješenja o gradnji (potvrda glavnog projekta). Prije početka radova investitor je dužan prijaviti gradilište i to najmanje 8 dana prije početka radova tijelu nadležnom za poslove inspekcije rada ili drugom nadležnom tijelu uz dostavu plana izvođenja radova. Potrebno je dostaviti i sve promjene na rok izvršenja radova, kao i u slučaju uvođenja novog izvođača radova ili privremene obustave rada. Preslika prijave gradilišta mora biti vidno izložena na gradilištu. Ako se izvode posebno opasni radovi sa strojevima i uređajima s povećanim opasnostima, prijava radova mora se sačiniti bez obzira na duljinu trajanja radova i broj



radnika koji izvode te radove. U pravilu na gradilištima sudjeluje jedan glavni izvođač radova i nekoliko podizvođača radova. Planiranje mjera zaštite na radu izvođač radova treba početi u fazi pripreme građenja, kao element u sklopu izvedbenog Projekta organizacije građenja. Treba računati na to da su mjere zaštite ovisne o vremenu izvođenja radova, a vezane su uz dinamički plan koji se često mijenja. Prije početka bilo kakvih radova potrebno je izraditi Elaborat o uređenju gradilišta koji se mora čuvati sve dok se gradilište koristi. U njemu su sadržane mjere::

U njemu su sadržane mjere:

- osiguranje granica gradilišta prema okolini,
- uređenje i održavanje prometnica (prolazi, putovi, željeznice i sl.),
- određivanje mjesta, prostora i načina razmještaja i uskladištenja građevnog materijala, izgradnju i uređenje prostora za čuvanje opasnog materijala,
- način transportiranja, utovarivanja, istovarivanja i deponiranja raznih vrsta građevnog materijala i teških predmeta,
- način obilježavanja odnosno osiguravanja opasnih mjesta i ugroženih prostora na gradilištu (opasne zone),
- rada na mjestima gdje se pojavljuju štetni plinovi, prašina, para, odnosno gdje može nastati vatra ili drugo,
- uređenje električnih instalacija za pogon i osvjetljenje na pojedinim mjestima na gradilištu,
- određivanje vrste i smještaja građevinskih strojeva i postrojenja i odgovarajuća osiguranja s obzirom na lokaciju gradilišta,
- određivanje vrste i načina izvođenja građevinskih skela,
- način zaštite od pada s visine ili u dubinu,
- određivanje radnih mjesta na kojima postoji povećana opasnost po život i zdravlje radnika, kao i vrste i količine potrebnih osobnih zaštitnih sredstava odnosno zaštitne opreme, mjere i sredstva protupožarne zaštite na gradilištu,
- izgradnju, uređenje i održavanje sanitarnih čvorova na gradilištu, organiziranje prve pomoći na gradilištu,
- po potrebi, organiziranje smještaja, prehrane i prijevoza radnika na gradilište i s gradilišta,
- druge neophodne mjere za zaštitu osoba na radu.



Ako više poslodavaca radi na zajedničkom gradilištu, svaki od njih je dužan provoditi zaštitu na radu radi zaštite svojih zaposlenika te osigurati rad i osigurati izvođenje radova tako da njegovi zaposlenici pri izvođenju radova ne ugrožavaju sigurnost i zdravlje zaposlenika drugih poslodavaca. Način ostvarivanja zaštite na radu na zajedničkom gradilištu utvrđuje se ugovorom između glavnog izvođača radova koji je odgovoran za međusobno izvođenje radova i podizvođača (usklađivanje izvršavaju voditelji građenja). Ugovor mora sadržavati sve osnovne elemente zaštite, a naročito opis poslova, naznaku pravila zaštite u odnosu na prisutne opasnosti i štetnosti, obveze i ovlaštenja odgovornih osoba i dr. Svaki poslodavac dužan je voditi knjigu nadzora u koju upisuju svoje odluke ovlaštenici poslodavca, stručnjak za zaštitu na radu i inspektor rada Državnog inspektorata.

- Treba voditi evidencije o:

- zaposlenicima raspoređenim na posebne uvjete rada,
- opasnim tvarima koje proizvodi, prerađuje ili koristi,
- ozljedama na radu,
- slučajevima profesionalnih bolesti,
- poremećajima u tehnološkom procesu koji su izazvali ili su mogli izazvati štetne posljedice po sigurnost i zdravlje radnika.

Na radilištu se moraju čuvati:

- uvjerenja o osposobljenosti radnika za rad na stručan i siguran način,
- svjedodžbe o zdravstvenoj sposobnosti radnika,
- uvjerenja o osposobljenosti radnika za pružanje prve pomoći,
- dokazi o ispunjavanju uvjeta za obavljanje poslova s posebnim uvjetima rada,
- uvjerenja o osposobljenosti radnika za zaštitu od požara,
- izjave o prihvaćanju mjera zaštite na radu na gradilištu,
- planovi uređenja privremenih radilišta,
- tehnička dokumentacija iz koje je vidljiva primjena osnovnih pravila zaštite na radu za objekt ili dio objekta,
- dokazi o ispravnosti instalacija,
- dokazi o ispitivanju strojeva i uređaja s povećanim opasnostima s uputama za njihovo korištenje (sve na hrvatskom jeziku),
- ostala dokumentacija potrebna za izvođenje radova (sve dok se pojedini strojevi i uređaji, odnosno prostorije i radilište koriste).



3. Sredstva rada koja se koriste

U poslovima izgradnje instalacija vode i plina koriste se:

- površine i prostorije za kretanje zaposlenika te pomoćne prostorije i njihove instalacije i uređaji (sanitarni uređaji, garderobe, pitka voda, prostorije za uzimanje obroka hrane, povremeno zagrijavanje zaposlenika, sušenje odjeće, pružanje prve pomoći),
- prijevozna sredstva cestovnoga prometa (kamioni),
- sredstva za prijenos i prijevoz tereta i alata,
- građevinski strojevi i pomoćni građevinski strojevi (minibageri, kružna pila) te razni drugi alati i uređaji (elektroagregat, uređaji za zavarivanje, kompresor) koji se koriste pri radu.

4. Opasnosti i štetnosti koje se pojavljuju u tehnološkom procesu

U tehnološkom postupku izgradnje magistralnih vodovoda i plinovoda, pojavljuju se brojne opasnosti i štetnosti koje utječu na siguran i nesmetan rad, te se mora posebno voditi računa o njima.

4.1 Opasnosti

Opasnosti u radnom okolišu jesu ona stanja koja mogu ugroziti život i zdravlje radnika te uzrokovati ozljeda na radu. To su:

- mehaničke opasnosti,
- opasnosti od električne struje
- toplinske opasnosti (vrući ili hladni predmeti i tvari).

4.2 Štetnosti

Štetnosti u radnom okolišu jesu oni faktori kojima je radnik izložen u pravilu dulje vremena, a mogu izazvati pojavu bolesti ili profesionalne bolesti. To su:

- neodgovarajući mikroklimatski uvjeti,
- buka (adutivna i neadutivna) i vibracije,
- zračenja
- neodgovarajuća rasvjeta,
- kemijske tvari,
- statički naboj na strojevima i uređajima.

5. Pravila zaštite na radu

5.1. Osnovna pravila zaštite na radu kojima se otklanjaju utvrđene opasnosti



Pri obavljanju poslova ponajprije se moraju primjenjivati osnovna pravila zaštite na radu kojima se otklanja ili smanjuje opasnost od sredstava rada (osnovna pravila zaštite na radu). Osnovna pravila zaštite na radu sadrže zahtjeve kojima moraju udovoljavati sredstva rada kada su u uporabi (članak 9. stavak 2. Zakon o zaštiti na radu NN br. 59/96, 94/96, 114/03, 100/04, 86/06, 116/08 i 75/09). To su:

- opskrbljenost sredstava rada zaštitnim napravama,
- osiguranja od udara električne struje,
- osiguranje od udara groma (atmosferska pražnjenja,
- sprečavanja nastanka požara i eksplozije,
- osiguranja potrebne radne površine i radnog prostora,
- osiguranja potrebnih putova za prolaz, prijevoz i evakuaciju radnika,
- osiguranja čistoće,
- osiguranja potrebne temperature i vlažnosti te ograničenje brzine kretanja zraka
- osiguranje potrebne rasvjete radnog mjesta i okoliša,
- ograničenje buke i vibracija u radnom okolišu,
- osiguranje od štetnih atmosferskih i klimatskih utjecaja,
- osiguranje od djelovanja tvari i zračenja štetnih za zdravlje,
- osiguranje prostorija i uređaja za osobnu higijenu.

5.2. Posebna pravila zaštite na radu kojima se otklanjaju one opasnosti koje nisu otklonjene osnovnim pravilima zaštite na radu

Ako se opasnost za sigurnost i zdravlje radnika ne mogu ukloniti primjenom osnovnih pravila zaštite na radu, primjenjuju se pravila zaštite na radu koja se odnose na radnike i na način obavljanja radnih postupaka (posebna pravila zaštite na radu). Posebna pravila zaštite na radu sadrže uvjete glede dobi života, spola, stručne spreme i osposobljenosti, zdravstvenog stanja, duševnih i tjelesnih sposobnosti, koje moraju ispunjavati radnici pri obavljanju poslova s posebnim uvjetima rada (članak 10. stavak 2. Zakon o zaštiti na radu NN br. 59/96, 94/96, 114/03, 100/04, 86/06, 116/08 i 75/09).

- poslovi s posebnim uvjetima rada,
- osobna zaštitna sredstva,
- posebni postupci pri uporabi opasnih radnih tvari,
- znakovi sigurnosti i upozorenja,



- način obavljanja posla,
- postupak s unesrećenim i oboljelim do upućivanja zdravstvenoj ustanovi.

6. Propisi kojima se uređuje ovo područje

Propisi kojima je razmatrano područje, dijele se na zaštitu na radu, zaštita od požara, graditeljstvo, zaštita okoliša i radno-socijalni propisi. U izradi magistralnih vodovoda i plinovoda potrebno je koristiti sljedeće zakone, pravilnike, tehničke propise i norme:

Zakoni:

- Zakon o zaštiti na radu (NN br. 59/96, 94/96, 114/03, 100/04, 86/06, 116/08 i 75/09),
- Zakon o zaštiti od buke (NN br. 30/09),
- Zakon o zaštiti od neionizirajućih zračenja (NN br. 105/99),
- Zakon o državnom inspektoratu (NN br. 116/08, 123/08 i 49/11),
- Zakon o općoj sigurnosti proizvoda (NN br. 30/09),
- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN br. 76/07, 38/09, 55/11 i 90/11),
- Zakon o zaštiti od požara (NN br. 92/10),
- Zakon o zapaljivim plinovima i tekućinama (NN br. 108/95 i 56/10),
- Zakon o arhitektonskim i inženjerskim poslovima i djelatnostima u prostornom uređenju i gradnji (NN br. 152/08 i 49/11),
- Zakon o zaštiti okoliša (NN br. 110/07),
- Zakon o otpadu (NN br. 178/04 i 153/05),
- Zakon o kemikalijama (NN br. 150/05 i 53/08),
- Zakon o vodama (NN br. 170/95 i 150/05),
- Zakon o građevnim proizvodima (NN br. 86/08),
- Zakon o energiji (NN br. 68/01, 177/04, 76/07 i 152/08),
- Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN br. 142/06 i 67/08),
- Zakon o preuzimanju Zakona o standardizaciji (NN br. 53/91).

Pravilnici i tehnički propisi:

- Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima (NN br. 51/08),
- Pravilnik o zaštiti na radu u građevinarstvu (NN br. 42/68 i 45/68),
- Pravilnik o izradi procjene opasnosti (NN br. 48/97, 114/02 i 126/03),
- Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava (NN br. 39/06),
- Pravilnik o sigurnosnim znakovima (NN br. 29/05),



- Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada (NN br. 5/84),
- Pravilnik o listi strojeva i uređaja s povećanim opasnostima (NN br. 47/02),
- Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri uporabi radne opreme (NN br. 21/08),
- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN br. 46/08),
- Pravilnik o sigurnosti strojeva (NN br. 97/09),
- Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada (NN br. 6/84),
- Pravilnik o obliku, sadržaju i izgledu oznake sukladnosti proizvoda s propisanim tehničkim zahtjevima (NN br.46/08),
- Pravilnik o zaštiti na radu pri mehaničkoj preradi i obradi drveta i sličnih materijala (NN br. 49/86),
- Pravilnik o zaštiti na radu pri utovaru i istovaru tereta (NN br. 49/86),
- Pravilnik o radu pri održavanju motornih vozila i prijevozu motornim vozilima (SL br. 55/65),
- Pravilnik o pružanju prve pomoći radnicima na radu (NN br. 56/83),
- Pravilnik o poslovima na kojima radnik može raditi samo nakon prethodnog utvrđivanja zdravstvene sposobnosti (NN br. 59/02),
- Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta (NN br. 42/05),
- Pravilnik o djelatnostima koja se smatraju industrijom (NN br. 8/95),
- Pravilnik o evidenciji, ispravama, izvještajima i knjizi nadzora iz područja zaštite na radu (NN br. 52/84),
- Pravilnik o mjerama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanja, rezanja, lemljenja i srodnih tehnika rada (NN br.44/88),
- Pravilnik o zapaljivim tekućinama (NN br. 54/99),
- Pravilnik o održavanju i izboru vatrogasnih aparata (NN br.35/94, 55/94 i 103/96),
- Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN br. 33/05, 64/05 i 155/05),
- Pravilnik o uvjetima i načinu vođenja građevnog dnevnika (NN br. 06/00),
- Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije (NN br. 9/87),
- Tehnički propis za čelične konstrukcije (NN br. 112/08),
- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN RH br. 33/10, 87/10 i 146/10),
- Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije (NN br.5/10).

Ostalo:



- HRN EN ISO 9001, Sustavi upravljanja kvalitetom – Zahtjevi,
- HRN EN ISO 3834-2, zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih konstrukcija, Sveobuhvatni zahtjevi za kvalitetu,
- HRN EN ISO 3834-, zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih konstrukcija, Osnovni zahtjevi za kvalitetu.

7. Zaključak

Pišući ovaj rad došao sam do zaključka da pridržavanje svih nabrojanih pravila i rad u skladu sa svim nabrojanim propisima na svakom radnom mjestu i sa svim strojevima jamči sigurnost i svođenje mogućih ozljeda na minimum. Ipak, nezgode i nesreće se događaju. Ja mislim da je to stoga što poslodavci nastoje uštedjeti, a ne razmišljaju da to nije dobar način štednje, i stoga što žele izvesti određene radove u što kraćem vremenu. Najgore je u tom svemu što su rezultat te njihove štednje nekad ljudski životi ili ljudsko zdravlje. Smatram da će se ulaskom Republike Hrvatske u EU nesreće smanjiti jer ćemo biti konkurentni samo ako se budemo pridržavali svih zakona o sigurnosti.



Metodologija proračuna kućišta ventila *Methodology of calculation of the valve body*

J. Jukić^{1*}, E. Hnatko²

¹Veleučilište u Slavonskom Brodu, Dr. M. Budaka, HR-35000 Slavonski Brod, 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 korespondenciju. E-mail: josip.jukic@vusb.hr

Sažetak

Sukladno Pravilniku o tlačnoj opremi (NN 58/10), »Tlačna oprema« označava posude, cjevovode, sigurnosni pribor i tlačni pribor.

Prema potrebi, tlačna oprema može uključivati elemente koji su pripojeni dijelovima pod tlakom kao što su prirubnice, priključci, spojnice potpornji, nosive uške, itd.

Pravilnik je stupio na snagu 20. listopada 2008. godine i primjenjuje se na konstruiranje, proizvodnju i ocjenu sukladnosti tlačne opreme i sklopova s najvećim dozvoljenim tlakom PS većim od 0,5 bar predtlaka (nova oprema).

Tlačna oprema mora biti propisno konstruirana uzimajući u obzir sve odgovarajuće faktore kako bi se osigurala sigurnost tlačne opreme za vrijeme njezina vijeka trajanja.

Konstrukcija se mora temeljiti na odgovarajućim koeficijentima sigurnosti i metodama za koje je poznato da imaju odgovarajuće sigurnosne granice za sve načine otkazivanja opreme.

U radu je opisana metodologija proračuna čvrstoće kućišta ravnih zapornih ventila putem formula, izrađenih u lijevanoj izvedbi.

Ključne riječi: tlačna oprema, ventil, kućište, čvrstoća.

Abstract

In conformity with the Regulation on Pressure Equipment (NN 58/10), »Pressure Equipment« means vessels, piping systems, safety accessories, pressure accessories. Where applicable, pressure equipment includes elements attached to pressurized parts such as flanges, nozzles, couplings, supports, lifting lugs etc.

The Pressure equipment Regulations entered into force on 20th October 2008 and applies to the design, manufacture and conformity assessment of pressure equipment and assemblies with the maximum allowable pressure PS greater than 0,5 bar pre-pressure (new equipment).

Pressure Equipment has to be properly designed taking into account all relevant factors in order to ensure the safety of pressure equipment during its lifetime.

The construction has to be based on appropriate safety coefficients and methods for which is known that have appropriate safety boundaries for all forms of equipment failure.



This paper describes methodology of calculation of the globe valve body strength by formulas created in molten performance.

Key words: pressure equipment, valve, body, strength

1. Uvod

Zadaća industrijskih armatura je potpuno ili djelimično zatvaranje protoka medija cijevnih vodova. Razlikujemo sljedeće vrste industrijskih armatura: ventile, zasune, zaklopke i slavine a koristimo ih ovisno o različitim zahtjevima.

Ventili se koriste do visokih tlakova i srednjih nazivnih promjera. Izrađuju se različitim tehnologijama i od različitih materijala (sivi ljev, čelični ljev, čelik, obojeni metali itd.)

Na ventile s najvećim dozvoljenim tlakom PS većim od 0,5 bar predtlaka (nova oprema) a obzirom na konstruiranje, proizvodnju i ocjenu sukladnosti primjenjuje se Pravilnik o tlačnoj opremi (N.N. 58/10). U radu je kao primjer prikazan dio proračuna ravnog zapornog ventila – kućišta izrađenog iz čeličnog ljeva.

Za zadovoljenje bitnih zahtjeva proizvođač tlačne opreme mora na odgovarajući način pripremiti kompletnu tehničku dokumentaciju u kojoj su na temelju definiranog projektnog zadatka obuhvaćeni:

- analiza opasnosti
- konstrukcija
- proizvodnja
- ispitivanja
- upute za uporabu i održavanje
- označavanje

Dokumentaciju koja se izrađuje u tu svrhu može izraditi sam proizvođač ili njegov podizvođač s kojim ima ugovor o izradi dokumentacije, ovisno o tome da li proizvođač ima svoj konstrukcioni odjel ili ne.

Jedan dio dokumentacije koji se odnosi na konstrukciju obuhvaća dokumentaciju uz zahtjev za odobrenje konstrukcije. Nakon dobivenog odobrenja konstrukcije, izrade, a prije završetka postupka ocjene sukladnosti proizvođač predaje dokumentaciju koja mora biti priložena uz opremu.

2. Konstrukcija

Tlačna oprema mora biti propisno konstruirana uzimajući u obzir sve odgovarajuće faktore kako bi se osigurala sigurnost tlačne opreme za vrijeme njezina vijeka trajanja. Konstrukcija se mora temeljiti na odgovarajućim koeficijentima sigurnosti i metodama za koje je poznato da imaju odgovarajuće sigurnosne granice za sve načine otkazivanja opreme. Tlačna oprema mora biti konstruirana za opterećenja koja odgovaraju njezinoj namjeni te za druge predvidljive uvjete rada. Posebno se moraju uzeti u obzir sljedeći faktori:



- unutarnji/vanjski tlak,
- temperatura okoline i radna temperatura,
- statički tlak i masa sadržaja u probnim uvjetima i uvjetima rada,
- opterećenja vezana za promet, vjetar, potres,
- sile reakcija i momenti koji proizlaze od oslonaca, priključaka, cijevi, itd.
- korozija i erozija, umor materijala itd.,
- razdvajanje nestabilnih fluida.

Moraju se uzeti u obzir razna opterećenja koja se javljaju istovremeno, uzimajući u obzir mogućnost njihovog istovremenog nastupanja. Konstrukcija na odgovarajuću čvrstoću se mora temeljiti na:

- metodi proračuna opisanoj u točki 2.2.3. Pravilnika o tlačnoj opremi, kao opće pravilo te, po potrebi, dodatno i eksperimentalnoj metodi opisanoj u točki 2.2.4. Pravilnika ili
- eksperimentalnoj metodi bez proračuna opisanoj u točki 2.2.4. Pravilnika, kada je umnožak najvećeg dozvoljenog tlaka PS i volumena V manji od 6000 bar×l ili kada je umnožak PS×DN manji od 3 000 bara.

3. Materijali

Materijali koji se koriste za proizvodnju tlačne opreme moraju odgovarati toj primjeni u predviđenom vijeku trajanja ukoliko nisu predviđene zamjene. Moraju imati odgovarajuća svojstva za sve radne uvjete koji se mogu predvidjeti i za sve uvjete ispitivanja, a posebno moraju biti dovoljno plastični i žilavi.

- Ukoliko prema drugim kriterijima, koji se moraju uzeti u obzir, nisu potrebne druge vrijednosti čelik se smatra dovoljno podatnim da udovolji zahtjevima iz točke 4.1.(a) Pravilnika ako, prilikom ispitivanja vlačne čvrstoće izvršenog po standardnom postupku, njegova istezljivost nije manja od 14%, a udarni rad loma izmjeren na ispitnom uzorku prema ISO V. nije manji od 27 J, na temperaturi ne višoj od 20° C ali koja nije veća od najmanje predviđene radne temperature. Potrebna je izuzetna pažnja pri odabiru materijala kako bi se spriječio krti lom. Kada je iz određenih razloga nužno koristiti krti materijal moraju se poduzeti odgovarajuće mjere.
- Moraju biti dovoljno kemijski otporni na fluide koje se nalaze u tlačnoj opremi. Kemijska i fizikalna svojstva nužna za siguran rad ne smiju biti značajno umanjena u predviđenom vijeku trajanja opreme.
- Ne smiju biti značajno podložni starenju.
- Moraju odgovarati za predviđene postupke obrade.
- Moraju se odabrati na način da se izbjegnu međusobni nepoželjni učinci kada se spajaju različiti materijali.



4. Primjer proračuna

U nastavku je prikazana metodologija proračuna putem formula (točka 2.2.3. Pravilnika) na primjeru ravnog zapornog ventila PN 40, DN 100, a za materijal kućišta odabran je čelični ljev GP 240 GH ,W.Nr. 1.0619; HRN EN 10213-2 sa mehaničkim svojstvima prema Tablici1.

Tablica 1. Mehanička svojstva materijala GP240GH

Oznaka materijala	$R_{p0,2/20}$ min	$R_{m/20}$	$R_{p0,2/t}$, MPa				A %,min	KV J,min
			100°C	200°C	300°C	400°C		
GP240 GH	240	420-600	210	175	145	130	22	27

Dozvoljeno glavno membransko naprezanje za pretežno statičko opterećenje i kod temperatura kod kojih ne dolazi do značajnog puzanja materijala ne smije premašiti najmanju od sljedećih vrijednosti za uporabljeni materijal:

Za nelegirani i niskolegirani čelični ljev:

$$f = \min\left(\frac{R_m}{3,0}; \frac{R_{p0,2}}{1,9}\right) = \min\left(\frac{420}{3,0}; \frac{240}{1,9}\right) = \min(140; 126,3) \Rightarrow f = 126,3 [N/mm^2] \text{ kod } 20^\circ\text{C}$$

$$f = \min\left(\frac{R_m}{3,0}; \frac{R_{p0,2}}{1,9}\right) = \min\left(\frac{420}{3,0}; \frac{130}{1,9}\right) = \min(140; 68,4) \Rightarrow f = 68,4 [N/mm^2] \text{ kod } 400^\circ\text{C}$$

Ulazni podaci za proračun specificirani su u Tablici 2.

Tablica 2. Ulazni podaci za proračun

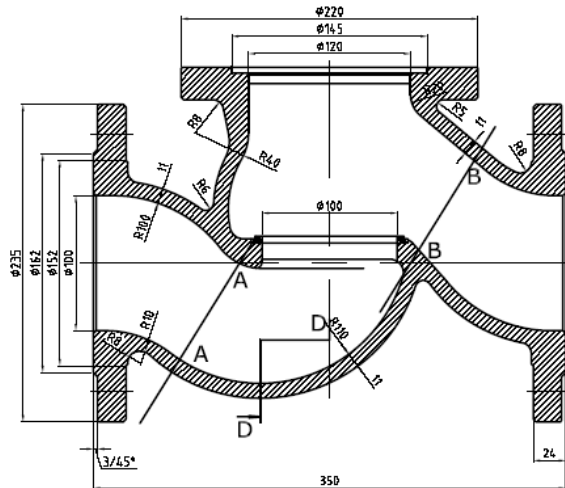
Projektni tlak	$PS = 4,0 [Mpa]$
Mak. radni tlak:	$PS = 4,0 [Mpa]$ za $TS = 20^\circ C$; $PS = 2,1 [Mpa]$ za $TS = 400^\circ C$
Ispitni tlak $PT = 1,5 \times PS$	$PT = 6,0 [Mpa]$
Projektna temperatura min/max	$TS = -20^\circ C / + 400^\circ C$
Proračunska temperatura	$t = 20^\circ C$
Max. unutr. promjer	$d_i = 150 [mm]$
Dodatak na toleranciju	$c_1 = 1,0 mm$
Dodatak na koroziju	$c_2 = 1,0 mm$



4.1. Kontrolni proračun debljine stjenke kućišta za radne uvjete

Kućište ventila Slika 1. sastavljeno je od različitih geometrijskih oblika (šupljina) te se proračun debljine stjenke kućišta izvodi u dva koraka:

- Proračun debljine stjenke kućišta tijela i grana izvan područja račvanja
- Proračun debljine stjenke u području račvanja



Slika 1. Poprečni presjek kućišta ventila

Zbog usporedbe rezultata proračuna, isti je rađen za dvije točke:

$$t_1 = 20^{\circ}\text{C} \text{ i}$$

$$t_2 = 400^{\circ}\text{C}$$

Za cilindrični oblik kućišta ili grane vrijedi za:

$$d_o/d_i \leq 1,7 \Rightarrow 172/150 = 1,15$$

d_o - vanjski promjer kućišta (tijela)

d_i - unutarnji promjer kućišta (tijela)

e_c - proračunska debljina stjenke bez dodataka

c_1 - dodatak na toleranciju

c_2 - dodatak na koroziju

$$\text{Za } p = 4,0\text{MPa}; t = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow e_c = \frac{d_o \cdot p}{(2 \cdot f - p) \cdot k_c + 2 \cdot p} = \frac{172 \cdot 4}{(2 \cdot 126,3 - 4) \cdot 1 + 2 \cdot 4} = 2,68\text{mm}$$

$$e = e_c + c_1 + c_2 = 2,68 + 1 + 1 = 4,68\text{mm} - \text{proračunska debljina stjenke kućišta}$$

$e_s = 11,00\text{mm}$ - stvarna debljina stjenke

$$\text{Za } p = 2,1\text{MPa}; t = 400^{\circ}\text{C} \Rightarrow e_c = \frac{d_o \cdot p}{(2 \cdot f - p) \cdot k_c + 2 \cdot p} = \frac{172 \cdot 2,1}{(2 \cdot 68,4 - 2,1) \cdot 1 + 2 \cdot 2,1} = 2,60\text{mm}$$

Budući da je debljina stjenke za radne uvjete $p = 4,0\text{MPa}; t = 20^{\circ}\text{C}$ potrebna veća nego za $p = 2,1\text{MPa}; t = 400^{\circ}\text{C}$, kompletan proračun je urađen za radne uvjete na $t = 20^{\circ}\text{C}$.

4.2. Proračun debljine stjenke kućišta za ispitne uvjete

Kod posuda pod tlakom, hidrostatski ispitni tlak iz točke 3.2.2. Pravilnika, ne smije biti manji od:

- onog koji odgovara maksimalnom opterećenju kojem je oprema podvrgnuta u radu, uzimajući u obzir najveći dozvoljeni tlak i najveću dozvoljenu temperaturu, pomnožen s koeficijentom 1,25 ili najvećeg dozvoljenog tlaka pomnoženog s koeficijentom 1,43.

Sukladno HRN EN 12266-1: 2003 definiran je minimalni ispitni tlak kućišta $PT=1,5 \times PS$, te u našem slučaju iznosi:

$$PT = 1,5 \cdot 4,0 = 6,0[\text{Mpa}]$$

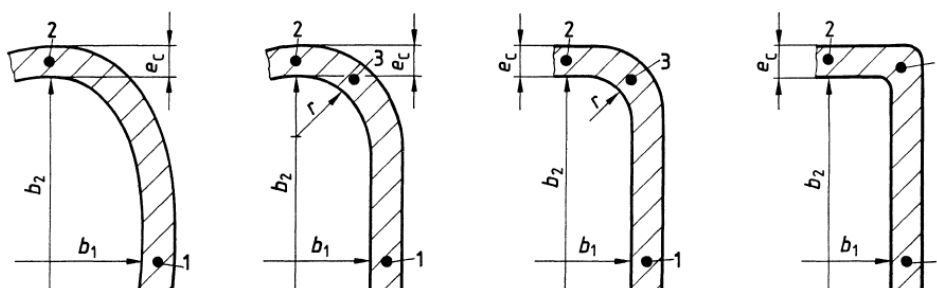
$$f' = \left(\frac{R_{p0,2/20}}{1,33} \right) \Rightarrow f' = 180,45[\text{N/mm}^2] - \text{t. 6.5.2. HRN EN 13445-3}$$

$$e_{i,\min} = \frac{d_o \cdot p_i}{(2 \cdot f' - p_i) \cdot k_c + 2 \cdot p_i} = 2,81\text{mm} - \text{zadovoljava}$$

4.3. Kontrolni proračun minimalne debljine stjenke grane

Sam proračun debljine stjenke grane ventila ovisi o obliku poprečnog presjeka koji može biti različit, prema slici 2.

Prikazani način proračuna u pravilu se primjenjuje na ovalni i pravokutni poprečni presjek u slučajevima gdje je odnos debljine stjenke i promjera $e_c/b_2 \leq 0,15$ i $b_1/b_2 \geq 0,4$



a) Ovalni

b) Pravokutni zaobljen na jednoj strani

c) Pravokutni sa zaobljenim kutom

d) Pravokutni

Slika 2. Oblici poprečnog presjeka

Općenito, za izračun debljine stjenke kućišta ili grane za poprečni presjek prema Slici 2. vrijedi:



$$e_{co} = \frac{p \cdot b_2}{2 \cdot f} \cdot \sqrt{B_0^2 + \frac{4 \cdot f}{p} \cdot B_n}$$

Prema crtežu br. RZV DN100 PN40-01, presjek A-A je ovalnog oblika Slika 2.a sa sljedećim dimenzijama: $b_1 = 83,0mm$, $b_2 = 120,0mm$, $e_c = 11,0mm$

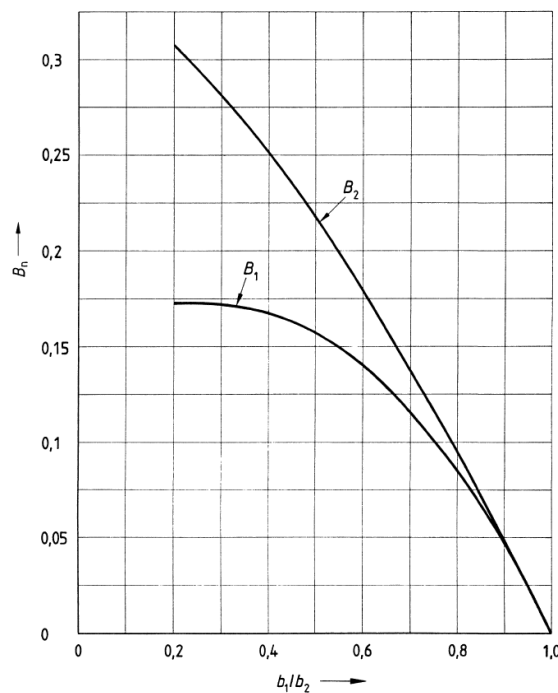
Dok su dimenzije presjeka B-B: $b_1 = 76,0mm$, $b_2 = 124,0mm$, $e_c = 11,0mm$

Koeficijent B_0 je u funkciji normalne

sile i računa na sljedeći način:

- Za lokaciju 1: $B_0 = b_1 / b_2$
- Za lokaciju 2: $B_0 = 1$

Koeficijent B_n je u funkciji momenta savijanja i moguće ga je odrediti pomoću dijagrama na slici 3.,



Slika 3. Dijagram za određivanje koeficijenta B_n

iz odnosa b_1 / b_2 , za lokaciju 1 i 2 (ovalni poprečni presjek), ili približno pomoću sljedećih jednačbi za odnos $b_1 / b_2 \geq 0,5$.

$$B_1 = \left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right) \cdot \left(0,625 - 0,435 \cdot \sqrt{1 - \frac{b_1}{b_2}}\right)$$

$$B_2 = \left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right) \cdot \left(0,5 - 0,125 \cdot \left(1 - \frac{b_1}{b_2}\right)\right)$$



Uvrštenjem vrijednosti izračunavamo sljedeće debljine stjenke:

Presjek A-A:

Lokacija (točka 1) $e_{co1} = 7,2mm < e = 11,0mm$

Lokacija (točka 2) $e_{co2} = 8,2mm < e = 11,0mm$

Presjek B-B:

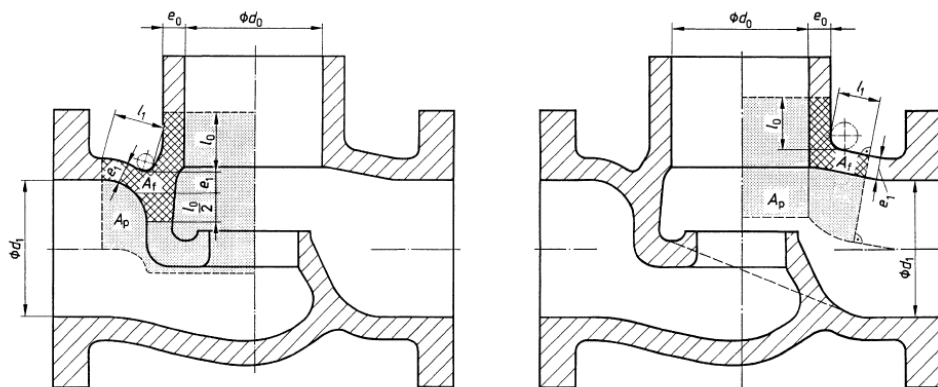
Lokacija (točka 1) $e_{co1} = 8,3mm < e = 11,0mm$

Lokacija (točka 2) $e_{co2} = 9,4mm < e = 11mm$

4.4. Kontrola naprezanja u kućištu (područje račvanja)

Direktni izračun debljine stjenke kućišta u području račvanja nije moguć, te je kao prvi korak potrebno pretpostaviti debljinu stjenke ili koristiti izračunatu debljinu stjenke u točki 4.1.

U našem slučaju pretpostavljena debljina stjenke kućišta i grane je jednaka i iznosi $e_0 = e_1 = 11,0mm$. Također je potrebno odrediti vrijednosti l_0 i l_1 , prema Slici 4. i jednadžbama:



Slika 4. Presjek ventila

$$l_0 = \sqrt{(d_0 + e_0) \cdot e_0} \quad ; \quad l_1 = 1,25 \cdot \sqrt{(d_1 + e_1) \cdot e_1}$$

$$d_0 = 120mm$$

$$l_0 = 38,0mm$$

$$d_1 = 100mm$$

$$l_1 = 44,0mm$$

$$e_0 = e_1 = 11mm$$

Za $d_1/d_0 = 0,83 \geq 0,7 \Rightarrow$ iz tablice 4. HRN EN 12516-2

$$p \cdot \left[\frac{A_p}{A_f \cdot k_c} + 0,5 \right] \leq f$$



Zbog složenosti geometrijskog oblika presjeka, površine A_p i A_f preuzete se iz crteža u CAD-u

Lijeva grana: $A_{pI} = 6876\text{mm}^2$; $A_{fI} = 1512\text{mm}^2$

$$p \cdot \left[\frac{A_{pI}}{A_{fI} \cdot k_c} + 0,5 \right] \leq f = 4 \cdot \left[\frac{6876}{1512 \cdot 1} + 0,5 \right] = 20,2 [N / \text{mm}^2] < f = 126,3 [N / \text{mm}^2]$$

Desna grana: $A_{pII} = 8710\text{mm}^2$; $A_{fII} = 1713\text{mm}^2$

$$p \cdot \left[\frac{A_{pII}}{A_{fII} \cdot k_c} + 0,5 \right] \leq f = 4 \cdot \left[\frac{8710}{1713 \cdot 1} + 0,5 \right] = 22,3 [N / \text{mm}^2] < f = 126,3 [N / \text{mm}^2]$$

5. Zaključak

U radu je prikazana metodologija proračuna kućišta ravnog zapornog ventila PN 40; DN 100, putem formula, sukladno Pravilniku o tlačnoj opremi NN 58/10, točka 2.2.3. i primjenom harmoniziranih normi. U ovom radu nije prikazan proračun ostalih dijelova ventila, a koji je neophodno također provesti te kompletnu konstrukcijsku dokumentaciju dostaviti tijelu za ocjenu sukladnosti za svu opremu koja je klasificirana u II i višu kategoriju, te prije stavljanja tlačne opreme na tržište svaki dio opreme podvrgnuti postupku ocjene sukladnosti. Postupci ocjene sukladnosti koji se primjenjuju na element tlačne opreme da bi dobio oznaku sukladnosti utvrđuju se prema kategoriji u koju je oprema klasificirana na osnovi zahtjeva navedenih u Dodatku II Pravilnika i vrsti fluida iz članka 9. Pravilnika o tlačnoj opremi.

6. Literatura

- [1] Pravilnik o tlačnoj opremi (NN 58/10)
- [2] HRN EN12516-2:2004 - Industrijski ventili – Projektna čvrstoća kućišta – 2. dio: Metoda proračuna čeličnih kućišta ventila
- [3] HRN EN 13445-3:2002 –Neložene tlačne posude – 3. dio:Konstrukcija
- [4] HRN EN 12266-1: 2003 – Industrijski ventili - Ispitivanja ventila-1.dio: Tlačna ispitivanja, postupci ispitivanja i kriterij prihvatljivosti
- [5] Decker, Karl-Heinz; Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 1975.



Analiza određivanja ogrjevnih vrijednosti goriva pri potpunom izgaranju parafinskih ugljikovodika

Determination Analysis of Heating Values by Complete Combustion of Hydrocarbons

A. Galović¹, M. Živić^{2*}, M. Holik²

¹Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

²Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: marija.zivic@sfsb.hr

Sažetak

U radu je prikazan algoritam za proračun iznosa topline kojeg oslobodi pojedino gorivo iz grupe zasićenih parafinskih ugljikovodika potpunim izgaranjem u kalorimetru, te je pokazano kako se na osnovu te oslobođene (izmjerene) topline dolazi, za dva konvencionalna referentna stanja, do iznosa donje odnosno gornje ogrjevne vrijednosti goriva. Količina parovite vlage u dimnim plinovima, a time i količina kondenzirana vlage pri hlađenju dimnih plinova za navedena dva konvencionalna referentna stanja, ovisi o vrsti parafinskog ugljikovodika, faktoru pretička zraka i omjeru u tlaka zasićenja vodene pare i ukupnog tlaka dimnih plinova. Stoga su rezultati proračuna prikazani u dijagramima, za sva parafinska goriva, u ovisnosti o faktoru pretička zraka za parametarske vrijednosti u . Provedena analiza je pokazala da se pri određivanju ogrjevne vrijednosti goriva kalorimetranjem kod referentnih stanja 1,0133 bar i 0 °C odnosno 25 °C, izravno mjeri ogrjevna vrijednost goriva koja leži između donje i gornje ogrjevne vrijednosti. Na osnovu te izmjerene topline, i poznate količine kondenzirane vode, kako je pokazano u radu, moguće je izračunati najprije donju, a zatim i gornju ogrjevnu vrijednost goriva.

Abstract

In this paper, the algorithm for calculation of the heat amount released by complete combustion of gaseous paraffinic hydrocarbons in the calorimeter is presented. On the basis of this released (measured) heat amount, the way for determination of the lower and the higher heating value is shown, for two reference states. The amount of water in the product gases depends on the type of the paraffinic hydrocarbon, the excess air and the fraction u which presents the ratio of the saturation pressure to the total pressure of product gases. Calculation results are shown in diagrams, for all paraffinic hydrocarbons,



as functions of the excess air, for parametric values of u . The performed analysis shows that in the determination of the heating values using calorimeter at reference states 1,0133 bar and 0 °C, or 1,0133 bar and 25 °C, it is directly measured the heating value which value is between the lower heating value and the higher heating value. On the basis of this measured amount of heat, and the known amount of the condensed water, as shown, it is possible to calculate firstly the lower, and then the higher heating value of the fuel.

Ključne riječi: gornja i donja ogrjevna vrijednost goriva, parafinski zasićeni ugljikovodici, potpuno izgaranje

1. Uvod

U svojim udžbenicima [1,2] prof. Bošnjaković u odlomku o ogrjevnoj vrijednosti goriva između ostalog piše: "Što je pretičak zraka veći ili što je veća temperatura pokusa, kondenzirat će manje vode, tako da se pripadna toplina kondenzacije r vode ne može osloboditi i predati kalorimetrijskoj vodi. Kada u graničnom slučaju sva voda nakon izgaranja ostane u parovitom stanju, na primjer za *dovoljan pretičak zraka*, dobit ćemo toplinu izgaranja koja je *manja* od Δh_g za toplinu isparivanja vode. Ovu toplinu izgaranja nazivamo donjom ogrjevnom vrijednosti Δh_d goriva."

U navedenoj literaturi mogu se pronaći brojčane vrijednosti gornje i donje ogrjevne vrijednosti goriva koje su svedene na tlak 1,0133 bar i temperaturu 0 °C. No, u posljednje vrijeme predlažu se, a i daju ogrjevne vrijednosti goriva također za tlak 1,0133 bar (fizikalna atmosfera), ali temperaturu 25 °C, kao što je dano primjerice u [3]. Na primjeru potpunog izgaranja svih zasićenih plinovitih parafinskih ugljikovodika C_nH_{2n+2} , želi se pokazati koji iznos topline oslobodi pojedino gorivo potpunim izgaranjem u kalorimetru, te kako se na osnovu te oslobođene (izmjerene) topline dolazi do iznosa donje odnosno gornje ogrjevne vrijednosti goriva, za dva, gore naznačena, referentna stanja.

2. Razrada matematičkog modela

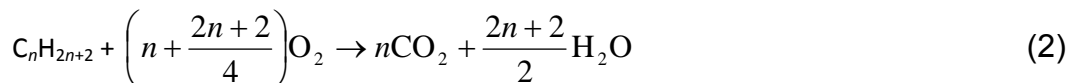
Budući se u radu analiziraju plinovita goriva, zgodno je tada ogrjevnu vrijednost goriva svesti na 1 kilomol, pa razliku između gornje i donje molarne vrijednosti goriva izraziti jednadžbom

$$\Delta H_{mg}(\vartheta) - \Delta H_{md}(\vartheta) = n_{H_2O_{kaplj.}} r_m(\vartheta) \quad (1)$$

u kojoj $n_{H_2O_{kaplj.}}$ označuje količinu kondenzirane vode, a $r_m(\vartheta)$ označuje molarnu toplinu kondenzacije vode pri temperaturi ϑ . U našem slučaju imamo dvije vrijednosti temperatura i to 0 °C i 25 °C, pa pripadajuće molarne topline kondenzacije vode iznose 45000 odnosno 43950 kJ/kmol, [4].



Za određivanje količine kondenzirane vode $n_{\text{H}_2\text{O kaplj.}}$ tijekom potpunog izgaranja parafinskih zasićenih ugljikovodika polazi se od sljedeće stehiometrijske jednadžbe



iz koje proizlazi da minimalna količina kisika za izgaranje jednog kilomola parafinskog ugljika iznosi

$$\text{O}_{\min} = 1,5n + 0,5 \quad (3)$$

Kako kisik za izgaranje dovodimo atmosferskim zrakom u kojem je molni udjel kisika 0,21, tada je potrebna količina zraka za izgaranje uz poznati faktor pretička zraka λ jednak

$$L_{\text{stv}} = \lambda \frac{\text{O}_{\min}}{0,21} = \lambda \frac{1,5n + 0,5}{0,21} = 7,143\lambda n + 2,381\lambda \quad (4)$$

Količina dimnih plinova se sastoji od CO_2 , N_2 , H_2O i O_2 , pa se može pisati

$$n_{\text{dp}} = n_{\text{CO}_2} + n_{\text{N}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{O}_2}$$

$$n_{\text{dp}} = n + 0,79(7,143\lambda n + 2,381\lambda) + n + 1 + (\lambda - 1)(1,5n + 0,5)$$

$$n_{\text{dp}} = 7,143\lambda n + 2,381\lambda + 0,5n + 0,5 \quad (5)$$

Količina vodene pare koja u dimnim plinovima ostaje u parovitom agregatnom stanju, pri njihovom ohlađivanju na temperaturu ϑ , dobiva se iz Daltonova zakona, koji kaže da molni udio pojedinog sudionika u mješavini je jednak omjeru parcijalnog tlaka tog sudionika i ukupnog tlaka mješavine, tj., vrijedi sljedeća jednakost

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{O,pl}}}{7,143\lambda n + 2,381\lambda - 0,5n - 0,5 + n_{\text{H}_2\text{O,pl}}} = \frac{p_s(\vartheta)}{p(\vartheta)} \quad (6)$$

gdje je $p_s(\vartheta)$ tlak zasićenja vodene pare, a $p(\vartheta)$ ukupni tlak dimnih plinova. Ako se usvoji oznaku

$$u = \frac{p_s(\vartheta)}{p(\vartheta)} \quad (7)$$

tada se iz jednadžbe (6) se može odrediti količina vodene pare u dimnim plinovima

$$n_{\text{H}_2\text{O,pl}} = \frac{u}{1-u} (7,143\lambda n + 2,381\lambda - 0,5n - 0,5) \quad (8)$$



Koristeći jed. (8) moguće je odrediti, za zadani ugljikovodik, minimalnu vrijednost faktora pretička zraka λ , za koji cjelokupna vlaga $n + 1$ u dimnim plinovima egzistira u parovitom agregatnom stanju. Taj se faktor pretička zraka dobiva iz sljedeće jednadžbe:

$$\frac{u}{1-u}(7,143\lambda n + 2,381\lambda - 0,5n - 0,5) = n + 1 \quad (9)$$

iz koje slijedi

$$\lambda_{\min} = \frac{n+1}{7,143n + 2,381} \frac{1-0,5u}{u} \quad (10)$$

To znači da ukoliko se faktor pretička zraka, za zadani n , kreće u intervalu $1 \leq \lambda \leq \lambda_{\min}$ dio vlage ostaje u dimnim plinovima u obliku vodene pare, a dio se izdvaja u obliku kapljevine.

Količina kondenzirane vode, pri temperaturi ϑ dimnih plinova, dobije iz sljedeće jednadžbe

$$n_{\text{H}_2\text{O},\text{kaplj}} = n + 1 - n_{\text{H}_2\text{O},\text{pl}} = n + 1 - \frac{u}{1-u}(7,143\lambda n + 2,381\lambda - 0,5n - 0,5)$$

$$n_{\text{H}_2\text{O},\text{kaplj}} = \frac{n + 1 - u(7,143\lambda n + 2,381\lambda + 0,5n + 0,5)}{1-u} \quad (11)$$

Iz strukture jed. (8) i (10) je vidljivo da za zadani parafinski ugljikovodik, tj. za zadani n , i zadani omjer u , količina vlage u obliku pare odnosno u obliku kapljevine, linearno ovisi o faktoru pretička zraka, s time da je za vlagu u obliku pare koeficijent nagiba pravca pozitivan, a za vlagu u obliku kapljevine koeficijent nagiba pravca je negativan.

Može se pokazati da postoji jedna zajednička vrijednost faktora pretička zraka $\lambda = \lambda^*$, za koji svi promatrani parafinski ugljikovodici, odnosno za svaki n , daju istu količinu vlage u obliku kapljevine, a time i vlage u obliku pare. Dokaz proizlazi iz jed. (11), kojom se dokazuje da postoji traženi λ^* , koji je neovisan o n , pa se formalno može napisati sljedeću jednadžbu:

$$\frac{n + 1 - u(7,143\lambda n + 2,381\lambda + 0,5n + 0,5)}{1-u} = \frac{n + K + 1 - u(7,143\lambda(n + K) + 2,381\lambda + 0,5(n + K) + 0,5)}{1-u}$$

Iz koje slijedi da je:

$$\lambda = \lambda^* = \frac{K(1-0,5u)}{7,143Ku} = \frac{1-0,5u}{7,143u} \quad (12)$$

Kako za potpuno izgaranje $\lambda \geq 1,0$ tada iz gornje jednadžbe proizlazi da će to biti ispunjeno ako je

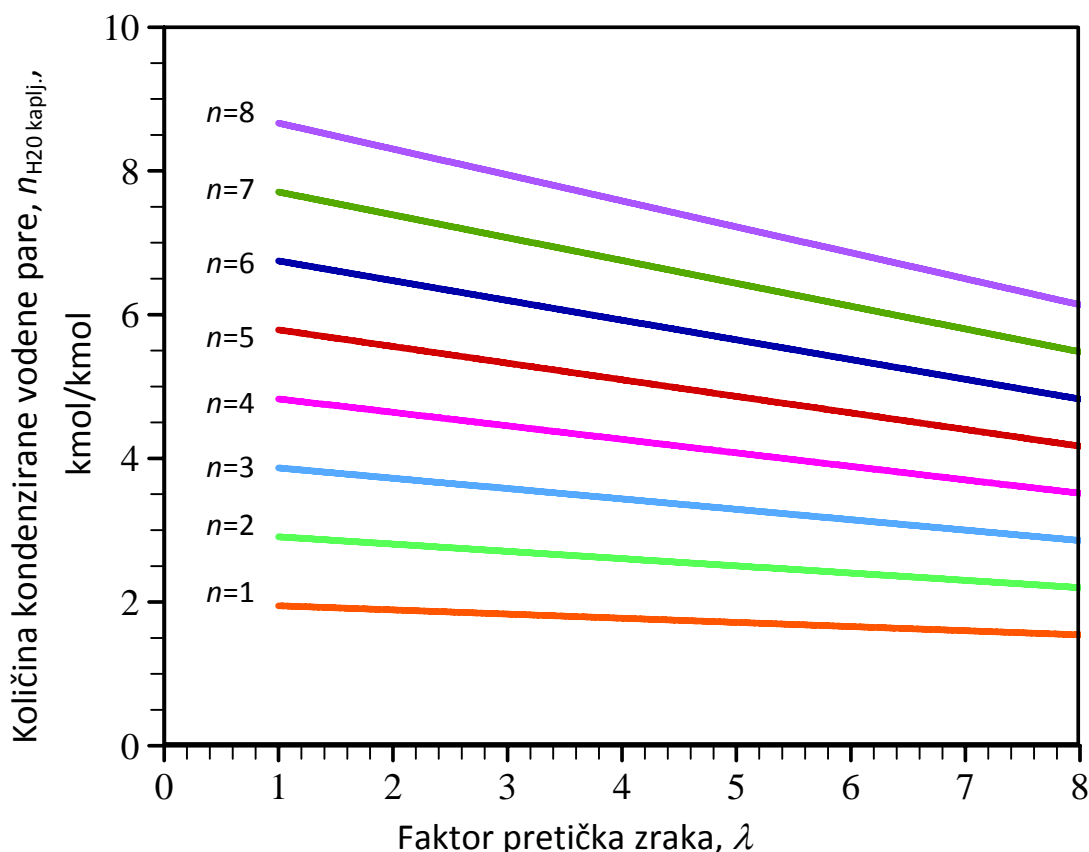
$$u = \frac{p_s(\mathcal{G})}{p(\mathcal{G})} \leq 0,13084 \quad (13)$$

3. Prikaz i interpretacija rezultata proračuna

Prikazani algoritam govori da količina vlage u dimnim plinovima ovisi o vrsti parafinskog ugljikovodika, faktoru pretička zraka i omjeru u . Stoga će se rezultati proračuna prikazati za sva parafinska goriva, u ovisnosti o faktoru pretička zraka za parametarske vrijednosti u .

3.1. Rezultati proračuna za $u = 0,00603$

Dijagram na slici 1 predstavlja količinu kondenzirane vode iz dimnih plinova pri temperaturi 0 °C i ukupnom tlaku 1,01325 bar, tako da u tom slučaju vrijednost varijable u iznosi $u = p_s(0\text{ °C})/p = 0,00611/1,01325 = 0,00603$. Tlak zasićenja vode $p_s(0\text{ °C}) = 0,00611$ bar uzet je iz [4]. Rezultati proračuna dobiveni su shodno jed. (11).



Slika 1. Količina kondenzirane vode iz dimnih plinova pri potpunom izgaranju parafinskih ugljikovodika C_nH_{2n+2} , pri ukupnom tlaku 1,01325 bar i temperaturi 0 °C



Dijagram pokazuje da količina kondenzirane vode linearno opada s povećavanjem λ , a koeficijent nagiba svakog pravca je negativan, pri čemu apsolutna vrijednost koeficijenta nagiba raste s povećavanjem broja atoma ugljika, a time dakako i broja atoma vodika, u parafinskom gorivu. Nadalje se vidi da za svako gorivo tijekom hlađenja na 0°C dolazi do izlučivanja vlage u obliku kapljevine. Najmanji je iznos za metan, a najveći za oktan. Tako numeričke vrijednosti za ta dva goriva iznose 1,95 odnosno 1,60 kmol/kmol za CH_4 odnosno 8,67 i 6,50 kmol/kmol za C_8H_{18} . Odatle se vidi da potpunim izgaranjem metana u nastalim dimnim plinovima pri temperaturi 0°C ne kondenzira u potpunosti vodena para, nego za $\lambda = 1,0$ u dimnim plinovima ostaje 0,05 kmol/kmol vlage u obliku pare, a za $\lambda = 7,0$ u dimnim plinovima ostaje 0,40 kmol/kmol nekondenzirane vodene pare. Još je jače izražena ta činjenica kod izgaranja oktana, C_8H_{18} , kod kojeg pri $\lambda = 1,0$ u dimnim plinovima ostaje nekondenzirano $9 - 8,67 = 0,33$ kmol/kmol odnosno za $\lambda = 7,0$ u dimnim plinovima ostaje $9 - 6,50 = 2,50$ kmol/kmol.

To znači da bi se tijekom hlađenja dimnih plinova na temperaturu 0°C danim kalorimetrom izmjerila ogrjevna vrijednost goriva koja leži u intervalu između donje i gornje vrijednosti. Za CH_4 i $\lambda = 1,0$ promatrano gorivo je kalorimetrijskoj vodi predalo (izmjerenu) toplinu

$$Q_m = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 1,97 \cdot 45000 = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 88650 \text{ kJ/kmol} \quad (14)$$

dok je C_8H_{18} pri $\lambda = 1$, kalorimetrijskoj vodi predao toplinu u iznosu

$$Q_m = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 8,67 \cdot 45000 = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 390150 \text{ kJ/kmol} \quad (15)$$

Iz gornjih se jednadžbi može izračunati donju ogrjevnu vrijednost goriva, a gornja ogrjevna vrijednost za metan odnosno oktan se dobiva iz sljedećih jednadžbi

$$\Delta H_{m,g}(\text{CH}_4, 0^\circ\text{C}) = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 2 \cdot 45000 = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 90000 \text{ kJ/kmol} \quad (16)$$

$$\Delta H_{m,g}(\text{C}_8\text{H}_{18}, 0^\circ\text{C}) = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 9 \cdot 45000 = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 225000 \text{ kJ/kmol} \quad (17)$$

Ako se prema jed. (9) za zadanu vrijednost $u = 0,00603$ izračuna faktor pretička zraka za koji za promatrana goriva sva vlaga ostaje u parovitom agregatnom stanju, dakle faktor pretička zraka s kojim bi u kalorimetru izravno izmjerili donju ogrjevnu vrijednost goriva, prikazuje tablica 1.

Tablica 1. Vrijednosti λ_{\min} za koje sva vlaga egzistira u obliku pare

CH_4	34,689	C_5H_{12}	26,016
C_2H_6	29,733	C_6H_{14}	25,560
C_3H_8	27,751	C_7H_{16}	25,228
C_4H_{10}	26,684	C_8H_{18}	24,976



Tablični rezultati pokazuju da se vrijednost λ_{\min} smanjuje s povećavanjem broja atoma ugljika, a time i atoma vodika u parafinskom ugljikovodiku, te da bi za sva goriva trebalo pokuse voditi s velikim vrijednostima faktora pretička zraka, a što praktički nema smisla.

3.2. Rezultati proračuna za $u = 0,03128$

Kako je naglašeno, u recentnoj literaturi [3], ogrjevnju se vrijednost goriva svodi na tlak 1,0133 bar i temperaturu 25 °C, pa nam je stoga interesantna analiza za omjer tlakova $u = p_s(25\text{ °C})/p$. Tlak zasićenja vodene pare za temperaturu 25 °C prema [4] iznosi 0,03170 bar, pa se dobiva gore napisani omjer $u = p_s(25\text{ °C})/p = 0,03170/1,01325 = 0,03128$. Dijagram na slici 2, prikazuje količinu kondenzirane vode za gore opisani slučaj. Dijagram je dobiven shodno jed. (11).

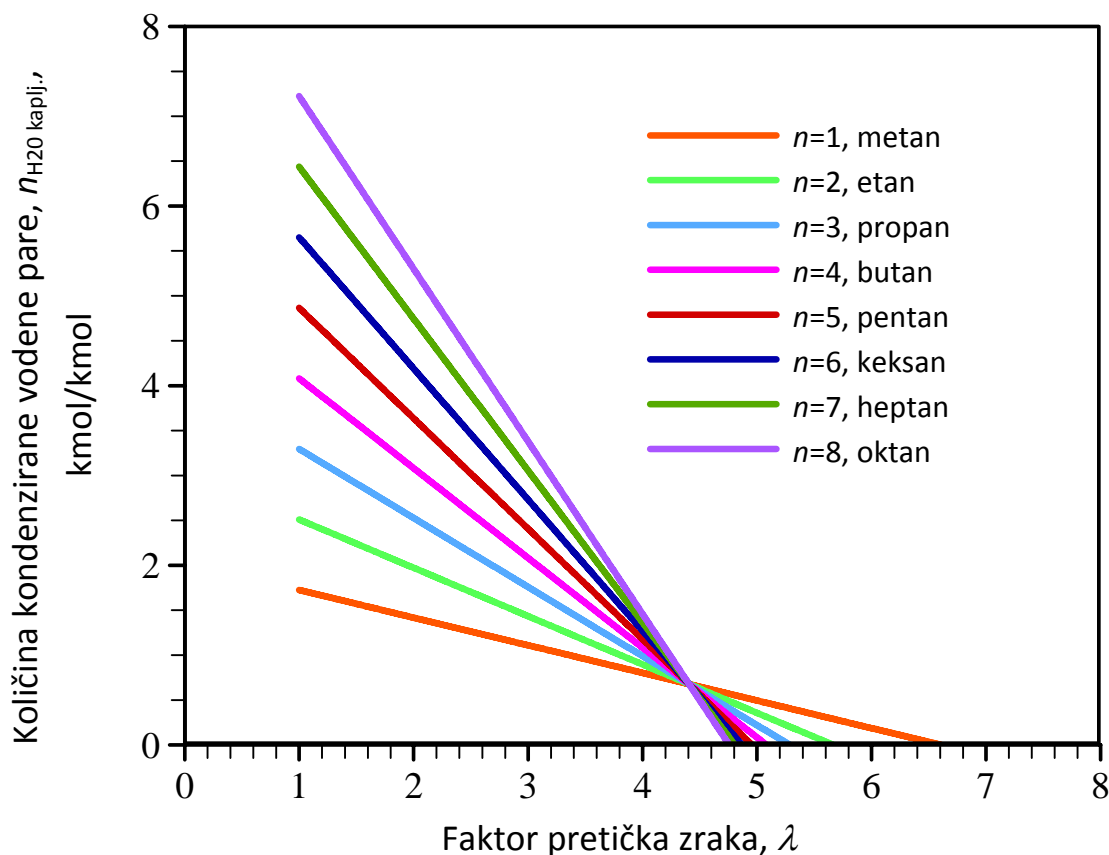
Dijagram prikazuje da molni udio kondenzirane vlage opada s faktorom pretička zraka od $\lambda = 1,0$ do λ_{\min} koji je za pojedine plinove prikazan tablicom 2. Nadalje se vidi da najveću apsolutnu vrijednost koeficijenta nagiba pravca ima oktan, a najmanju metan. Također je interesantno uočiti da se svi pravci sijeku u jednoj točki, što znači da za taj pretičak zraka svi promatrani parafinski ugljikovodici daju istu količinu kondenzirane vlage. Vrijednost tog faktora pretička zraka, za promatrani slučaj, proizlazi iz jed. (11) i iznosi $\lambda^*(u = 0,03128) = 4,403$, a pripadajuća količina kondenzirane vlage iznosi 0,693 kmol/kmol.

Vrijednosti λ_{\min} dobivene su iz jed. (10), a prikazuje ih tablica 2.

Tablica 2. Vrijednosti λ_{\min} za koje sva vlaga egzistira u obliku pare, $u = 0,03128$

CH ₄	6,608	C ₅ H ₁₂	4,956
C ₂ H ₆	5,664	C ₆ H ₁₄	4,869
C ₃ H ₈	5,286	C ₇ H ₁₆	4,806
C ₄ H ₁₀	5,083	C ₈ H ₁₈	4,758

Tablica pokazuje da λ_{\min} opada s povećavanjem broja atoma ugljika u parafinskom ugljikovodiku. Kod tih vrijednosti faktora pretička zraka, pri tlaku 1,0133 bar i temperaturi 25 °C, sva vlaga egzistira u parovitom agregatnom stanju i kod tih vrijednosti faktora pretička zraka može se strogo govoriti, shodno definiciji, o donjoj ogrjevnoj vrijednosti goriva. Nadalje se može zaključiti da su te vrijednosti faktora pretička zraka daleko niže u odnosu na prethodni slučaj.



Slika 2. Količina kondenzirane vodene pare iz dimnih plinova pri potpunom izgaranju parafinskih ugljikovodika C_nH_{2n+2} , pri ukupnom tlaku 1,0133 bar i temperaturi 25 °C

Dijagram na slici 2 jasno pokazuje signifikantnu ovisnost količine kondenzirane vlage u ovisnosti o faktoru pretička zraka λ . Tako za metan CH_4 taj molni udio opada od 1,725 kmol/kmol za $\lambda = 1,0$ do vrijednosti nula za $\lambda = \lambda_{min} = 6,608$. Za oktan C_8H_{18} smanjenje vrijednost kondenzirane vlage se kreće od 5,652 kmol/kmol za $\lambda = 1,0$ do vrijednosti nula za $\lambda = \lambda_{min} = 4,758$.

To znači da u ovom slučaju tijekom hlađenja dimnih plinova potpunim izgaranjem metana pri $\lambda = 1,0$, kalorimetrijskoj se vodi preda izmjereni iznos topline

$$Q_m = \Delta H_{m,d}(0^\circ C) + 1,725 \cdot 43950 = \Delta H_{m,d}(0^\circ C) + 75814 \text{ kJ/kmol} \quad (18)$$

dok se za slučaj oktana taj izmjereni iznos topline iznosi

$$Q_m = \Delta H_{m,d}(0^\circ C) + 5,652 \cdot 43950 = \Delta H_{m,d}(0^\circ C) + 248405 \text{ kJ/kmol} \quad (19)$$



Iz gornjih se jednadžbi mogu izračunati donje molarne ogrjevne vrijednosti metana i oktana, i koristeći te vrijednosti i jed. (1), lako se dolazi do molarnih gornjih ogrjevnih vrijednosti goriva.

$$\Delta H_{m,g}(\text{CH}_4, 25^\circ\text{C}) = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 2 \cdot 43950 = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 87900 \text{ kJ/kmol} \quad (20)$$

$$\Delta H_{m,g}(\text{C}_8\text{H}_{18}, 25^\circ\text{C}) = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 9 \cdot 43950 = \Delta H_{m,d}(0^\circ\text{C}) + 395550 \text{ kJ/kmol} \quad (21)$$

Analognim načinom mogu se odrediti ogrjevne vrijednosti i ostalih parafinskih ugljikovodika.

4. Zaključak

Provedena analiza je pokazala da se pri određivanju ogrjevne vrijednosti goriva kalorimetranjem kod referentnih stanja 1,0133 bar i 0 °C odnosno 25 °C, u stvari izravno mjeri vrijednost ogrjevne vrijednosti goriva koja leži između donje i gornje ogrjevne vrijednosti. Na osnovu te izmjerene topline, i poznate količine kondenzirane vode, kako je pokazano, moguće je izračunati najprije donju, a zatim i gornju ogrjevnju vrijednost goriva. Izravno mjerenje donje ogrjevne vrijednosti goriva pri 1,0133 bar i 0 °C bi bilo moguće, kako pokazuje tablica 1, kod vrlo velikih vrijednosti faktora pretička zraka, a što je praktički neizvedivo. Kako su faktori pretička zraka za slučaj izravnog mjerenja donje ogrjevne vrijednosti, za referentno stanje 1,0133 bar i 25 °C, bitno manji, tablica 2, moguće je izravno izmjeriti donju ogrjevnju vrijednost goriva, pa naknadno prema poznatoj jednadžbi izračunati gornju. Drugi, prihvatljiviji, neizravan, način određivanja ogrjevnih vrijednosti goriva i za ovo referentno stanje prikazan je u radu.

5. Literatura

- [1] Bošnjaković, F.: Nauka o toplini, I dio, IV izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
- [2] Bošnjaković, F., Knoche, K. F.: Technische Thermodynamik, 7., vollstaendige neubearbeitete und erweiterte Auflage, Steinkopf Verlag, Darmstadt, 1988.
- [3] Cengel, Y. A., Boles, M. A.: Thermodynamics, An Engineering Aproach, Sixth Edition, Mc Graw Hill, Boston, 2007.
- [4] Halasz, B., Galović, A., Boras, I., Toplinske tablice, FSB, Zagreb, 2007.



Prospect of Iran Natural Gas Export Projects

H. Omidvar

Member of IGU Marketing Committee, Head of Communication Affairs with Science & Research Centers, Research & Technology Dept., National Iranian Gas Company, No.77-Southern Aban St - Karimkhan Ave.- Tehran-1598753113-Iran

* Corresponding Author. E-mail: omidvar@niqc.ir

1. Gas export projects via LNG

Table 1. Concise Table of LNG Projects

Project Name	Project Executor	Project Shareholders	Project Objectives	Feed & Field
Gas Export through LNG (Pars LNG Project)	Persian LNG Co	NEGEC representing NIOC(%50) Total Co(%40) Petronas(%10)	10 MT LNG production an annum	Phase 11 of South Pars Gas Field
Gas Export through LNG (Persian LNG Project)	Persian LNG Co	NIGEC representing NIOC(%50) Shell Co(%25) Repsol Co(%25)	16.2 MT LNG PRO production an annum within two trains	Phase 13.14 of south Pars Gas Field (The phases may be subject to change in view of NIOC Plans so as to expand the South Pars phases)
Gas Export through LNG (Iran LNG Project)	Natural Iranian Gas Liquefaction Co (Iran LNG)	NEGEC representing NIOC(%49) Pension Fund, Saving and Welfare of Oil industry staff Co(%1) Remissible stocks to LNG buyers and investors (%40)	11MT LNG production within two trains	Sour gas extracted from South Pars Phase 12
Gas Export through LNG (Golshan & Ferlowski LNG Project)	Malaysian Petrofild Co	Malaysian Pertofild %100 investment	Golshan&Ferdowski field expansion and 10 MT of LNG production within two trains	Golshan&Ferdowski gas fields
Gas Export through LNG (North LNG Project)	Chinese CINOOD Co	Chinese CINOOD %100 investment	North Pars Field expansion and 20 MT of LNG production within 4 trains	North Pars gas field



2. Iran LNG Project

2.1. Introduction

Iran LNG project aiming at establishing a liquefaction plant for natural gas is well underway in Tombak 50 Km NW of Asaluyeh and 15 km SE of Kangan-pars 2 (Tombak) . This project comprises two phases those of feasibility and execution. The latter phase is underway within two trains each of which has one liquefaction unit.

The capacity of each liquefaction unit is nearly 5.5 million tons annually. South Pars Gas Field, Phase 12 provides the feed gas for this plant and the German Linde Co. undertakes the liquefaction technology.

Table 2. Current and Future Shareholders

Current Shareholders	Future Shareholders
NIGEC 49%	NIGC & Saving
Saving, Welfare & Pension Funds Of petroleum Industry 10%	Welfare & pension Funds of Petroleum Industry 20%
Petroleum Industry Pension Fund 1%	Investors 80%
Ready for Investors 40%	

Upstream Responsible: POGC
Midstream Responsible: NIGEC

Applicant investor companies:
OMV, Eon , Enel, Enbw, Econgas and

Table 3. Main Train Figures:

Feed gas	27MM ³ /Day
LNG Production	5.5MTPA
Propane Production	0.26MTPA
Butane Production	0.196MTPA
Condensate Production	0.21MTPA
Sulphur Production	0.133MTPA

Table 4. Plant Main Characteristics:

Liquefaction Technology	Linde
Mercaptan Removal	Gas Phase (Molecular Sieve &Lurgi Purisol)
Compressor Driver	Electric Motor
Sulphur Recovery	Lurgi Oel-Gas-Chemie GmBH(Claus Proccess)
Acid Gas Removal	BASF (AMDEA) through Lurgi Oel-Gas-Chemie GmBH
Cooling Medium	Hybrid-Sea Water&Air
Heating Medium	Steam
Power Generation	Combined Cycle Power Plant(1000MW)
LNG Tanks	3Full Containment Tanks,Each,140.000m ³
LPG Tanks	2Full Containment Tanks,Each30.000m ³



3. Pars LNG Project

3.1. Introduction

This Project is deemed to annually produce 10 million tons of LNG for which the daily input gas of the plant is nearly 46 million tons of sour gas supplied by South Pars Gas Field, phase 11. There are two 32-inch pipelines through molecular sieve and demercurization, it will get refrigerated and liquefied by Axens technology. Afterwards, the product will be stored in two tanks each of which to 155000 m³ of capacity and then marketed by LNG ships from the jetty.

It is noteworthy that, a 1000 MW power plant utilizing gas turbines with the method that of combined cycle will provide the power required for the project.

Table 5. Current Shareholders

Current Shareholders	
NIGEC	50%
TOTAL	40%
PETRONAS	10%

Table 6. Project Specification:

Location	50 km North West Assaluyeh, Tombak Village
Feed Stock	Supplied From South pars field-Phase11
Liquefaction Units	2
Production	10MT/Year by 2 Train
Executing Agency	Pars LNG
Liquefaction Technology	Axen

Table 7. Plant Main Characteristics/Train:

Feed gas	46 MM / Day	H ₂ S Content:0.4%-0.9%
		Nitrogen:3.5%-4.5%
		Mercaptan:400ppm
		Co ₂ Content:2.3%-2.5%
		Other Hydrocarbons:8%
LNG Production	5 MTPA/Train	
Propane Production	179 KTPA/Train	
Butane Production	212 KTPA/Train	
Condensate Production	3400 BODP/Train	
Sulphur Production	77 KTPA/Train	
Project Start up	2001	
LNG Delivery Start Date	2013	
The Iranian Local Content for construction of NIOC LNG Project Shall not be Less than 51%		



4. Persian LNG Project

4.1. Introduction

Persian LNG Project in pursuit of the establishment of a liquefaction plant for natural gas, is well underway in Tombak region, 50 km NW of Asaluyeh and 15km SE of Kangan-Pars 2(Tombad). This project is made up of two phases. The first phase includes two units for sweetening and condensation extraction and one unit for LNG production. In the second phase, one more unit that of sweetening and condensation extraction and one more for LNG Production will be added. Each LNG production unit is expected to annually meet 8.1 MT of production (16.2MT in total). South Pars Gas Field, phases 13 and 14 will provide the feed gas of the project which will daily totaling 78 MM3.

Table 8. Current Shareholders

Current Shareholders	
NIGEC	50%
SHELL	25%
REPSOL	25%

Table 9. Main Figures for Each Phase of Development:

Items	Train one	Train two
Feed Gas Amount MM ³ /Day	52	78
LNG Production MTPA	8.1	16.2
Propane Production MTPA	0.67	1
Butane Production MTPA	0.37	0.56
Domestic Gas Production MTPA	3.1	0.2
Condensate Production MTPA	0.29	0.43

Table 10. Plant Main Characteristics

Plant Main Characteristics	
Liquefaction	Shell – Double Mixed Refrigerant (DMR) process
Mercaptan Removal	Sulfinol – D/Molecular Sieve
Compressor Driver	SCOT
Sulphur Recycle	Electric Motors With Variable Speed
Power Generation	1200MW Combined Cycle Power Plant Concept Providing Heat and Power
Acid Gas Removal	Sulfinol-D
Heating/Cooling Medium	Steam/Air Cooling
LNG Tanks	3 Full Containment Tanks, Each 160.000m ³ For 2 LNG Trains
LPG Tanks	2 Full Containment Tanks, Each 65.000m ³ For Butane and 105.000m ³ for propane
LNG Delivery Start Date	2014



5. North Pars Project

5.1. Introduction

This Project based upon a barter and a counter purchase with a 7-year refund is after developing North Pars phase with 52 TCF of gas reserves in SE of Boushehr. The would-be gas from this phase will be put to use for LNG production in a plant to be constructed by Chinese CNOOC co. in Tombak region in 2013. This plant comprises 4 trains each of which is 5 MT of capacity totaling 20 MT. Half of the product belongs to NIOC for a 25-year term and CNOOC will pay NIOC the cost of the remaining gas upon the agreement concluded.

NIGEC is to sell CNOOC the feed gas on behalf of NIOC. All the equipment will be ceded to NIOC after this 25-year term.

Table 11. Current Shareholders

Current Shareholders	
CNOOC	100%
<ul style="list-style-type: none"> Based on agreements instead of tolling fee half of LNG production belongs to NIOC Plant ownership will be delivered to NIOC after 25-year time 	

Location	Tombak Port ,South East Bushehr
Gas Field	North Pars Gas Field
No trains	4
Production MT/Year	20
Agreement Duration (Between Iran &China)	25 Years
Feed Gas Amount MM ³ /Day	113.3
Project Start Date(Negotiation)	2006
Production Start Date	2014

6. Golshan & Ferdowsi Projects

6.1. Introduction

This project, based upon buy back with a 7-year refund through the sale of the fields gas and by – products is firstly intended to develop Golshan and Ferdousi Gas Fields in SE of Boushehr . Secondly this project is expected to bring an LNG plant into being through the investment of Malaysian Petrofield Company so as to produce two trains each of which gas 5 MT of annual capacity. Half of the product belongs to NIOC for a 25-year term, and Petrofield will pay NIOC the cost of the remaining gas upon the agreement concluded.

NIGEC is to sell Petrofield the feed gas on behalf of NIOC. All the equipment will be ceded to NIOC after this 25-year term.

Table 12. Current Shareholders

Current Shareholders	
SKS	100%
<ul style="list-style-type: none"> Based on agreements instead of tolling fee half of LNG production belongs to NIOC Plant ownership will be delivered to NIOC after 25-year time 	



Location	Tombak Port South East Bushehr
Gas Field	Golshan & Ferdowsi Gas Field
No trains	2
Production MT/Year	10
Agreement Duration (Between Iran & Malaysia)	25years
Feed Gas Amount MM ³ /Day	56.7
Project Start Date	2007
Production Start Date	2015

7. Gas export projects via pipeline

Table 13. Overview of pipeline projects

No	Projects Title	Requested Gas Volume or Transmitting Lines Capacity	The Latest Status	Commencement Date	
Gas – Sale Contracts	1	Turkey	7-10	Gas export has been launched since 2001 and has annually reached nearly 10 BCM from 2007	2001
	2	Azerbaijan gas swap with Nakhchivan	0/3-0/35	Exchange Operation is underway	2005
	3	Iranian gas-Armenian electricity barter	1/1-2/3	The contract has been signed and the national Gas Company undertook the executive operations	2007
Gas-Purchase Contracts	1	Turkmenistan-Phase1	2-8	In progress	-
	2	Turkmenistan-Phase2	To 14	In progress	Since 2007
Concluded contracts and subject to be exported	1	Pakistan	21/5	Gas Sale and Purchase Agreement signed	2013-2014
	2	Swiss EGL	0/3-1/5 within phase1 2-4 within phase2	Gas Sale and Purchase Agreement signed operation Agreement signed	2010-2009 2012-2011
Projects being negotiated	1		30	The negotiations adjourned by Indian party	2013-2014
	2		13/7	Term Sheet signed	2011
	3		28	Term Sheet signed	2013
	4		28	MOU initialed and confirmed FA signed and Term Shett proposed	2013
	5		8/6	Term sheet submitted by the ministers entourage to	3years ever since



				Kuwaiti party	the contract
	6		----	MOU signed by the Iranian and Turkish ministers of oil and Gas in Ankara, The preliminary feasibility studies carried out	-----
	7		----	Under consideration	-----
	8		5/5-13/7	MOU&CA signed	2015

8. Persian pipeline project (Exporting gas to Europe IGAT9)

8.1. Introduction

So as to possess a more contributive and participatory role in potential markets those of European countries and more potently carry out transactions in the realm of energy as one of the major suppliers of gas in this continent the construction of this gas pipeline under the name of IGAT9 was brought into being. This pipeline extends 1863 km from Asaluyeh (South Pars Gas Field) to Bazargan border and the other pipeline routes namely Nabucco Pipeline and Persian pipeline can potentially export Iranian gas from there on.

Given some anticipation into account this pipeline is to annually export 30-35 BM3 . To sell this amount of gas some negotiations are underway with countries namely Greece , Austria , Italy, Germany , Switzerland and so are talks with France and Spain in the coming future . In view of the policies made, this Project is set to be designed and executed using the foreign investors capabilities and the domestic contactors.

9. Pipeline project of gas transfer to Switzerland

9.1. Introduction

This pipeline is after exporting gas to EGL Company in Romania, Italy and Switzerland within 2 phases totaling 5.5 BCM in one hand and consolidating Iran's presence in European markets.

This project was launched in 2006 and it was ordained that the contract be concluded after the condition of feasibility study within the framework of the following table.

Table 14. Project Specifications:

Gas Feed	South Pars Gas Field-IGAT9
Requested Volume	Phase 1:0/3-1 BCM/Y Phase 2:4 BCM/Y
Delivery Location	Bazargan Border
GAS Export Duration	25 Years

10. Pipeline project of gas transfer to Austria

10.1. Introduction

The project is to export gas to Austria via pipeline. This project intends to step inside the Northern ' and Western market of Europe as well as to contribute Nobbaco Consortium.



This project was launched in 2006 and the gas is to be delivered to Econgaz Company after the execution of phases those of studies and pipeline construction

Table 15. Project Specifications:

Gas Feed	South Pars Gas Field-IGAT9
Requested Volume	5BCM/Y
Delivery Location	Bazargan Bordre or Hub BaumGarten
GAS Export Duration	25Years

11. Pipeline project of gas transfer to Pakistan and India (IPI)

11.1. Introduction

The issue of exporting gas to India and Pakistan dates back to 1990. The tensions in between India and Pakistan made the project fail to noticeably proceed till early of the decade. National Iranian Oil Company embarked upon some studies backed by International companies so as to have a pipe construction route that best fits either through onshore, offshore, littoral lands or deep waters recognized. In so doing, Australian B.H.P Company conducted the feasibility studies and upgrading in 2003 and the former in 2001 out of which onshore pipe construction was picked up as the superior alternative. Pursuant to that, National Iranian Gas Export Company announced its readiness to deliver gas in Pakistan and Pakistan-India border. The second course of tri-lateral talks chasing the gas export to India and Pakistan commenced in 2003. three companies partook in the talks those of National Iranian Gas Export Company representing iran, Inter State Gas Systems Limited representing Pakistan, Indian Oil Company Limited and Gas Authority India Limited representing India. Manifold trilateral meetings have been run on the level of the counterpart deputies of the ministries of oil and energy accompanied with some work teams from the three countries which helped them get the price formulae finalized.

Table 16. Project Specifications:

Gas Feed	Assalouyeh
Requested Volume(Pakistan)	7/8BCM/Y
Requested Volume(India)	10/9 BCM/Y
Delivery Location	Border of Iran & Pakistan
Commencement Date	2013-2014

12. Pipeline project of as transfer to Kuwait

12.1. Introduction

The agreement signed by the ministers of the two countries in 2000 gave birth to a contract concluded to export gas to Kuwait via pipeline. Accordingly, having several course of talks concerned with the allocated gas fields, methods of investment, and the administration of feasibility studies held, the draft of the contract and buy-sell Term Sheet for the year 2004 got signed by the two parties. The two sides - kept pursuing the talks in order to get all the articles of the contract finalized. However, in view of the events those of the drastic changes in the structure of energy global price, disputes over the price formulae, governing rules, price revision mechanism and finally Kuwait's refusal to stay on course I; led the talks to be left dormant.



In view of the correspondence between the two countries and Kuwait's letter issued on NIGEC's comments over the agreed-upon Term Sheet, the second course of talks got started. In the second run of talks, while reconsidering the new formulae of gas price, Kuwaiti party was provided with the amended draft of the Term Sheet. The aforementioned talks are to be pursued.

Design and refine consultant Engineers Co. was in charge of conducting studies for the transition of Iranian gas to Kuwait. As agreed upon, Iranian gas is to be delivered to a consortium comprising Iranian and Kuwaiti international companies, an investment company, and an operator as a transition company in Genaveh region. In accordance with the contract, the aforementioned consortium will FW deliver gas to Kuwait KPC Co. in Rasozoor in Kuwait. The consortium's framework of activity based on B.O.O is to be devised.

Table 17. Project Specifications:

Gas Feed	Assalouyeh
Requested Volume	3/1BCM/Y
Delivery Location	Rasolzoor in Kuwait
Gas Export Duration	3years ever since the contract finalized

13. Pipeline project of gas transfer to Oman

13.1. Introduction

This project aiming at exporting gas to Oman via pipeline dates back to almost six years and became the subject of consideration for both countries ever since. There after, three agreements were signed by the two parties in 2005 and 2006. These talks paralleled with the negotiations concerned with the expansion of Kish and Hengam gas fields by Iranian offshore Company (I.O.O.C) and NIGEC with Omani oil company regarding the feasibility studies so as to transform mm3 of export gas to LNG. 30% of the liquefied gas belongs to Iran in return of the processing fee. Due to some agreements over the price of the export gas and the Kuwaiti's low price proposal made the talks dormant and then the second course of talks began to reach a reasonable price for both parties. The issues namely Oman's investment plan in Kish fields, transformation of Iranian gas to LNG, the establishment of a IranianOmani joint company, price and the formulae of Iranian gas are all on the table in these on-going talks.

Table 18. Project Specifications:

Gas Feed	Kish Gas Field
Requested Volume	10/2BCM/Y
Delivery Location	Sea Border of two countries
Gas Export Duration	2013

14. Pipeline project of gas transfer to Bahrain

14.1. Introduction

After visits paid by the oil ministries of the two countries, an agreement was made to get a team to conduct a feasibility study for exporting gas to Bahrain and the Bahraini investment on Iranian oil and gas fields. The first official meeting in 2007 in Bahrain helped the two parties reach general agreements. Thereafter, in the second official meetings in 2007 in Tehran. The two parties agreed upon the finalization of MOU which was signed by the two countries' oil ministers. Some joint



meetings ended in conclusions at which the two parties had the FWA signed in 2008. Bahrain will receive nearly 28 mm³/day and will invest nearly 4 billion dollar in phases 15 and 16 South Pars gas fields in return.

Table 19. Project Specifications:

Gas Feed	South Pars Phases 15-16
Requested Volume	10/2BCM/Y
Delivery Location	Sea Border of Iran & Bahrain
Gas Export Duration	2013

15. Savex Project

Savex project standing for Save To Export project, was brought into being so as to optimize fuel consumption and increase the efficiency of thermal power plants. This project also aims at exporting the saved gas and absorbing investment utilizing foreign investors' resources.

15.1. Domestic necessities for the execution of Savex

- 1-The ever-decreasing volume of hydrocarbon resources and the importance of it's optimum consumption
- 2-The technology transference of modern power plants
- 3-Reducing ecological contaminations and green house gases
- 4-The mounting energy crisis and the growing global demand for gas and LNG
- 5-Prognosticating the ascending trend of the added value of natural gas resources as compared to oil in the decades ahead
- 6-The negative balance of power production and consumption in view of the growing domestic consumption.

15.2. The anticipation of annual revenue of savex (Quote in 200\$)

- 1-Intensifying the efficiency of the power plants resulting in saving 36 MM³ of gas per day
 - 2-Every million BTU of gas is prices at \$12 and the convergence coefficient every cubic meter to thousand BTU equals 36.
- 36 MM³ of the gas saved x 365 days x 36 coefficient x \$12 = \$ 5.6billion

15.3. Methods to increase output performance and reduce lass

- 1-Using Turbo expanders and producing electrical energy in pressurereduction stations
- 2-Optimizing gas turbines within gas-boosting stations at distribution and export gas pipelines
- 3-Optimizing the design and the equipment of steam and gas turbines in non-power plant industries
- 4-Replacing the thermal power plants with modern cycle combination and steam power plants.

15.4. Activities carried out in Savex project

An agreement has been concluded and a joint group has been formed with some European companies so as to have arrangement made to initiate feasibility studies. The study phase of the project is expected to last 9 months. Once the study phase of the project gets terminated, the operational phase will get started.



Zakonodavni i arhitektonski okvir projektiranja instalacija u zgradama

The legal and architectural framework for the design of installations in buildings

Z. Dolaček-Alduk^{1,*}, Ž. Jurković², S. Lončar-Vicković¹

¹Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Hrvatska

²Studio 4m2 d.o.o., Osijek, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: zlatad@gfos.hr

Sažetak

U radu se prikazuju bitni zahtjevi za građevinu definirani u Zakonu o prostornom uređenju i gradnji iz vizure projektiranja i izvođenja instalacija. Opisani su pionirski primjeri kreativnog pristupa rješavanju položaja, razvoda i prezentiranja instalacija u zgradama izgrađenih krajem 20. stoljeća kao prethodnica pametnim zgradama današnjice. U zaključnom dijelu rada razmatraju se i aspekti edukacije za upravljanje pametnim zgradama te problematika uvođenja suvremenih instalacija u zaštićena nepokretna kulturna dobra.

Abstract

In this paper essential requirements for a built structure are presented as defined in the *Law on Physical Planning and Construction* from the viewpoint of designing and construction installations. Pioneering examples of the creative approach to the position, distribution and presentation of buildings installations of the late 20th century are described as precursors to today's smart buildings. In the final part paper discusses aspects of training for smart buildings' management and introduction of modern installations in protected edifices.

Ključne riječi: građevinsko zakonodavstvo, bitni zahtjevi, arhitektonski problemi

1. Bitni zahtjevi za projektiranje i izvođenje građevina

Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07, 38/09, 55/11) [2] definira šest bitnih zahtjeva za građevinu koji pridonose sigurnosti građevine, zaštiti korisnika i okoliša te uštedi energije. Bitni zahtjevi za građevinu izvorno su određeni Direktivom o građevnim proizvodima 89/106/EEC (Construction Product Directive - CPD). Ovom Direktivom riješeni su problemi slobode kretanja građevnih proizvoda europskim tržištem - tako građevni proizvodi proizvedeni u jednoj od država članica EU moraju biti takvi da se mogu ugrađivati i drugoj zemlji članici. Problemi su nastali vezano uz činjenicu da su se u



zemljama članicama primjenjivali drugi zahtjevi koje građevine moraju ispunjavati i da postoje razlike u znanju i vještinama osoba koje proizvode ugrađuju [3].

Osim bitnih zahtjeva Direktivom su definirani zahtjevi za uporabljivost građevnih proizvoda čime se osigurava da uporabljivi građevni proizvodi u svim zemljama članicama na jednak način ispunjava bitne zahtjeve.

Osnovne odredbe Direktive uvedene su u pravni okvir hrvatskog građevnog zakonodavstva Zakonom o gradnji koji je donesen 2003. godine i njegovim podzakonskim aktima. Do danas, osnovni zakoni i ostali propisi u području graditeljstva mijenjali su se i razvijali s ciljem prilagodbe i usvajanja pravne stečevine Europske unije [4].

Bitni zahtjevi moraju, uz uobičajeno održavanje građevine, biti ispunjeni tijekom njezinog ekonomski prihvatljivog uporabnog vijeka.

1.1. Mehanička otpornost i stabilnost

Vezano za bitni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, građevina mora biti projektirana i izvedena tako da opterećenja koja će vjerojatno djelovati na nju tijekom njene gradnje i uporabe neće dovesti ni do jedne od sljedećih pojava:

- rušenje građevine u cjelini ili njezina dijela,
- većih deformacija nedozvoljenog stupnja,
- oštećenja dijelova građevine, instalacija ili ugrađene opreme zbog većih deformacija nosive konstrukcije i
- oštećenja prouzročenih događajem u mjeri koja je nesrazmjerna izvornom uzroku.

Provjere zadovoljavanja ovog bitnog zahtjeva koje prevladavaju u zemljama članicama Europske unije temelje se na metodi graničnih stanja uz primjenu prikladnih proračunskih modela. Uporabljivost proizvoda koji čine sustave za opskrbu vodom, plinom i odvodnji (spajala, slivnici i šahtovi od betona, plastika, čelik, lijevano željezo) dokazuje se ocjenom njihovih svojstava: odstupanja od geometrije, nosivost na unutarnji tlak, nosivost na vanjski tlak, nosivost na uzdužno savijanje, čvrstoća i trajnost [1].

1.2. Sigurnost u slučaju požara

Prema bitnom zahtjevu sigurnosti u slučaju požara građevina mora biti projektirana i izvedena tako da u slučaju požara:

- očuva nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena utvrđena posebnim propisom,
- spriječi širenje vatre i dima unutar građevine,
- spriječi širenje vatre na susjedne građevine,
- omogućiti da osobe mogu neozlijeđene napustiti građevinu, odnosno da se omogućiti njihovo spašavanje i
- omogućiti zaštitu spašavatelja.

Metode provjere ispunjenja ovog bitnog zahtjeva provode se ispunjavanjem zahtjeva iz državnih propisa koji se mogu izraziti:

- navođenjem minimalnih zahtjeva za građevine u brojčanim vrijednostima,
- navođenjem minimalno traženih protupožarnih svojstava proizvoda i
- navođenjem kritičnih uvjeta na području požara.



Karakteristike proizvoda koji se upotrebljavaju za instalacije trebaju biti opisane svojstvima. Moraju se navesti metode proračuna, mjerenja i ispitivanja zajedno s kriterijima sukladnosti navedenim u tehničkim specifikacijama.

1.3. Higijena, zdravlje i zaštita okoliša

Prema bitnom zahtjevu higijene, zdravlje i zaštita okoliša, građevina mora biti projektirana i izvedena tako da ne ugrožava higijenu ili zdravlje stanovnika ili susjeda naročito kao posljedice ispuštanja otrovnog plina, prisutnosti opasnih čestica ili plinova u zraku, emisije opasnog zračenja, zagađivanja ili trovanja vode ili tla, nepravilnog odstranjivanja otpadnih voda, dima te krutih ili tekućih otpada i prisutnosti vlage u dijelovima građevina ili na površinama unutar građevina.

Za proizvode i sustave proizvoda koje mogu prouzročiti ispuštanje zagađujućih tvari u zrak unutarnjih prostora (zidne obloge, izolacijski materijali, membrane za zaštitu od vlage, električni kabeli i slično) utvrđuju se emisija hlapivih organskih spojeva i ispuštanje zagađujućih tvari uzimajući u obzir koncentraciju tih tvari u proizvodu, osjetljivost na razvoj mikroorganizama i radioaktivno zračenje.

1.4. Sigurnost u korištenju

Prema bitnom zahtjevu sigurnosti u korištenju, građevina mora biti projektirana i izvedena tako da tijekom njezine upotrebe ne dolazi do neprihvatljivih rizika od nesreća kao što su klizanje, pad, sudar, opekline, električni udar, povreda od eksplozije. Za svaki od navedenih rizika u smjernici su navedena tražena svojstva građevina i osnovna svojstva proizvoda kako bi se njihova opasnost od pojave u potpunosti otklonila ili smanjila na najmanju moguću mjeru.

1.5. Zaštita od buke

Prema bitnom zahtjevu građevina mora biti projektirana i izvedena tako da buka što ju zamjećuju osobe koj borave u građevini i osobe koje se nalaze u njezinoj blizini bude na takvoj razini da ne ugrožava zdravlje te da dopušta zadovoljavajući noćni mir i uvjete za odmor i rad.

1.6. Ušteda energije i očuvanje topline

Prema ovom bitnom zahtjevu građevina i njezine instalacije za grijanje, rashlađivanje i ventilaciju moraju biti tako projektirane i izvedene da je zahtijevana količina energije pri uporabi mala, uzimajući u obzir klimatske uvjete mjesta građevine i stanovnike. Ovaj bitni zahtjev tumači se tako da građevina pri uporabi mora biti energijski učinkovita uzevši u obzir klimatske uvjete mjesta i predviđenu uporabu građevine. Odredbe o uštedi energije odnose se na sljedeća područja uporabe energije: grijanje prostorija, hlađenje prostorija, kontrolu vlažnosti, pripremu sanitarne tople vode i provjetranje.

Ispunjenje bitnog zahtjeva «Ušteda energije i očuvanje topline» osigurava se projektom i proračunom građevine, izvedbom i potrebnim održavanjem i svojstvima, ponašanjem i uporabom građevnih proizvoda. Materijali za zgrade u većini su država članica normirani



(materijali za završne slojeve, mortovi, žbuke i materijali za fugiranje, sve vrste betona, građa, materijali na osnovi drva, daske, prirodni kamen, opeke, blokovi, šljunak, pijesak, zemlja, staklo, toplinski-izolacijski materijali), a u tim je normama utvrđen način proračuna gubitka topline. Za te je materijale određen niz općepriznatih proračunskih vrijednosti za različite uvjete, koje svaki projektant može primijeniti bez daljnjih mjerenja [1].

S ciljem uspješne primjene mjera energetske učinkovitosti u našoj zemlji bilo je potrebno urediti zakonodavno okruženje u području toplinske zaštite i energetske učinkovitosti i uskladiti ga s europskim propisima, provoditi postupke energetske kontrole novih i postojećih zgrada te uvesti energetske certifikate kao sustav označavanja zgrada prema godišnjoj potrošnji energije. Upravo se *Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o prostornom uređenju i gradnji* (NN 90/11) koji je stupio na snagu 10. kolovoza 2011. godine uvodi neovisan sustav kontrole energetskih certifikata i izvješća o pregledu sustava grijanja i klimatizacije [5].

1.7. Tehnički propisi

Obzirom da se radi o definiranju zahtjeva za raznovrsne građevine zakonom je određeno da će se bitni zahtjevi daljnje i detaljnije razrađivati u tehničkim propisima. Tehničkim propisima se razrađuju, odnosno propisuju, u skladu s načelima europskog usklađivanja tehničkog zakonodavstva, bitni zahtjevi za građevinu, tehnička svojstva koja moraju imati građevni proizvodi, i drugi tehnički zahtjevi u vezi s građevinama, njihovim građenjem i održavanjem građevine [1]. Tehničkim propisom kojim se izravno ili upućivanjem na tehničku specifikaciju propisuje tehničko svojstvo, koja mora imati građevni proizvod, propisuje se i način dokazivanja uporabljivosti i radnje koje se provode u postupku ocjenjivanja sukladnosti građevnih proizvoda s tehničkom specifikacijom.

Primjena i ispunjavanje navedenih zahtjeva konkretno se realizira kroz više ili manje uspješna arhitektonska i građevinska rješenja.

2. Arhitektonski aspekti projektiranja instalacija u građevinama

2.1. Uvažavanje energetske učinkovitosti kod projektiranja zgrada i instalacija u zgradama
Područje ostvarivanja uštede energije u zgradama detaljno je regulirano nizom tehničkih propisa. Najbitniji propis je *Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (NN110/08 i 89/09) koji svrstava zgrade u energetske razrede ovisno o specifičnim godišnjim potrebama za toplinskom energijom. Regulatorna Europske unije, koju je većim dijelom u svoj pravni sustav integrirala i Hrvatska, propisuje primjenu mjera energetske učinkovitosti, zaštite okoliša i uporabe obnovljivih izvora energije. U sektoru opće potrošnje veliki potrošači energije su upravo zgrade koje u Europi i u Hrvatskoj sudjeluju s oko 40% u ukupnoj potrošnji energije, s tendencijom stalnog porasta. Stoga je evidentno da u zgradarstvu postoji veliki potencijal energetskih ušteda, tim prije što zbog dugog životnog vijeka zgrade imaju dug i stalan utjecaj na okoliš. Zbog toga je energetska učinkovitost u zgradarstvu te korištenje obnovljivih izvora energije prije svega za grijanje i hlađenje prioritet energetike i graditeljske djelatnosti.

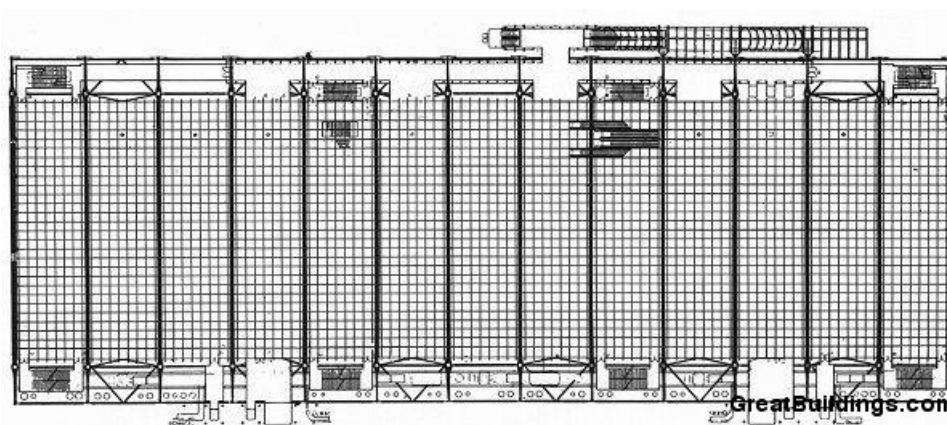


2.2. Europski primjeri

Centre Georges Pompidou u Parizu, građen od 1972. do 1976. godine, arhitekti Richard Rogers i Renzo Piano, predstavlja jedan od prvih primjera u suvremenoj arhitekturi koji pokazuje kako tehnološki elementi zgrade kreiraju njenu originalnu pojavnost. Arhitekti instalacije i komunikacije (sekundarne elemente zgrade) stavljaju na vanjsku opnu, pri čemu se za traženu namjenu (galerijski prostor) oslobađa cijela površina etaže. Svaki sistem instalacija ima drugu boju, što djeluje vizualno atraktivno, ali i omogućava lagan pristup svakoj vrsti instalacije u slučaju kvara, servisiranja ili slično.



Slika 1. Centre Georges Pompidou - pristupni trg i ulazno pročelje
(izvor: <http://photoeverywhere.co.uk>)



Slika 2. Centre Georges Pompidou - karakteristični tlocrt
(izvor: www.greatbuildings.com)



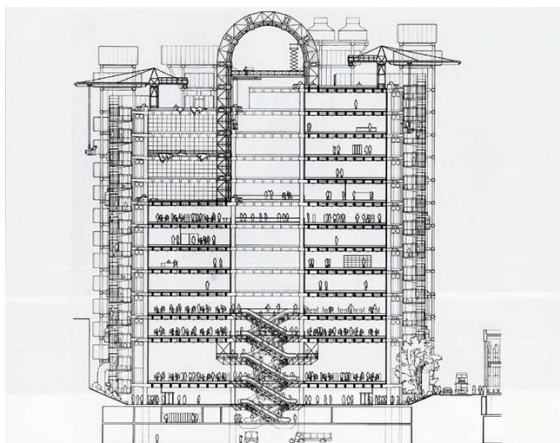
Slika 3. Centre Georges Pompidou – vanjske instalacije
(izvor: <http://photoeverywhere.co.uk>)



Slika 4. Centre Georges Pompidou – detalji i kolorit vanjskih instalacija
(izvor: <http://photoeverywhere.co.uk>)



Drugi referentni primjer koji ilustrira kako mehanički elementi (instalacije, servisi, komunikacije) postaju motiv oblikovanja je zgrada Lloyd (Lloyds of London Building) u Londonu, građena od 1979. do 1984. godine, arhitekt Richard Rogers. Ponovno je prisutan princip tehnološkog oblikovanja „inside-out“: tehnologija se izlaže, nije skrivena, a estetika ovakvog oblikovanja poznata je pod nazivom „high-tech“. Oprema je na pročelju, izložena je, dostupna, može lako biti zamijenjena novom, energetski učinkovitijom.



Slika 5. Lloyds of London Building – presjek
(izvor: <http://dab510brontefisher.blogspot.com>)



Slika 6. Lloyds of London Building – ventilacijske cijevi
(izvor: www.shutterstock.com)



Slika 7. Lloyds of London Building – estetika „high-tech“ oblikovanja
(izvor: skyscrapercity.com)



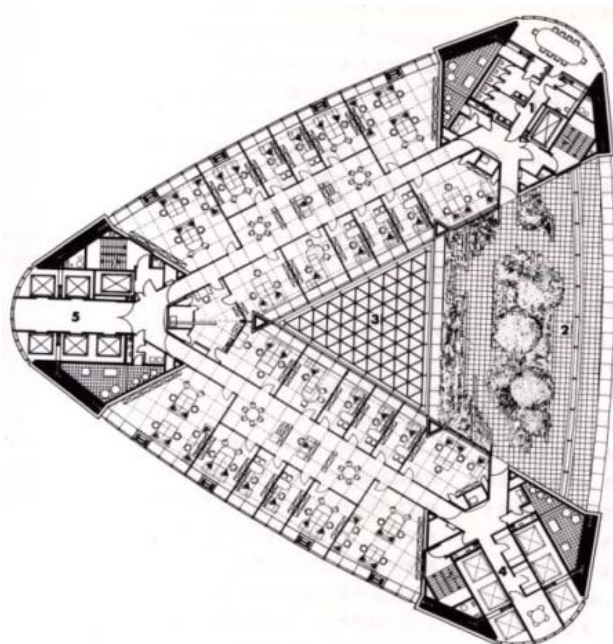
Slika 8. Lloyds of London Building – vanjski mehanički elementi od inoxa
(izvor: skyscrapercity.com)

Njemačka je jedna od država koja je najdalje otišla u progresivnom pristupu održivom razvoju i građenju. Upotreba suvremene tehnologije, inkorporiranje visoke tehnologije u održivost i maksimalno korištenje prirodnih izvora - sve ove postavke integrirane su u striktnu zakonsku regulativu Njemačke, ali još važnije: jaka je svijest kako pojedinca tako i velikih korporacija o potrebi održivog građenja i uštedi energije u zgradarstvu. Razvijena industrija tehnološkom inovativnošću servisira „arhitekturu“ visokotehnologiziranom opremom i materijalima.

Jedan od prvih primjera održivog građenja zgrada velikog mjerila je 53-katna zgrada Commerzbank u Frankfurtu, građena od 1991. do 1997. godine, arhitekt Foster and Partners. Ovaj poslovno toranj ima središnji atrij i zimske vrtove po etažama koji osiguravaju osvjetljenost i mikroklimu. Fasadsna opna omogućava ventiliranje cijele zgrade. Jezgre s pomoćnim prostorima i komunikacijama smještene su periferno, u uglove zgrade.



Slika 9. Commerzbank – 300 m visoka uredska zgrada
(izvor: www.greatbuildings.com)



Slika 10. Commerzbank – trokut u obliku trokuta sa središnjim atrijem
(izvor: www.civil.ist.utl.pt)

Navedeni primjeri predstavljaju integralni pristup projektiranju zgrada različitih mjerila gdje od koncepta do detalja svaki element ostvaruje zadane postavke energetske učinkovitosti. Sustavi grijanja/hlađenja/ventiliranja integrirani su u arhitektonski promišljeni arhitektonski koncept.



3. Upravljanje građevinama

3.1. Nova generacija inženjera za upravljanje pametnim građevinama

Pametne zgrade su kuće, najčešće novogradnje, opremljene složenim i povezanim sustavima instalacija (grijanja, hlađenja, osvjetljenja) kojima se može upravljati na jedinstven način.

Većinom izgrađenih pametnih zgrada danas se upravlja pomoću centraliziranih nadzornih i upravljačkih sustava (CNUS). Korištenje takvih sustava trebalo bi biti jednostavno, bez posebnih uputa i potrebe za znanjima u području programiranja. Takav cilj je teško ostvariv jer, dok je donedavno o grijanju i svjetlu u kući brinuo domar, u pametnoj zgradi sustave vode i nadziru inženjeri. Ali, inženjeri koje struke, koje specijalizacije, koje razine obrazovanja? Strojari? Građevinari? Elektrotehničari? Informatičari?

Jedna od mogućnosti kreativnog rješenja ovog problema je stvaranje novog inženjera – inženjera za 21. stoljeće koji će u obrazovanju stjecati specijalistička znanja, vezana uz konkretne zadatke koje će obavljati u praksi. Na Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku u tijeku je osnivanje specijalističkog diplomskog stručnog studija elektrotehnike, smjer Projektiranje elektrotehničkih instalacija i sustava informacijske tehnologije. Studijski program temeljen je na potrebama za uvažavanjem i usvajanjem novih tehnologija i procesa u projektiranju i izvedbi instalacija, između ostalih i pametnih zgrada, i zamišljen je interdisciplinarno, integrirajući znanja iz područja elektrotehnike, građevinarstva i strojarstva.

4. Aplikacija odredbi novih zakona i propisa na zaštićenim građevinama

4.1. Mogu li arhitektonski vrijedne zaštićene zgrade postati pametne zgrade?

Svaka zgrada može postati pametna zgrada! Ali, je li to pametno? Zaštićene zgrade u Hrvatskoj većinom su kuće građene prije široke upotrebe čelika, betona i armiranog betona (prva polovica 20. stoljeća) u arhitekturi. One tako masom, dimenzijama otvora i zidnog plašta zadovoljavaju ograničenja energetske učinkovitosti – dovoljno su toplinski izolirane. Ipak, isti period građenja ih istovremeno definira kao zgrade izvođene s minimumom kućnih instalacija.

U literaturi se navodi 1850. godina kao virtualna granica između dvije ere – prije i poslije ekstenzivnog ugrađivanja sustava instalacija u zgradu. Prije 1850. godine u većini kuća su postojali samo sustavi grijanja (ognjište, peć, kamin, dimnjak); nakon tih godina zgrade se projektiraju i planiraju s izvedbom vodovoda i kanalizacije, električne energije (svjetlo, utičnice, električni aparati), ventilacije, telefona i Interneta. U crkvama najčešće nije bilo ni grijanja pa je nepromišljeno uvođenje sustava grijanja dovelo do remećenja ravnoteže materijala, konstrukcija i zračnog prostora – isušivanja drvenih konstrukcija i zidova od opeke, pukotina u žbuci i slično.

Zato svakoj intervenciji u starijim, zaštićenim zgradama treba pristupiti holistički, konzultirati tim sastavljen od stručnjaka različitih specijalnosti – arhitekata, građevinara, strojara – uz uvažavanje Hipokratovog principa **Primum non nocere** (najprije ne naškodi).



5. Zaključak

Arhitektura - kao disciplina koja ujedinjuje tehničku i umjetničku komponentu - sve više teži integralnom pristupu projektiranju pri čemu tehnološki aspekti apliciranja opreme i postrojenja vezanih uz uštedu energije postaju ravnopravni osnovnim sastavnicama arhitekture: funkciji, konstrukciji i formi [6]. Time se sve više otvara mogućnost da se elementi tehnologije, instalacija, opreme i postrojenja, na kreativan način integriraju u funkcioniranje, konstrukciju i pojavnost zgrade kao jednakovrijedni dijelovi.

Koncept energetske održive gradnje može se primijeniti i primjenjuje se na sve namjene i veličine zgrada: od obiteljskih kuća do poslovnih tornjeva, aerodromskih terminala, obiteljskih prizemnica, nebodera, rekonstrukcija višestambenih zgrada. Takav stav zahtijeva integralni pristup projektiranju, od koncepta do detalja, gdje svaki element ostvaruje zadane postavke energetske učinkovitosti.

6. Literatura

- [1] Aničić, Dražen; Čulo, Ksenija. Građevinski inženjeri na putu u Europu. Osijek: Građevinski fakultet Osijek, 2003. (ISBN 953-6962-08-X)
- [2] Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)
- [3] Fučić, Lino; Štormar, Željko. Direktiva o građevnim proizvodima // *Građevinar*, 58(2006), 12; 1009-1019. (ISSN 0350-2465)
- [4] Fučić, Lino; Čoza, Jasminka, Josip. Tehnički propisi u graditeljstvu i upućivanje na tehničke specifikacije // *Zbornik radova Sabora hrvatskih graditelja 2008 / Simović, Veselin (ur.)*. (ISBN 978-953-6686-10-0). Cavtat : Hrvatski savez građevinskih inženjera, 06.-08.11.2008. s. 759-765
- [5] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o prostornom uređenju i gradnji (NN 90/11)
- [6] Lončar-Vicković, Sanja; Dolaček-Alduk, Zlata. Ishodi učenja – priručnik za sveučilišne nastavnike. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2010. (ISBN 978-953-6931-36-1)



UZORKOVANJE OTPADNE VODE RADI MJERENJA EMISIJE TVARI ŠTETNIH ZA OKOLIŠ

SAMPLING OF WASTE WATER TO MEASURE THE EMISSION OF SUBSTANCES HARMFUL TO THE ENVIRONMENT

Emir Trožić¹, Enver Trožić²

¹Ulica Banjalučka 80/d, 79260 Sanski Most, Vodovod Sanski Most, BiH,

²Ulica Banjalučka bb, 79260 Sanski Most, Panevropski Univerzitet «Apeiron», Banja Luka, BiH,

*Autor za korespondenciju. E-mail: emirtrozic@yahoo.com,

Sažetak

Emisije, štetnih tvari po okoliš, treba izmjeriti tako da rezultati budu reprezentativni, međusobno usporedivi i da jasno opisuju odgovarajuće radno stanje postrojenja. Moraju se primijeniti nacionalne i međunarodne metode i sredstva. Kod metoda uzorkovanja, uporedno će se analizirati, primjenjivost kompozitnog uzorkovanja i trenutnog uzorkovanja. Takođe će se, analizirati, odabir mjesta uzorkovanja, svojstva spremnika i čuvanje uzorka.

Ključne riječi: kompozitno uzorkovanje, otpadne vode, emisija, okoliš.

Abstract:

Emission of harmful substances in the environment, should be measured so that the results are representative, mutually comparable and clearly describe the proper working condition of the facility. They must apply national and international methods and tools. When sampling methods, will be comparatively analyze the applicability of current composite sampling and sampling. It also will be analyzed, selection of sampling properties of the container and storing samples.

Keywords: composite sampling, wastewater, emissions, environment.

1. Uvod

Sve aktivnosti u vezi sa emisijom štetnih tvari su od šireg globalnog interesa, tako da svaka lokalna zajednica, prvenstveno, preuzima zajedničke direktive, pa tek onda nadograđuje lokalnu legislativu. Širi globalni interes proizilazi iz činjenice da prečišćavanje otpadnih voda u jednoj državi, često utiče na vode drugih država. Zbog toga je sprečavanje ugrožavanja životne sredine, ispuštanjem nedovoljno prečišćanih urbanih otpadnih voda, neophodno sprovoditi, pa makar, sekundarno prečišćavanje. A u osjetljivim

zonama treba zahtjevati unapređeno prečišćavanje. Dok u manje osjetljivim zonama primarno prečišćavanje može biti dovoljno. Obavještanje o ispuštanju otpadnih voda i mulja treba biti dostupno javnosti u formi povremenih izveštaja. [1] Industrijska otpadna voda koja ulazi u kolektorske sisteme i gradska postrojenja za prečišćavanje otpadne vode mora biti podvrgnuta takvom prethodnom prečišćavanju, koje zadovoljava uslove kojima se ne ugrožava niti zdravlje ljudi, niti rad postrojenja, niti vodoprijemnik, i osigurava da se mulj može dispozicionirati bezbedno na ekološki prihvatljiv način. Biorazgradive otpadne vode iz nekih industrijskih sektora, koje ne ulaze u gradska postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, treba da, prije ispuštanja u vodoprijemnik, se tretiraju zadovoljavajućim nivoom tretmana. [1]

Slika u prilogu je detalj jedne prostorije laboratorija JKP «ViK» Sanski Most



Slika 1. Laboratorij za vode JKP «ViK» Sanski Most

Tamo gde uspostavljanje kolektorskog sistema nije opravdano, bilo zato što ne bi proizvelo korist za životnu sredinu ili zato što bi izazvalo izuzetne troškove, treba primjeniti individualne sisteme ili druge prikladne sisteme kojima se postiže jednaka zaštita životne sredine. Urbane otpadne vode koje se ispuštaju u vode u visokim planinskim oblastima (iznad 1.500 mnm), gde je teško primeniti efikasno biološko prečišćavanje usled niskih temperatura, mogu biti podvrgnuti manje strogom prečišćavanju od onog propisanog, ako detaljne studije pokažu da takvi izlivi neće nepovoljno uticati na životnu sredinu. [1]

Mulj koji potiče od prečišćavanja otpadnih voda ponovo će se upotrebiti kad god je pogodno. Korišćenje mulja koji potiče iz prečišćavanja otpadnih voda, treba da ima prioritet, a dispoziciju mulja u površinske vode trebaju ukinuti.



Monitoring postrojenja, vodoprijemnika i dispozicije mulja, mora da bude planski i primijenjov, radi osiguranja da je životna sredina zaštićena od nepovoljnih efekata ispuštanja otpadnih voda. [1]

2. Referentne metode mjerenja emisije štetnih tvari

Prema preporukama Direktive[1], za izlive iz gradskih postrojenja za prečišćavanje otpadne vode, primjenjivaće se vrijednosti koncentracije ili procenti smanjenja, kako stoji u tabeli:

Parametar	Koncentracija	Najmanji procenat smanjenja (1)	Referentna metoda merenja [1]
Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK ₅ na 20° C) bez nitrifikacije(2)	25 mg/l O ₂	70 – 90 40 prema clanu 4(2)	Homogenizovan, nefiltrovan, nede-kantovan uzorak. Određivanje rastvorenog kiseonika prije i poslije 5 dana inkubacije na 20°C + 1°C, u potpunom mraku. Dodatak inhibitora nitrifikacije
Kemijska potrošnja kiseonika (HPK)	125 mg/l O ₂	75	Homogenizovan, nefiltrovan, nede-kantovan uzorak. Kalijum dihromat.
Ukupne suspendovane materije	35mg/l(3) 35 prema clanu 4(2) (više od 10000 ES) 60 prema clanu 4(2)	90(3) 90 prema clanu 4(2) (više od 10000 ES) 70 prema clanu 4(2)	- Filtrovanje reprezentativnog uzorka kroz membranski filter 0,45µm. Sušenje na 105°C i mjerenje. – Centrifugiranje reprezentativnog uzorka (najmanje 5min sa srednjim ubrzanjem)

(1) smanjenje u odnosu na opterećenje ulazne vode.

(2) parametar može biti zamijenje nekim drugim: ukupan organski ugljenik (TOC) ili ukupna potrošnja kiseonika (TOD) ako se može uspostaviti zavisnost između BPK5 i ovih parametara.

(3) ovaj zahtev je neobavezan

Tabela 2. Vrijednosti koncentracija i referentne metode mjerenja



Analize koje se odnose na izlive iz laguna treba vršiti na filtrovanim uzorcima; međutim, koncentracija ukupnih suspendovanih materija u nefiltrovanim uzorcima ne treba da premaši 150 mg/l. Zahtjevi za izlive iz gradskih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u osjetljive zone koje su podvrgnute eutrofikaciji. Jedan ili oba parametra mogu biti primijenjeni, zavisno od lokalnih uslova.

Primijenjivaće se vrijednosti koncentracija ili procenti smanjenja, kako je prikazano;

Parametar	Koncentracija	Najmanji procenat smanjenja ⁽¹⁾	Referentna metoda merenja [1]
Ukupan fosfor	2 mg/l P (10000-100000 ES) 1 mg/l P (više od 100000 ES)	80	Molekularna apsorpciona sprektrofotometrija
Ukupan azot ⁽²⁾	15 mg/l N (10000-100000 ES) 10 mg/l N (više od 100000 ES) ⁽³⁾	70-80	Molekularna apsorpciona sprektrofotometrija

⁽¹⁾ Smanjenje u odnosu na opterećenje ulazne vode.

⁽²⁾ Ukupan azot: zbir ukupnog Kjeldal-azota (orgnaski N + NH₃), nitratnog (NO₃)-azota i nitritnog (NO₂) –azota

⁽³⁾ Alternativno, dnevna prosječna vrijednost ne smije preći 20 mg/l N. Ovo se odnosi na vodu sa temperaturom od 12°C ili više, tokom rada biološkog reaktora postrojenja za prečišćavanje otpadne vode. Kao zamjenu za uslov koji se odnosi na temperaturu, moguće je primijeniti ograničeno vrijeme rada, koje uzima u obzir regionalne klimatske uslove.

Tabela 3. Vrijednosti koncentracija ili procenti smanjenja



Tabela 4. prikazuje serije uzoraka sa maksimalnim dozvoljenim brojem uzoraka koji odstupaju;

Seriya uzoraka uzetih tokom godine	Maksimalan dozvoljen broj uzoraka koji odstupaju [1]
4-7	1
8-16	2
17-28	3
29-40	4
41-53	5
54-67	6
68-81	7
82-95	8
96-110	9
111-125	10
126-140	11
141-155	12
156-171	13
172-187	14
188-203	15
285-300	21
301-317	22
318-334	23
335-350	24
351-356	25

Tabela 4. Seriya i Maksimalan dozvoljen broj uzoraka koji odstupaju



3. Reprezentativni i međusobno usporedivi rezultat mjerenja emisije

Za utvrđivanje tvari u otpadnim vodama ili čistom plinu, mjeri se emisija, a podaci koriste u svrhu nadziranja postupka ili uređaja za smanjenje, ili za predviđanje utjecaja na okoliš. Emisije iz difuznih izvora ili neuhvaćene, (fugitivne), se mogu procijeniti mjerenjem.

Neophodno je prije mjerenja, sačiniti planove, uzimanjem u obzir:

- načina djelovanja,
- radnog stanja uređaja za pročišćavanje sporednog plina ili efluenta,
- radnih uvjeta uređaja (neprekidan rad, isprekidan rad, pokretanje, zaustavljanje, izmjena opterećenja) i
- učinka faktora termodinamičke interferencije.[2]

Ovi faktori čine osnovu za odabir: radnih uvjeta pod kojima se bilježe najveće emisije, broja i trajanja mjerenja, najpogodnije metode mjerenja te lokacije mjerenja s utvrđenim tačkama. U postupku mjerenja emisije otpadnih voda mogu se koristiti slučajni kvalificirani uzorci ili 24-satni kompozitni uzorci, proporcionalno protokama. Obično je potrebno minimalno pola sata (srednja vrijednost) za uzimanje uzorka ili mjerenje, kod neprekidnog rada. Uzorkovanje i mjerenje se vrši za vrijeme trajanja tehnološkog postupka. Gdje se pojavljuju manja kolebanja svojstava emisija, provode se 3 zasebna mjerenja najvišeg nivoa emisija, odnosno, može se provesti više mjerenja, uzorkovanja ukoliko se očekuju veća kolebanja. [2]

Najmanji godišnji broj uzoraka treba da bude određen prema veličini postrojenja za prečišćavanje i zahvatan u jednakim vremenskim razmacima tokom godine:

- 2.000 do 9.999 E.S.:	12 uzoraka tokom prve godine, 4 uzorka u sljedećim godinama, ako se može pokazati da voda tokom prve godine odgovara odredbama Direktive; ako jedan uzorak od četiri ne bude ispravan, u sledećoj godini se mora uzeti 12 uzoraka. [1]
- 10.000 do 49.999 E.S.	12 uzoraka
- 50.000 E.S. i više	24 uzorka

Tabela 5. Broj uzoraka prema ES

4. Uzorkovanje otpadne vode

Primjenjuje se kod metoda monitoringa koji odgovara najmanjem nivou zahteva. Mogu se koristiti i alternativne metode, osim navedenim, uz uslov da se može pokazati da daju rezultate iste vrijednosti. Uzorci proporcionalni protoku, ili vremenski zasnovani na 24-časovnim uzorcima, bit će zahvatani uvijek na istom dobro utvrđenom mjestu na ispustu, i ako je potrebno, na ulazu u postrojenje za prečišćavanje, radi praćenja usaglašenosti sa

zahtjevima Direktive za izlive otpadnih voda. Primijeniće se dobra međunarodna laboratorijska praksa namjenjena minimizaciji degradacije uzoraka od mjesta zahvatanja do vršenja analiza. Ekstremne vrednosti za kvalitet vode koja je u pitanju, ne treba uzimati u razmatranje kad su one rezultat izuzetnih prilika, npr. usljed jake kiše. [1]



Slika 2. Uzorkovanje, [3]

Uzorkovanja se uzimaju na mjestu koja moraju zadovoljiti uvjete odgovarajućih nacionalnih smjernica, i u pravilu trebaju:

- biti jasno označena,
- ukoliko je moguće, imati nesmetan protok u dijelu mjerenja,
- imati tačke praćenja koje mogu biti zatvorene,
- imati potrebnu opskrbu energijom,
- imati dostatno velike radne platforme i
- imati osigurane uvjete zaštite na radu.

Najčešće komponente mjerenja su:

prašina,

metali,

sumporni dioksid,

ukupan ugljik (kao i HOS, katrani, ugljikovodik),

dioksini,

oksidi ugljika i



oksidi dušika.

Kiseline poput HCl i HF utvrđuju se samo za neke postupke, kao i hloridi i fluoridi. Posebno se utvrđuju PFC i PAH za primarni aluminij, PAH za ugljik i grafite, te još neke komponente koje su svojstvene nekim reagentima koji se koriste u određenim proizvodnim postupcima. Metode analize propisane su odgovarajućim nacionalnim i međunarodnim smjernicama za praćenje i analizu, kao što je CEN, [5]. Kod analiza nekih parametara može se načiniti primjenom metoda koje su utvrdila neka druga tijela poput OSPARCOM-a posebno mjerenje i utvrđivanje PAH-ova, je predmetom preispitivanja a preporučljivo je koristiti 16 PAH-ova EU-a, budući da je to obrazac prema kojemu se prikupljaju podaci EPRTR-a. [2]

5. Primjenjivost kompozitnog uzorkovanja i trenutnog uzorkovanja

Tri se aspekta moraju uzeti u obzir, kod uzimanja uzoraka otpadne vode:

Metoda uzorkovanja,

karakter uzorka i

čuvanje uzorka.

In-situ, se određuju neki parametri, jer se njihova vrijednost može promijeniti na putu do laboratorija.

Praktično se koriste dvije metode uzorkovanja:

kompozitno uzorkovanje i

trenutno uzorkovanje. [2]

Kompozitno uzorkovanje je prihvatljivo za izračune godišnjeg opterećenja. Međutim, kad se ne može izčitati pouzdan rezultat, bolje je koristiti trenutne uzorke.

Postoje dvije vrste kompozitnog uzorka:

proporcionalan protoku i

proporcionalan vremenu.

Uzorkovanjem metodom proporcionalnog protoku, uzima se točno određena količina uzorka za svaki unaprijed određeni volumen. Uzorkovanje metodom proporcionalnog vremenu, uzima se točno određena količina uzoraka za svaku jedinicu vremena. Reprezentativniji i prihvatljiviji su uzorci za uzorkovanje proporcionalno protoku. Ako su protoci otpadne vode stalni i redoviti, uzorkovanje proporcionalno vremenu može biti pouzdano. Srednju vrijednost parametra tokom razdoblja u kom je uzorak prikupljen, možemo dobiti analiza kompozitnog uzorka. Prikupiti kompozitnih uzoraka mora biti tokom 24 sata kako bi se dobila dnevna srednja vrijednost. Vremenska razdoblja, mogu biti i



kraća, kao 2 sata ili pola sata. Kompozitno uzorkovanje je, uglavnom, automatsko, gdje instrumenti automatski izvlače dio uzorka iz odgovarajućeg ispuštenog sadržaja ili u određenom vremenu.



Slika 3. Dispozicija mjesta uzorkovanja, [4]

Uzorci koji se uzimaju nasumično i nisu vezani za protok su trenutni.

Trenutni uzorci, primjenjuju se u sljedećim situacijama:

- kada se sastav otpadne vode ne mijenja
- ukoliko dnevni uzorak nije odgovarajući (npr. kada voda sadrži mineralno ulje ili hlapive tvari, ili kada su, uslijed raspadanja, hlapljenja ili zgrušavanja izmjereni niži postoci u dnevnim uzorcima, nego, što su stvarno ispušteni)
- radi provjere kvaliteta ispuštene otpadne vode u određenom trenutku.

I ovi se uzorci mogu koristiti u svrhu inspekcijskog nadzora.

Ako ima dovoljno kompozitnih uzoraka, isti se mogu koristiti radi određivanja reprezentativnog godišnjeg opterećenja. Ovi se uzorci mogu koristiti za potvrđivanje rezultata. Kada nemamo dovoljan broj kompozitnih uzoraka, mogu se uvrstiti i rezultati trenutnih uzoraka. Nezavisna godišnja opterećenja izračunavaju se i kod kompozitnih



uzoraka i kod trenutnih uzoraka. Godišnja opterećenja se međusobno uspoređuju i ukoliko je potrebno, ispravljaju. Zamrzavaju se duplikati kompozitnih uzoraka i izmiješaju radi izračuna sedmične, mjesečne ili godišnje srednje vrijednosti koncentracije. [2]

6. Odabir mjesta uzorkovanja

Odabir mjesta uzorkovanja treba da definiše Projekat, zavisno od pristupačnosti mjestu uzorkovanja i kvaliteti otpadne vode na tom mjestu. Projekat, izgradnja i održavanje kolektorskih sistema će se vršiti u skladu sa najboljim tehničkim znanjima, bez pretjeranih troškova, posebno uzimajući u obzir:

- količinu i karakteristike urbane otpadne vode;
- sprečavanje procurivanja;
- ograničenje zagađivanja vodoprijemnika usljed preliivanja atmosfere vode.

Izliv iz gradskih postrojenja za prečišćavanje otpadne vode u vodoprijemnik. (Kako u praksi nije moguće izgraditi kolektorske sisteme i postrojenja za prečišćavanje tako da sve otpadne vode mogu biti prečišćavane i za slučajevne pojave neuobičajeno jakih kiša. U tom slučaju se mogu mjerenja i rezultati zasnivati na razblaženju ili kapacitetu u odnosu na protok pri suhom vremenu ili se može propisati neki prihvatljiv broj preliivanja preko godine.)

Postrojenja za prečišćavanje otpadne vode će se projektovati ili adaptirati tako da se mogu zahvatati reprezentativni uzorci ulazne otpadne vode i prečišćenog efluenta prije izlivanja u vodoprijemnik. [1]

Uzimanje uzoraka mora biti u turbulentnom dijelu protoka. Iz otvorenih sistema može uzeti, trenutni uzorak, tako da se lopaticom za uzorkovanje zagrabi manja količine vode iz protoka otpadne vode. Kada je s uzorkom potrebno napuniti nekoliko staklenki, u zamjenu se može koristiti kanta za vodu. Iz zatvorenih sustava, trenutni uzorak, se može uzeti jedino ukoliko to dozvoljavaju određene mjere. Ako je automatsko kompozitno uzorkovanje iz otvorenog sistema, usisna tačka mora biti smještena nizvodno, što je bliže moguće preljevu s oštricom na vrhu. Iz zatvorenog sistema uzorkovanje je s opremom „in-line“, a tačka uzorkovanja ne smije biti u zavoju cijevi ili ondje gdje se cijev savija. Kada je ispuštanje otpadne vode pomoću pumpe, mjesto uzorkovanja mora biti na ispusnom dijelu pumpe. Zavisno o uvjetima iz dozvole, uzorci se otpadne vode mogu uzeti na izvornoj tački ispusta prije nego što se pomiješa s ostalom otpadnom vodom unutar sistema odvodnje i/ili ispusti u rijeku. Za lokaciju na kojoj se postavlja automatska oprema, mora se osigurati dovoljno prostora. [2]



7. Svojstva spremnika

Za spremanje uzorka koristi se jedan od tri vrste odgovarajućih materijala od kojih je načinjena ambalaža;

- Borosilikatno staklo,
- Plastika i
- Nehrđajući čelik.

Borosilikatno staklo je u najširoj upotrebi, ali ne uvijek odgovarajuće, na primjer, kada se utvrđuju fluori, ne može ih se koristiti budući da fluori reagiraju sa silikatom i stvaraju silikon tetrafluor koji je hlapiv, ili se otapa u vodi i tvori H₂SiF₆. Plastika je u širokoj primjeni, uglavnom zato što je lagana za prijevoz, ali postoje i situacije u kojima ih ne bi trebalo koristiti, npr. kada treba ispitati plinove u vodi budući da mnogi plinovi prodiru kroz stjenke ambalaže, ili kada treba ispitati ulja, ugljikovodike, pesticide, itd. budući da ti spojevi mogu biti adsorbirani od plastičnih materijala. Nehrđajući čelik je također u širokoj primjeni, međutim, kada se koriste metalna ambalaža, mogu nastati problemi s korozijom, što može dovesti do pripojenja metalnih materijala ambalaže uzorku.[2]

8. Čuvanje uzorka

Većinu uzoraka treba sačuvati do trenutka analize, ili na niskoj temperaturi ili dodavanjem hemijskih reaktanata. Čuvanjem uzoraka se mnogi parametri tokom vremena mijenjaju uslijed nekog od sljedećih slučajeva:

- biološke akcije koja je razlog što se uzorci čuvaju na temperaturi ispod 4°C
- adsorpcije spojeva o stjenke posude
- gubitka rastopljenih plinova, što je posljedica kolebanja temperature
- precipitacije potaknute promjenom valentnosti spojeva.

Zato je neophodno primijeniti međunarodno priznatu laboratorijsku praksu kako bi promjena stanja uzoraka u vremenu između uzimanja i ispitivanja bila što je moguće manja. Uzorak koji se ispituje, treba biti ranije homogeniziran. [2]

9. Zaključak

Prema iznijetim smjernicama iz Direktive kao i smjernica lokalnih zajednica iz okruženja i primjera iz konkretne prakse u lokalnoj zajednici, može se ustvrditi da su lokalne zajednice iz okruženja uskladile legislativu i praktičnu primjenu sa Direktivom. Ostaje upitno financijsko zatvaranje planiranih investicija projekata iz oblasti zaštite, i samim time i dinamika, odnosno rokovi završetka projekata iz oblasti zaštite.



10. Literatura

- [1] Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991., Official Journal L 135, 30.05.1991, str. 40-52, DIREKTIVA SAVJETA 91/271/EEC, koja se odnosi na precišćavanje urbanih otpadnih voda.,
- [2] Projekt CARDS, SMJERNICE ZA NAJBOLJE RASPOLOŽIVE TEHNIKE MJERENJE EMISIJA I KORIŠTENJE PODATAKA O EMISIJAMA, Zagreb, 2004.,
- [3] Agbaba, Dr Jasmina, CECRA, WW 2007, EKOTOKSIKOLOŠKI PRISTUP PROCENI KVALITETA VODE I SEDIMENTA, Centar izvrsnosti za hemiju okoline i procenu rizika i Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju.
- [4] Izvještaj o rezultatima ispitivanja tereta zagađenja otpadnih voda, kolektora gradske kanalizacije, Institut za hidrotehniku, Građevinskog fakulteta, Sarajevo. 2009.,
- [5] CEN, (www.cen.eu);
- [6] Direktiva Europskog odbora za normizaciju [CEN]; ISO; VDI Richtlinien;
- [7] Nizozemski propisim o emisijama/Netherlands Emission Regulations - Ch4 [NER];
- [8] Britanske smjernice/UK Guidance Notes: British Standards,
- [9] <http://hr.pce-instruments.com/tehnicki-podaci/pHTesterPCEPH22.htm>
- [10] Enver, Emir, Trožić, Bor, Srbija, 2011.; Metode mjerenja nekih parametara komunalnih otpadnih voda, Zbornik radova.
- [11] "Službene novine Federacije BiH". Broj 05 - 1-25-284-1/09, 16. marta 2010. godine, Sarajevo, PRAVILNIK O USLOVIMA KOJE MORAJU ISPUNJAVATI REFERENTNE ODNOSNO OVLAŠTENE LABORATORIJE ZA ISPITIVANJE VODA, SADRŽAJ I NAČIN DAVANJA OVLAŠTI., http://www.fmpvs.gov.ba/texts/189_200_b.pdf.,



Ispitivanje plinske mreže – Termoplin d.d. Varaždin

Testing of gas network - Termoplin Inc. Varaždin

Jelena Kuntić Grujić* , Damir Pavišić

Termoplin d.d. Varaždin, Vjekoslava Špinčića 78, 42000 Varaždin

*Autor za korespondenciju. E-mail: jkunticgrujic@termoplin.com

Sažetak

Kontrola distribucijskog plinskog sustava, koji u Termoplinu d.d. Varaždin iznosi cca 1800 km, vrlo je zahtjevan posao. Da olakšamo rad djelatnicima koji kontroliraju plinsku mrežu te da istovremeno imamo evidenciju ispitivanja distribucijske plinske mreže povezali smo GIS sa sustavom Fleet Control.

Cilj nam je jednom godišnje ispitati cijelu distribucijsku mrežu te prikazati ispitane dionice odnosno dionice koje su ostale neispitane. Izostavljena dionica se naknadno ispituje, a trebali bi 100% provjeriti našu distributivnu plinsku mrežu.

U ovom radu opisan je način na koji vršimo kontrolu plinske mreže na nepropusnost i analizu dobivenih podataka u svrhu bolje sigurnosti plinskog sustava i kvalitete rada.

Ključne riječi: Ispitivanje, GIS, Fleet Control

Abstract

Control of gas distribution system, which is about 1800 km in Termoplin Inc. Varaždin, is a very demanding job. To facilitate the work of employees who control the gas network and at the same time to have a record of testing gas distribution networks we have connected the GIS and the Fleet Control system.

Once a year we have to examine the entire distribution network and to show recorded route and route that remained unexplored. Omitted part is subsequently examined and we should have is 100% verification of our gas distribution network.

In this paper we describe the way in which we control the gas pipelines for leakage and analysis of the data in order to improve the safety of gas system.

Keywords: Testing, GIS, Fleet Control

1. UVOD

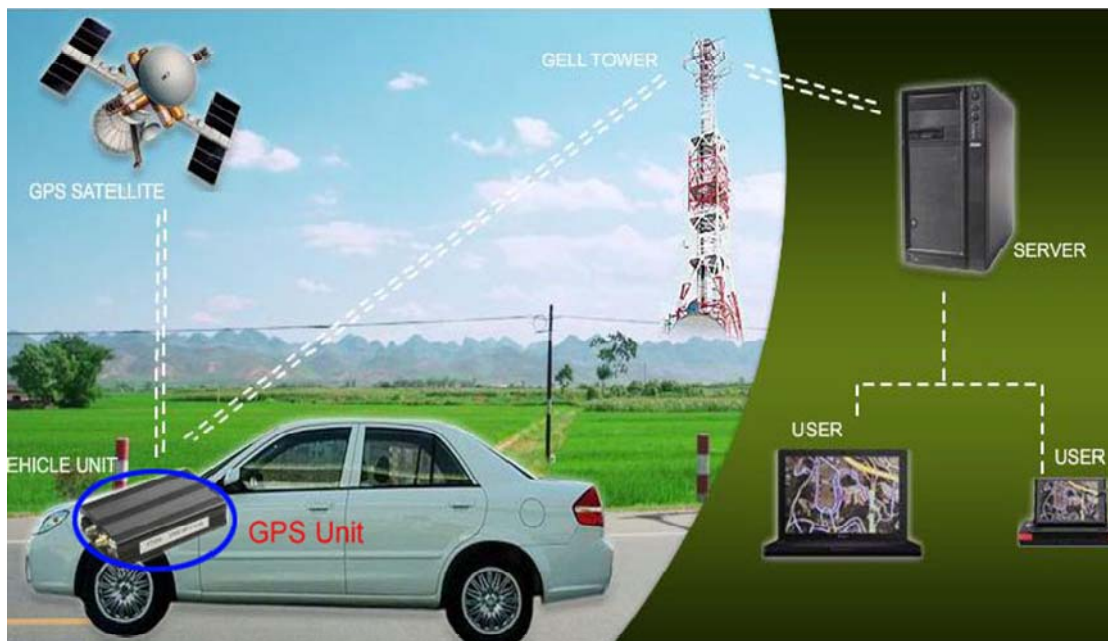
Maksimalna pouzdanost i sigurnost postojećeg plinskog sustava u opskrbi potrošača (kućanstva i industrija) uvjet je koji naša tvrtka Termoplin d.d. Varaždin uzima kao prioritet. Kontrola, ispitivanje i održavanje postojećih plinskih sustava jedna je od osnovnih djelatnosti naše tvrtke i zahtjeva izradu detaljnih planova redovitog (preventivnog) i investicijskog održavanja.

Velika količina podataka koja se prikupi tijekom održavanja ili na neki drugi način sistematizira se i pohranjuje u nekom obliku unutar baze podataka koja onda omogućava vršenje određenih analiza, prezentacija i izrade izvješća i planova. U današnje vrijeme nije moguće provesti kvalitetno bilo kakvu analizu velike količine podataka i izraditi planove održavanja bez podrške nekog od informacijskih sustava.

S obzirom da su sustavi plinoopskrbe infrastrukturni sustavi, za njihovo opisivanje ili bilo kakav zahvat na njima koriste se tehnički podaci koji su u izravnoj vezi sa prostorom i vremenom te je za njihovo prikazivanje i analizu pogodan GIS.

2. SUSTAV ZA EVIDENCIJU ISPITIVANJA PLINSKE MREŽE

Sam sustav sastoji se od nekoliko osnovnih hardverskih i softverskih modula:

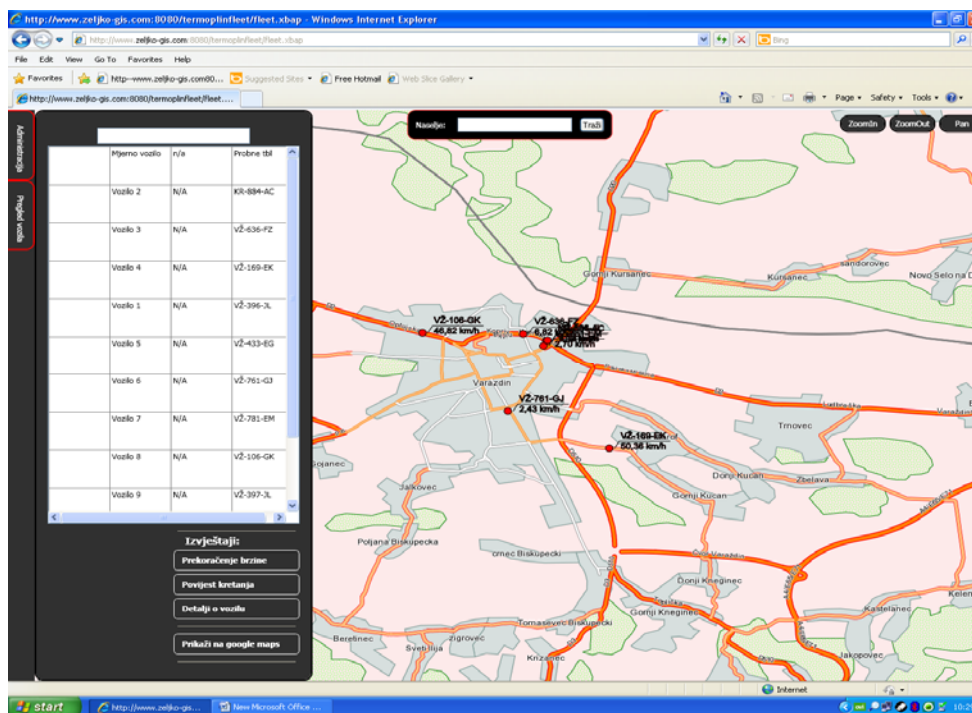


Slika 1. Komponente sustava praćenja

U svakom vozilu nalaze se posebni **GPS predajnici** koji služe za prikupljanje informacija o vozilu koje sadrže podatke kao što su koordinate vozila, brzina i smjer, potrošnja i sl.. Osim predajnika vozilo je opremljeno i **prijenosnim računalom** na kojem se nalazi aplikacija za bilježenje podataka iz uređaja za ispitivanje, a omogućuje našem djelatniku da u svakom trenutku vidi svoj trenutni položaj u odnosu na postojeću plinsku mrežu. Sustav mu olakšava lakšu kontrolu uvida vlastitog kretanja prilikom ispitivanja

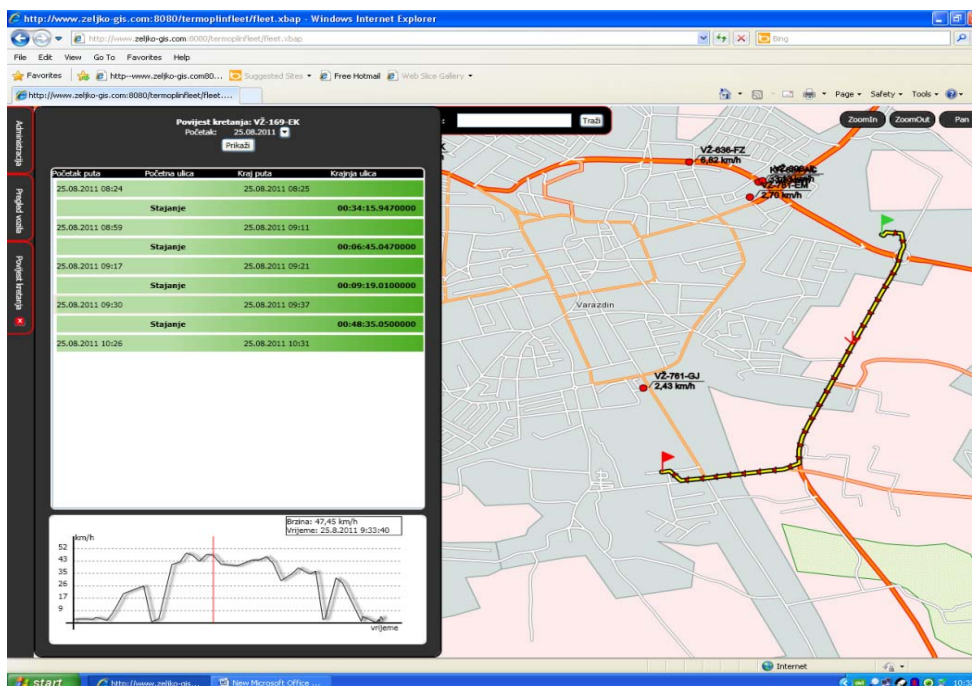
plinske mreže, a svi ti podaci se pohranjuju u našu bazu podataka prema vremenskom ključu. Podaci dobiveni tim putem pohranjeni su u bazi podataka na **serveru** iz kojeg je vrlo lako dobiti informacije o kretanju i području na kojem je vršeno ispitivanje.

Na našim računalima kao podlogu koristimo **interaktivnu Web GIS kartu**, pomoću koje se prikazuju trenutne informacije o vozilima.



Slika 2. Prikaz aplikacije za praćenje vozila

Osim podataka o vozilima ovdje se nalaze podaci o vozačima, njihovim rutama ili provjeravanje prošlih ruta, a omogućava i slanje podataka prema vozilima.





Slika 3. Prikaz kretanja automobila

Sustav podržava praćenje neograničenog broja vozila, a aplikacija omogućava ispis svih podatkovnih izvještaja u većinu poznatih formata. Tako dobiveni dokumenti mogu se arhivirati, slati elektronskom poštom ili ispisivati na računalu bez potrebe za dodatnim instalacijama same aplikacije.

3. POVEZANOST SUSTAVA ZA EVIDENCIJU I ISPITIVANJE PLINSKE MREŽE

Ovaj sustav povezan je s kontrolom plinske mreže koju provodimo sa specijalnim vozilom za kontrolu plinovoda PORTAFID.LP te ručnim prijenosnim detektorima plina.



Slika 4. Vozilo za kontrolu plinske mreže

Vozilo je opremljeno FID (Flame ionization detector) detektorom kojim se dnevno može provjeriti ispravnost od 50 do 70 kilometara plinske mreže. Na taj način omogućena je znatno veća efikasnost i kvaliteta rada jer se naš plinski sustav sastoji više od 1800 km distribucijske plinske mreže, čije su krajnje točke udaljene više od 100 km. Onemogućena je vožnja brzinom većom od zadane (10-15 km/h) kako se ne bi desilo da se zbog prevelike brzine ne dobiju točni rezultati ispitivanja.

Samo ispitivanje sastoji se od polagane vožnje/hodu iznad plinovoda te usisavanja pomoću ugrađene opreme mješavine zraka i plina (u slučaju propuštanja) kroz osam usisnih sondi koje se nalaze na prednjem dijelu vozila. U slučaju prisutnosti plina u zraku uređaji i oprema u vozilu detektiraju prisutnost plina, nakon čega se na računalu to i registrira u grafičkom obliku, a javlja se i zvučni signal.

Tijekom mjerenja-detekcije, svi bitni parametri pohranjuju se svake sekunde u bazu podataka, a sve te vrijednosti se kasnije mogu pozvati i po potrebi obraditi



Slika 5. Uređaj za detekciju plina

Ekipa za rad predmetnim vozilom ili ručnim detektorom sastoji se od dva djelatnika od kojih jedan upravlja vozilom dok drugi nadzire rad računala. Kompletna plinska mreža obilazi se jednom godišnje a neki veći gradovi poput Varaždina i Ludbrega i više puta.



Slika 6. Unutrašnjost vozila za kontrolu plinske mreže

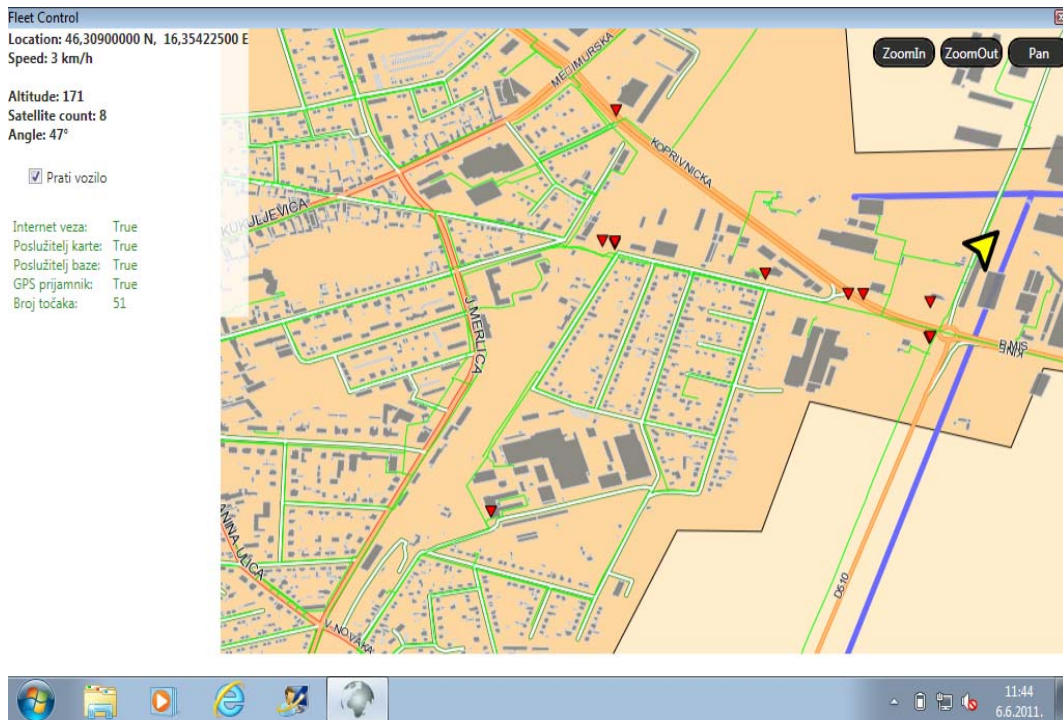
Programska podrška omogućava ekipama na terenu kvalitetnu i brzu pomoć kao što su lociranje točnog mjesta plinovoda, prikazuje detalje plinovoda položenih u određenom području, olakšava zatvaranje pojedinih dijelova mreže itd.

3.1 ISPITIVANJE I KONTROLA PLINSKE MREŽE

Svaki plinovod je potrebno kontrolirati radi utvrđivanja ili procjene stvarnog stanja plinovoda. Ispitivanje i kontrola se vrši prema godišnjem planu ispitivanja koji se izrađuje na osnovu podataka prikupljenih prilikom prijašnjih ispitivanja.

Vizualnu kontrolu plinske mreže vršimo promatranjem promjena na vegetaciji na području trase plinovoda te promatranjem promjena u blizini ili na trasi plinovoda (novoizgrađeni objekti).

Osim vizualno samu kontrolu plinskog sustava bilježimo i prijašnje navedenom aplikacijom, jer uslijed ispitivanja same mreže plinovoda može doći do nenamjernog izostavljanja njezinog dijela koji će se nakon analize tragova naknadno snimiti.



Slika 7. Zaslom računala u vozilu za ispitivanje na nepropusnost plinske mreže

Svaki događaj kao što su propuštanje, oštećenje i popravak plinske mreže potrebno je evidentirati i prikazati na GIS karti plinske mreže jer takvi podaci mogu biti od velikog značaja za djelatnike koji vrše kontrolu i ispitivanje plinske mreže da na takvim mjestima dodatno povećaju pažnju kod ispitivanja.

3.2 PREDNOST APLIKACIJE NA TERENU I ANALIZA PRIKUPLJENIH TRAGOVA

U toku ispitivanja i kontrole plinske mreže GIS aplikacija pomaže u navigaciji, dođe li do nepoznatog prolaza plinske mreže ili promjene položaja plinovoda uslijed proširenja ceste, izrade nasipa ili kanala i sl.. Omogućava nam i brz pristup podacima kao što su datum zadnjeg ispitivanja, materijal i starost plinske mreže, mjesta zabilježenih propuštanja, izvršenih popravaka itd.

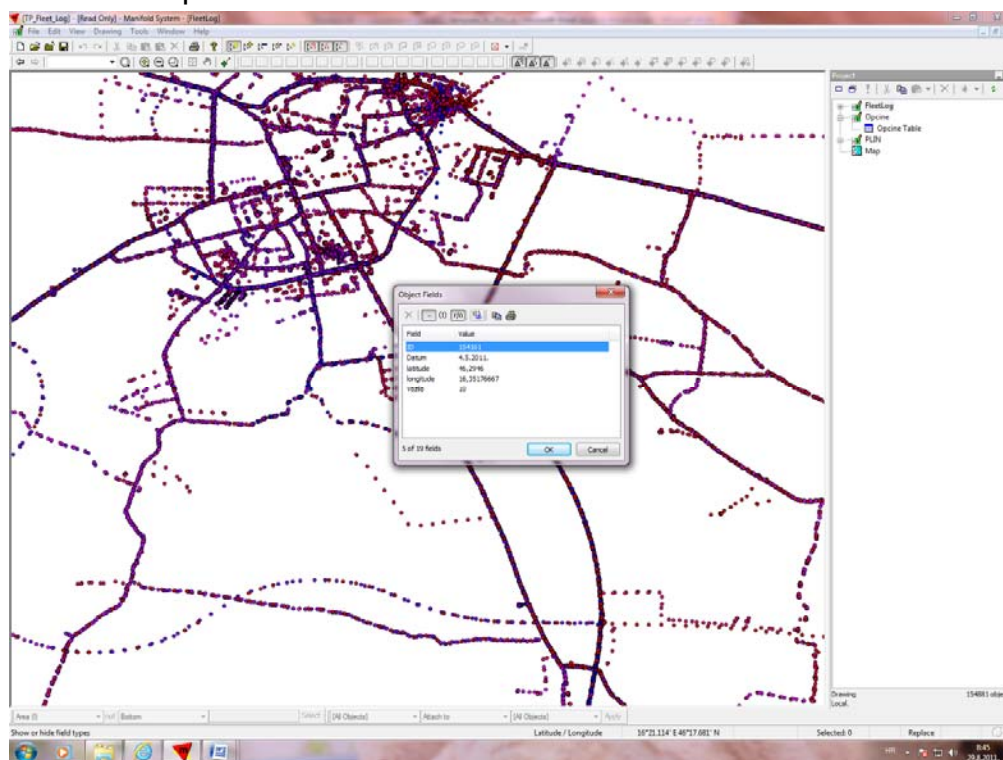
U slučaju da dođe do propuštanja plinske mreže iz aplikacije možemo dobiti informacije o lokaciji i navigaciji do dotičnog mjesta, podatke o plinskoj mreži (materijal, profil, radni tlak), položaj i lociranje ventila kojima će se zaustaviti protok plina u tom dijelu plinske mreže te popis potrošača kojima je obustavljena opskrba plinom zbog dužeg popravka na plinskoj mreži. Osim toga može se voditi povijest propuštanja te omogućuje analizu povijesnih podataka prilikom donošenja odluka o rekonstrukciji plinske mreže i priključaka.

U aplikaciji su nam dostupne informacije o tehničkim podacima ventila, djelatnicima koji vrše kontrolu i održavanja ventila, dionici plinske mreže koja se zatvara određenim ventilom sa podacima o materijalu, profilu, starosti, datumu zadnje kontrole i sl. te na temelju tih podataka možemo izraditi planove kontrole, održavanja i po potrebi zamjene.

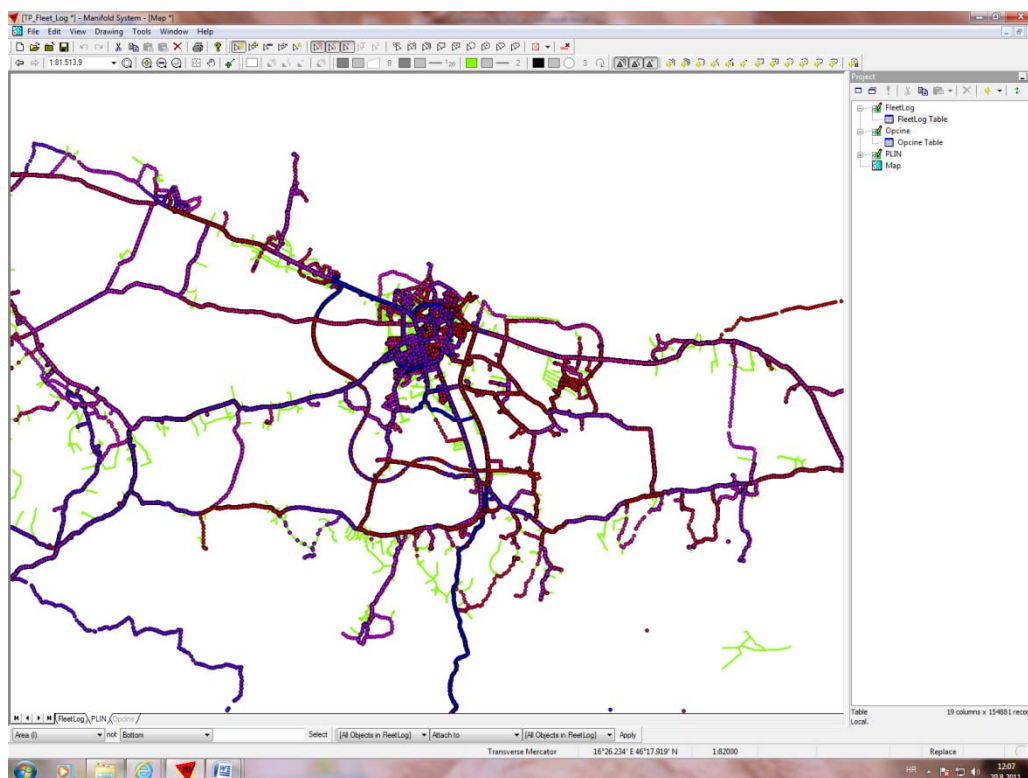
Same analize podataka uvelike ovise o funkcionalnosti, pripremi i sistematizaciji postojećih podataka zato koristimo alate koji nam znatno olakšavaju povezivanje prostorno-geometrijskih podataka s atributnim podacima (npr. podaci o vlasniku katastarske čestice, ime ulice, katastarska općina, plinski priključak).

Na temelju dobivenih rezultata i podataka iz analiza (propuštanje, oštećenje i popravak) izrađuju se planovi i donose se odluke za rekonstrukciju postojećih i izgradnju budućih plinskih mreža. Mogli bi reći da je ovo početak kreiranja samog distribucijskog sustava.

Snimljene tragove dobivene ispitivanjem plinovoda na nepropusnost možemo obraditi u CAD programima gdje ćemo ih i vizualno prikazati. Kod preklapanja prijedene trase sa postojećom plinskom mrežom možemo uočiti njihovu razliku te izostavljene dijelove će naknadno ispitati-snimiti.



Slika 8. Prikaz prikupljenih tragova prijednenih od svibnja do kolovoza 2011 g.



Slika 9. Prikaz preklapanja snimljene trase plinovoda.

4. ZAKLJUČAK

Povezivanjem Web GIS aplikacije i sustava za kontrolu plinske mreže omogućena je znatno veća efikasnost i kvaliteta rada. Zahvaljujući tome što u našoj tvrtci pridajemo veliku važnost pravovremenom otkrivanju propusnih mjesta tijekom proteklih godina nije bilo nikakvih incidentnih situacija.

Prilikom korištenja naše aplikacije u svakodnevnom radu korisnici nailaze i na određene probleme kao što su izgled korisničkog sučelja, prikaz broja i vrste podataka, mogućnost uključivanja ili isključivanja prikaza određenih podataka, mogućnost selektiranja određenih objekata i sl. Usprkos mogućim pogreškama i nedostacima dolazimo do novih ideje za primjene i poboljšavanja postojećih mogućnosti.

A samim proširenjem plinske mreže dolazi do povećanja podataka kojima se opisuju i definiraju elementi plinske mreže pa upotreba GIS-a postaje sve isplativija u tehničkom i financijskom smislu.



ISPITIVANJE NA UPORABIVOST SUSTAVA PLINSKIH VODOVA SA POGONSKIM TLAKOM DO I UKLJUČIVO 100 mbar

TESTING FOR USABILITY OF THE GAS PIPELINE SYSTEMS WITH OPERATING PRESSURE UP TO AND 100 mbar INCLUSIVE

Ibrahim Karahodžić

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

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

SAŽETAK

Sustav plinskih vodova do i uključujući 100 mbar podliježu ispitivanju na čvrstoću, na zaptivenost i ispitivanju na uporabivost kod sustava plinskih vodova koji se nalaze u pogonu.

Prema tehničkom pravilu za plinske instalacije G 600 njemačke udruge za plin i vodu DVGW ispitivanja na uporabivost sustava plinskih vodova do i uključujući 100 mbar, koji se nalaze u pogonu, treba redovno vršiti svakih 12 godina, čime se provjerava sigurnost sustava plinskih vodova na dalju uporabivost.

Prilikom ispitivanja sustava plinskih vodova na uporabivost utvrđuje se količina propuštanja plina pri pogonskom tlaku sustava plinskih vodova.

U zavisnosti od količine propuštanja plina uporabivost plinskih vodova se utvrđuje prema slijedećim kriterijima:

- Ako je količina propuštanje plina pri pogonskom tlaku manja od 1 l/h i kada ne postoji nikakav dodatni nedostatak, sustav plinskih vodova je neograničeno uporabiv.
- Ako je količina propuštanja plina pri pogonskom tlaku jednaka ili veća od 1 l/h, a manja od 5 l/h u tom slučaju sustav plinskih vodova je ograničeno uporabiv.
- Ako je količina propuštanja plina pri pogonskom tlaku jednaka ili veća od 5 l/h u tom slučaju sustav plinskih vodova je neuporabiv.

Kod ispitivanja na uporabivost sustava plinskih vodova do i uključivo 100 mbar koji su u pogonu, količina propuštanja plina može se odrediti računskim i grafičkim putem prema DVGW radnom listu G 624 i uz pomoć instrumenata za mjerenje propusnosti koji rade na različitim principima.



ABSTRACT

Operating gas pipelines systems up to and 100 mb inclusive are subject to the strength testing, to the sealing off testing and to the usability testing.

According to the technical rule for the gas installations G 600 of the DVGW – German Water and Gas Association, testing of the gas pipelines systems with the operating pressure up to and 100 mb inclusive should be regularly performed every 12th year, thus verifying gas pipelines safety for further usability.

During testing of the pipeline systems for usability, quantity of the gas leaking at the operating pressure is defined.

Depending on the gas leaking quantity, usability of the gas pipelines is defined according to the following criteria:

- If at the operating pressure gas leaking quantity is less than 1 l/h, and when any additional defect does not exist, gas pipeline system is limitlessly usable,
- If at the operating pressure gas leaking quantity is equal or bigger than 1 l/h, but less than 5 l/h, in that case gas pipeline system is on a limited scale usable
- If at the operating pressure gas leaking quantity is equal or bigger than 5 l/h, in that case gas pipeline system is of no use.

During testing for usability of the operating gas pipeline systems up to and 100 mb inclusive, quantity of the gas leaking can be expressed by computational or graphical way according to the DVGW working sheet G 624 and by means of instruments for measuring of gas leaking working according to different principles .

Ključne riječi:

DVGW	Njemačka udruga za plin i vodu
Radni list G 600	Tehničko pravilo za plinske instalacije
Radni list G 624	Naknadno zaptivanje plinskih vodova
Uporabivost	Stanje plinskih vodova nakon ispitivanja na propusnost

Key words:

DVGW	German Water and Gas Association
Working sheet G 600	Technical rule for the gas installations
Working sheet G 624	Subsequent plugging of the gas pipelines
Usability	Status of the gas pipelines after testing for permeability



1. UVOD

Da bi se izvršila provjera stanja sistema unutarnjih plinskih vodova kod korisnika plina koji su u pogonu uveden je pojam „uporabivosti“ tih vodova. Pojam „uporabivosti“ uveden je izdavanjem Tehničkog pravila za plinske instalacije 86/96 korištenjem DVGW – Radnog lista G 624 iz 1971. godine kao obavezujućeg mjerila za sistem unutarnjih plinskih vodova do 100 mbar i uključujući 100 mbar koji su u pogonu.

Stepen uporabivosti sistema unutarnjih plinskih vodova koji su u pogonu određuje se prema količini propuštanja ispitanih plinskih vodova, koja se izražava u litrima na sat (l/h).

2. KRITERIJI UPORABIVOSTI

Uporabivost sistema unutarnjih plinskih vodova do 100 mbar i uključujući 100 mbar koji su u pogonu utvrđuje se prema količini propuštanja (l/h) nakon ispitivanja provedenih na osnovama slijedećih kriterija:

- Sistem unutarnjih plinskih vodova do 100 mbar i uključujući 100 mbar neograničeno je uporabiv kada je količina propuštanja pri pogonskom tlaku manja od 1 l/h i kada ne postoji nikakav dodatni nedostatak na plinskim vodovima.
- Smanjena uporabivost sistema unutarnjih plinskih vodova od 100 mbar i uključujući 100 mbar koji su u pogonu postoji ako je količina propuštanja pri pogonskom tlaku jednaka ili veća od 1 l/h, a manja od 5 l/h.
- Neuporabivost sistema unutarnjih plinskih vodova od 100 mbar i uključujući 100 mbar koji su u pogonu postoji ako je količina propuštanja pri pogonskom tlaku jednaka ili veća od 5 l/h.

3. METODE ODREĐIVANJA KOLIČINE PROPUŠTANJA SISTEMA PLINSKIH VODOVA DO 100 MBAR I UKLJUČUJUĆI 100 MBAR

Za određivanje količine propuštanja sistema plinskih vodova koji su u pogonu mogu se koristiti slijedeće ispitne metode:

- Računarskim putem prema DVGW – Radni list G 624,
- Grafičkim putem prema DVGW – Radni list G 624,
- Pomoću mobilnih elektronskih uređaja za mjerenje isticanja plina.

3.1. Određivanje količine propuštanja računskim putem

Prilikom određivanja količine isticanja plina na sistemu unutarnjih plinskih vodova računskim putem nužno je odrediti pad tlaka u jednoj minuti pri ispitivanju sa zrakom. Ispitni tlak je veći od pogonskog tlaka. Da bi se dobila količina plina koje propuštaju plinski vodovi pri pogonskim uvjetima neophodno je pri računanju uzeti u obzir razliku tlaka i viskoziteta između zraka i pogonskog plina.



Količinu zraka koju propušta sistem unutarnjih plinskih vodova pri mjerenju pada tlaka izračunava se po formuli:

$$V_z = V_v \cdot (p_1/p_2 - 1)$$

gdje je:

V_z – propuštanja zraka u litrima u minuti (l/min)

V_v – volumen plinskog voda u litrima

p_1 – apsolutni ispitni tlak na početku mjerenja u mbar

p_2 – apsolutni ispitni tlak na kraju mjerenja u mbar

Količina isticanja plina pri propuštanju sistema unutrašnjih plinskih vodova u pogonskom stanju određuje se po formuli:

$$V_p = V_z \cdot (p_p/p_z) \cdot f \cdot 60$$

gdje je:

V_p – količina isticanja plina u pogonskom stanju u litrima na sat (l/h)

p_p – maksimalni pogonski tlak plina u mbar

p_z – ispitni tlak na početku mjerenja sa zrakom u mbar

f – faktor koji uzima u obzir vrstu plina

$$f = \frac{\text{apsolutna žilavost zraka}}{\text{apsolutna žilavost plina}}$$

Za metan (prirodni plin) iznosi $f = 1,68$.

Radi lakšeg izračunavanja volumena plinskih vodova na kojima se računski utvrđuje količina propuštanja plinskih vodova može se koristiti tabela 1:



Bakarna cijev/cijev od plem. čelika	V litar/m	Čelična cijev DIN EN10255	V litar/m DIN EN10255 DIN 2442	Čelična cijev	V litar/m	Plastične cijevi od PE	V litar/m
15 x 1,0	0,13	DN 10	0,12	DN 10	0,10	16 x 2,2	0,11
18 x 1,0	0,20	DN 15	0,20	DN 15	0,17	20 x 2,8	0,16
22 x 1,0	0,31	DN 20	0,37	DN 20	0,33	25 x 3,5	0,25
28 x 1,5	0,49	DN 25	0,59	DN 25	0,52	32 x 4,4	0,42
35 x 1,5	0,80	DN 32	1,02	DN 32	0,93	40 x 5,5	0,66
42 x 1,5	1,19	DN 40	1,38	DN 40	1,28	50 x 6,9	1,03
54 x 2,0	1,96	DN 50	2,21	DN 50	2,07	63 x 8,6	1,65
64 x 2,0	2,83	DN 65	3,73	DN 65	3,54		
76,1 x 2,0	4,08	DN 80	5,14	DN 80	4,89		
88,9 x 2,0	5,66	DN 100	8,71	DN 100	8,41		
108 x 2,5	8,33						

Tabela 1- Specifične zapremine cijevi

Za sve cijevi volumena manjeg od 3 litra za oba postupka računskim i grafičkim putem ne određuje se volumen cijevi već se generalno uzima volumen cijevi od 3 litra.

Preporučuje se da plinomjer potrošnje plina ne bude obuhvaćen u mjerenje količine isticanja plina. Ako se ovo ipak ne može izbjeći, mora se voditi računa da se obuhvati volumen cijelog plinomjera, a ne samo „volumen mjernog prostora“ prema natpisnoj pločici.

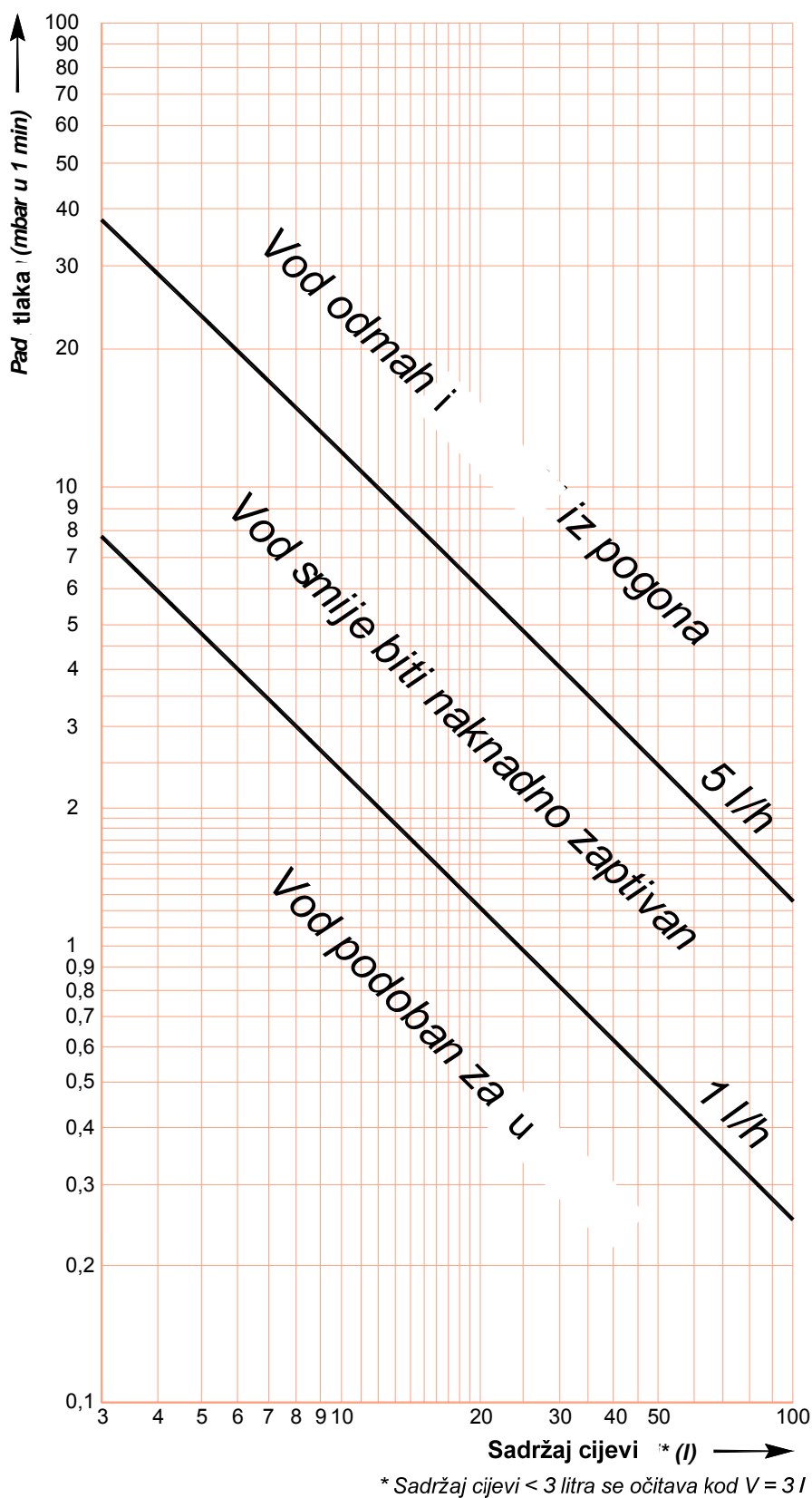
3.2. Grafički postupak

Za neke pogonske uvjete koji se pojavljuju u praksi (vidi tabelu 2) uporabivost se može očitati neposredno iz dijagrama 1 do 3. Prije toga mora se izmjeriti pad tlaka u minuti pri ispitnom tlaku koji je naveden u tabeli.

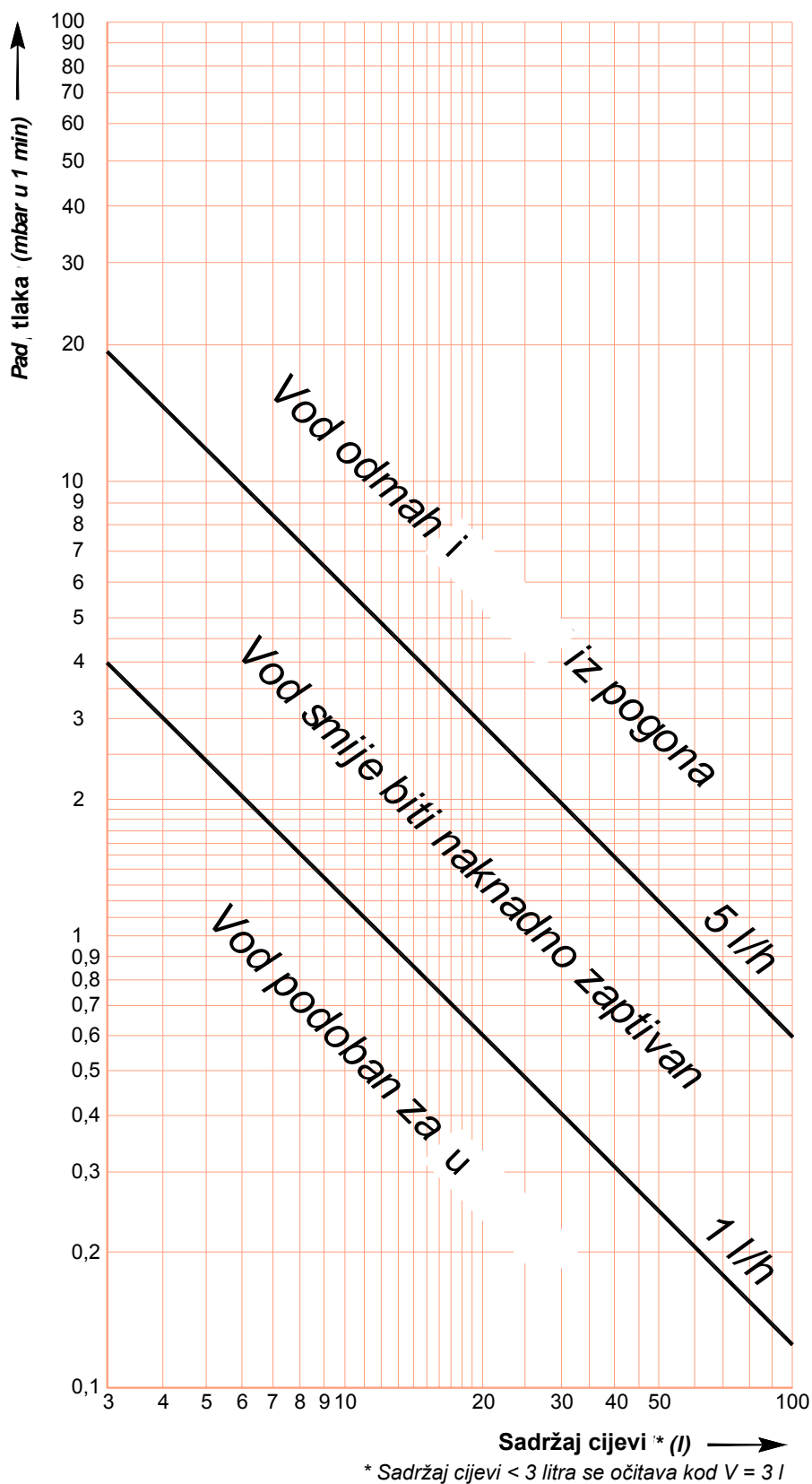
Slika	Gorivi plin	Pogonski tlak mbar ¹⁾	Ispitni tlak mbar ¹⁾
1	Prirodni plin	23	50
2	Prirodni plin	50	55
3	Prirodni plin	100	110

¹⁾ mbar odgovara sa dovoljnom preciznošću 10 mmWS

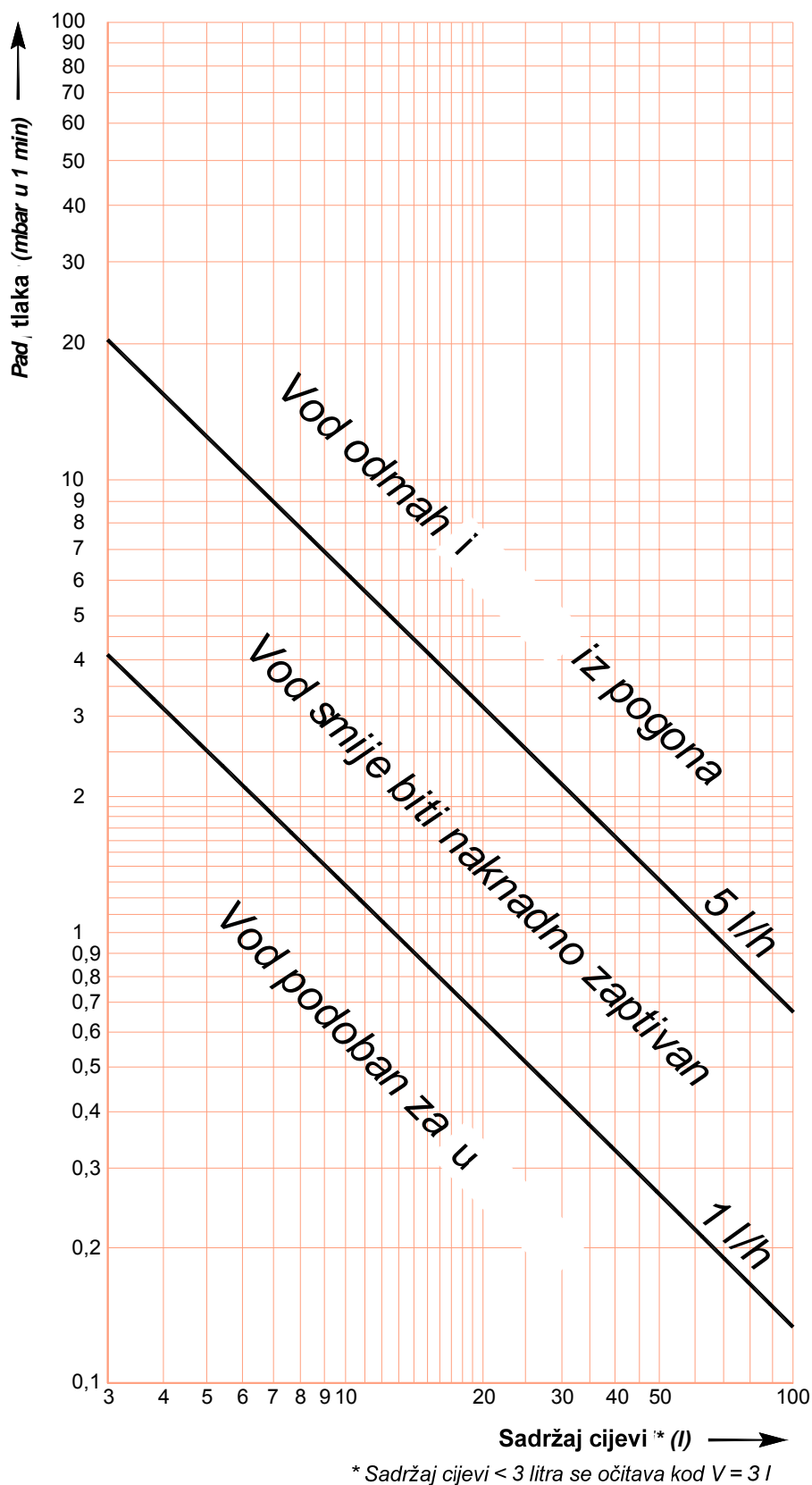
Tabela 2 – Ispitni tlak u zavisnosti od pogonskog tlaka



Dijagram 1 – Prirodni plin $p_B = 23$ mbar; $p_L = 50$ mbar



Dijagram 2 – Prirodni plin $p_B = 50$ mbar; $p_L = 55$ mbar



Dijagram 3 – Prirodni plin $p_B = 100$ mbar; $p_L = 110$ mbar



Moguća potencijalna opasnost nije određena preko ispuštenog plina i pada tlaka, nego samo smjesom zraka i plina u jednom prostoru, pri čemu koncentracija plina ni u kom slučaju ne smije dostići donju granicu eksplozivnosti.

Sigurnosno tehnički uvjeti su praktično uvijek ispunjeni kod relativno malih dozvoljenih propuštanja, jer bez obzira na veličinu prostorije provjetranje dovodi do smanjenja koncentracije plina u prostoriji.

U slijedećim jednačinama i dijagramima 4 i 5 date su fizikalne zavisnosti plina i zavisnosti vezane za strujanje plina. Za volumen plina G , u prostoriji volumena V , pri propuštanju L , nakon t sati u zavisnosti od broja promijena n zraka u prostoriji vrijedi:

$$G = \frac{L}{n} \left[1 - \left(\frac{1}{n+1} \right)^t \right]$$

gdje je:

G – volumen plina u prostoriji
 L – količina isticanja plina u satu
 n – broj izmjena zraka u satu
 t – vrijeme isticanja

Za maksimalno dostignuti volumen plina G_{\max} nakon beskonačno dugog vremena isticanja t u odnosu na ∞ dobivamo da $[1/(n+1)^t]$ teži nuli.

Imajući u vidu gore navedeno dobivamo da maksimalni volumen plina u prostoriji iznosi:

$$G_{\max} = \frac{L}{n}$$

Koncentracija plina kao apsolutno odlučujući parametar proizlazi iz odnosa:

$$K_{\max} = \frac{G_{\max}}{V} \cdot 100 \text{ u\%}$$

$$K_{\max} = \frac{L \cdot 100}{n \cdot V} \text{ u\%}$$

gdje je:

V – volumen prostorije

Pri isticanju plina od 1 litra u satu prema dijagramu 4 napravi se jedan maksimalni volumen plina od 2,5 litra u nekoj prostoriji, u slučaju izmjene zraka u toj prostoriji $n = 0,4$ kao što je slučaj kod snabdijevanja zrakom pri sagorjevanju plinom.

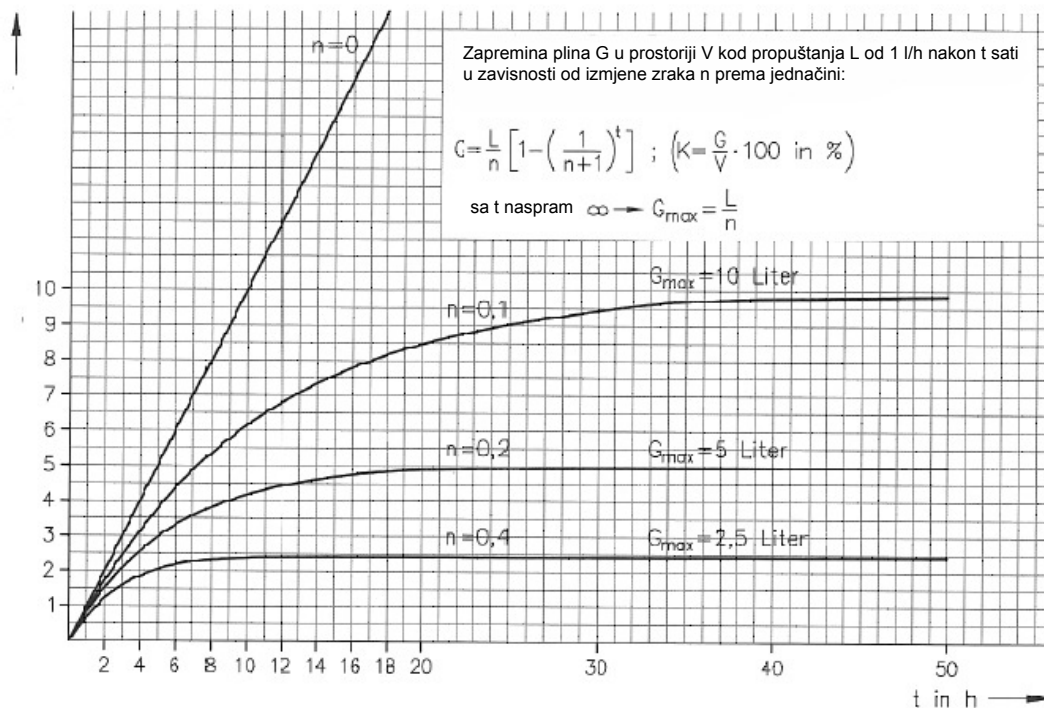
Ako se radi o vrlo maloj prostoriji npr. $V = 1000$ l (prostorija sa dimenzijama $0,6\text{m} \times 0,65\text{m} \times 2,56\text{m} = 1 \text{ m}^3 = 1000$ l) tada koncentracija plina iznosi:

$$K = \frac{G_{\max}}{V} \cdot 100 = \frac{2,5}{1000} \cdot 100 = 0,25 \%$$

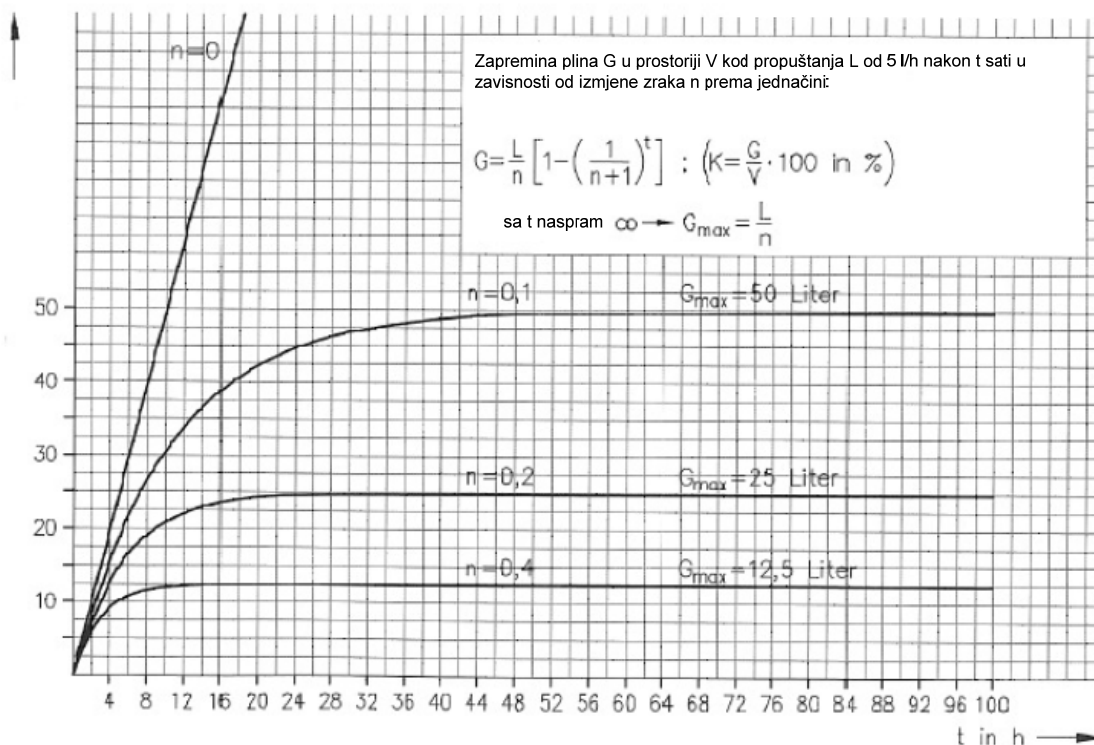
Ako se radi o isticanju plina od 5 litara u satu prema dijagramu 5, u slučaju izmjene zraka $n = 0,4$ u satu, a volumena plina od 12,5 litara u nekoj prostoriji tada će koncentracija plina ako se radi o prostoriji volumena od 1000 litara iznosi:

$$K = \frac{G_{\max}}{V} \cdot 100 = \frac{12,5}{1000} \cdot 100 = 1,25 \%$$

U oba gore navedena slučaja koncentracija plina za krajnje male prostore je ispod donje granice eksplozivnosti koja iznosi 4,4 % za plinove 1 i 2 grupe.



Dijagram 4



Dijagram 5

Iz predhodno iznesenog mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- Dozvoljene količine isticanja plina su tako male da se praktično, neovisno od veličine prostorije, ne može dostići donja granica eksplozivnosti.
- Ispunjen je zahtjev sigurnosti, nema opasnosti od korištenja plinskih instalacija.
- Kriterij upotrebljivosti se smije temeljiti samo za plinske instalacije koje se nalaze u pogonu.
- Novopoloženi plinski vodovi moraju zadovoljiti znatno strožije zahtjeve za ispitivanje na zaptivenost.
- Plinski vodovi koji se nalaze u pogonu smiju, pod pretpostavkom da nema mirisa plina, se neograničeno upotrebljavati, novopoloženi ili popravljivi vodovi moraju biti nepropusni (zaptiveni).

3.3. Određivanje propusnosti pomoću mobilnih elektronskih uređaja za mjerenje isticanja plina

Pored predhodno navedenih metoda za ispitivanje propusnosti sistema plinskih vodova u novije vrijeme prisutna je tehnika ispitivanja propusnosti pomoću mobilnih elektronskih uređaja za mjerenje i određivanje isticanja plina na niskotlačnim plinskim vodovima. Uglavnom se upotrebljavaju slijedeće klase uređaja:

- Uređaj za mjerenje pada tlaka za određene količine isticanja (klasa D). Količina isticanja plina određuje se na osnovu pada tlaka.



- Uređaj za mjerenje količine isticanja plina (klasa L). Ovim uređajem direktno se mjeri i utvrđuje količina isticanja plina.
- Uređaj za mjerenje volumena radi određivanja količine isticanja plina (klasa V). Količina isticanja plina utvrđuje se na osnovu izmjerene razlike tlaka.
- Mjerni uređaj za određivanje količine isticanja plina sa korištenjem drugih metoda mjerenja (klasa S) pomoću kojih se određuje količina isticanja plina iz mjernih veličina i metoda mjerenja koje nisu pokrivena klasom D, L i V.

Prednost određivanja količine isticanja plina sa uređajima za mjerenje isticanja u odnosu na računsku ili grafičku metodu jeste mjerna tehnika koja omogućava dokumentiranje i za korisnike troškovno povoljno sprovođenje mjerenja. Temperaturni uticaji se kod mjerenja količine isticanja sa mjernim uređajem mogu jednostavno kompenzirati.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega navedenog mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- Ako količina isticanja plina iznosi manje od 1 l/h, stručna osoba je odgovorna da provjeri da li ukupno stanje sistema plinskih vodova omogućava bezopasan pogon bez mjera održavanja.
- Ako se ustanovi smanjena uporabivost mora se utvrditi uzrok i izvršiti popravka. Mjesto isticanja plina može se otkriti pomoću detektora ili sa pjenušavim sredstvima.
- Korisnik mora da bude pismeno informisan o utvrđenim količinama isticanja plina uključujući eventualno dodatne utvrđene činjenice o nedostacima i da bude upozoren na obavezu da izvrši popravke unutar navedenog roka od 4 sedmice ako se procjeni da su plinski vodovi ograničeno uporabivi.
- Sistem voda mora se odmah staviti van pogona ako je utvrđena neuporabivost.
- Ako se osjeti miris plina nema kompromisa, u takvim slučajevima se mora utvrditi uzrok i mora se izvršiti popravka.

5. LITERATURA

- [1] Tehničko pravilo za plinske instalacije, Radni list G 600, DVGW izdanje, kolovoz 1996. Godine;
- [2] Komentar Tehničkog pravila G 600, DVGW – TRGI 86/96;
- [3] Tehničko pravilo „Naknadno zaptivanje plinskih vodova“ Radni list G 624, DVGW izdanje, decembar 1998. godine;



Analiza parametara elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi

Parameters analysis of fusion PE-HD pipes welding

D. Šošćarić^{1,*}, D. Žagar¹, Z. Kolumbić², M. Dunder², I. Samardžić³

¹ Elektrotehnički fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska

² Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Odsjek za Politehniku, Rijeka, Hrvatska

³ Strojarški fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: damir.sostaric@etfos.hr

Sažetak

U radu se prikazuju glavni parametri fuzijskog zavarivanja te njihova Off – line analiza kod zavarivanja PE-HD cijevi. Direktnim mjerenjem napona i struje na spojnici induktivnog i djelatnog karaktera uočene su promjene u amplitudnoj modulaciji valnih oblika mjerenih signala. Početkom mjerenja uređaj analizira skenirane parametre sa pojedine vrste spojnice i uspoređuje ih sa ispitanim i izmjerenim parametrima koje je odradio sam uređaj za zavarivanje. Upravo se tu vidi zadržka u vremenu tzv. „mrtvo vrijeme“ kada stroj analizira parametre i dimenzionira sustav regulatorske funkcije. Snimanje parametara zavarivanja u stvarnom vremenu osigurava detaljniju informaciju o procesu fuzijskog zavarivanja. Tako se pomoću mjernog sučelja mogu izmjeriti parametri za različite promjere spojnica kao i vremenska ovisnost trajanja zavarivanja.

Abstract

In this paper we present the main parameters of fusion welding and their Off - line analysis of PE-HD pipes. Direct measurements of voltage and current to the inductive and the resistant character coupler of the observed changes in amplitude modulation waveforms of the measured signal. In early measuring device analyzes the scanned parameters with certain types of fittings and compares them with the tested and measured parameters is done by welding machines. There can be seen the time delay or “dead time” when the machines analyzes the parameters and dimensioned regulatory function of the system. Recording of welding parameters in real time provides detailed information on the process of fusion welding. Thus, by measuring the parameters through interface can be measured different diameters of coupler as well as the time dependence of welding.

Ključne riječi: elektrofuzijsko zavarivanje, PE-HD cijevi, spojnice, mjereni parametri zavarivanja

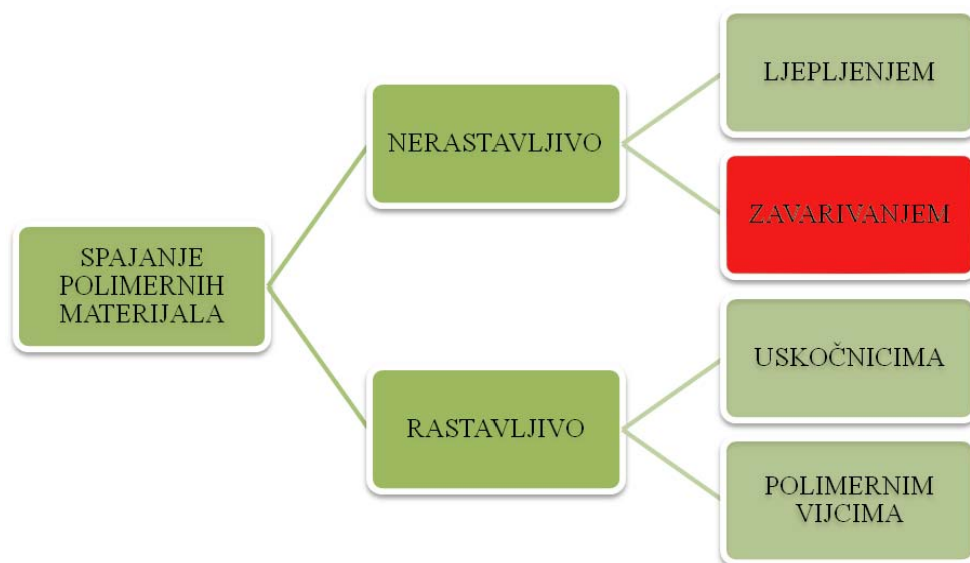
1. Uvod

Spajanje polimernih materijala zavarivanjem uobičajeni je način za spajanje PE-HD cijevi specifičnim spojnicama. Od polimernih materijala uspješno se zavaruju plastomeri, koji se, poput metala, prilikom zagrijavanja omekšavaju i tale, a pri hlađenju skrućuju, što se može ponavljati. Sam proces zavarivanja plastomernih materijala teče tako da prilikom porasta temperature dolazi do njihovog mekšanja (slabe sekundarne sile veze). Daljnjim porastom temperature dolazi do taljenja plastičnih materijala (sekundarne veze popuste i dolazi do nesmetanog gibanja cijelih lanaca molekula). Daljnji tijek porasta temperature uzrokuje taljenje, te se dobiva termoplastično stanje u kojem je moguće provođenje zavarivanja kao posljedica difuzije molekula dodirnih površina. Hlađenjem zavarenih komada dolazi do uspostavljanja sekundarnih veza i povratka u čvrsto stanje.

Kako bi se ostvario kvalitetan spoj potrebno je izvesti određene predradnje koje obuhvaćaju pripremu mjesta zavarivanja uključujući i provjeru ispravnosti opreme za zavarivanje, te stvaranje po potrebi povoljnih vremenskih uvjeta.

2. Spajanje polimernih materijala zavarivanjem

Od polimernih materijala uspješno se zavaruju plastomeri, koji se, poput metala, prilikom zagrijavanja omekšavaju i tale, a pri hlađenju skrućuju, što se može ponavljati. Sam proces zavarivanja plastomernih materijala teče tako da prilikom porasta temperature dolazi do njihovog mekšanja (slabe sekundarne sile veze). Daljnjim porastom temperature dolazi do taljenja plastičnih materijala (sekundarne veze popuste i dolazi do nesmetanog gibanja cijelih lanaca molekula). Daljnji tijek porasta temperature uzrokuje taljenje, te se dobiva termoplastično stanje u kojem je moguće provođenje zavarivanja kao posljedica difuzije molekula dodirnih površina. Hlađenjem zavarenih komada dolazi do uspostavljanja sekundarnih veza i povratka u čvrsto stanje. Na slici 2.1. prikazane su blokovski tehnike spajanja polimernih materijala.



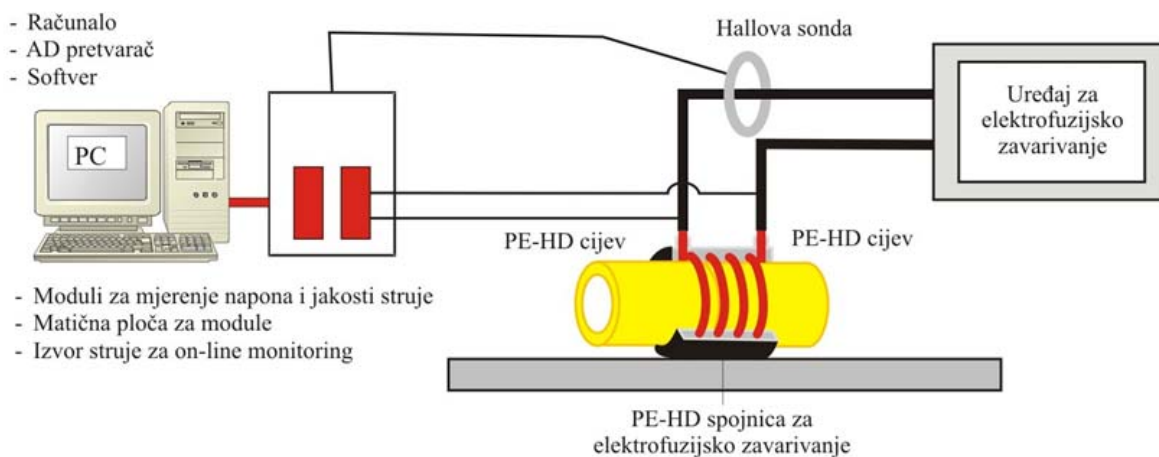
Slika 2.1. Blokovska podjela tehnika spajanja polimernih materijala

2.1. Tijek postupka sučeonog zavarivanja

Kod ovog postupka zavarivanja, cijevi od polietilena visoke gustoće i spojnice zavaruju se pomoću elektrootporne žice ugrađene u unutarnji dio spojnice. Protokom struje elektrootporna žica se zagrijava, te se stvara tlak na spojnim površinama, dolazi do taljenja materijala cijevi i spojnice te njihovog spajanja (fuzije). Kada se zavaruje priključno sedlo pritisak za zavarivanje osigurava se odgovarajućom napravom u vidu obujmice kao sastavnim dijelom sedla. Osnovni uvjet koji mora biti ispunjen je da su materijali koji se zavaruju iste tvrdoće, a indeks taljenja mora biti od 0,3 do 1,3 g/min. Postupak karakterizira visok stupanj automatizacije. Elektrospojnica je opremljena magnetnim karticama na kojima se registriraju svi parametri zavarivanja. Priprema radnog prostora, zvara, te priprema za zavarivanje slična je kao kod zavarivanja grijaćom pločom. Priprema krajeva neposredno prije zavarivanja uključuje postavljanje cijevi tj. spojnih komada u hidrauličke čeljusti (grijača ploča). Pritom je potrebno osigurati planparalelnost zavarenih površina. Mehaničko čišćenje i odmaščivanje površina cijevi u blizini mjesta spajanja treba osigurati kao i obradu krajeva cijevi skidanjem strugotine (*glodanje*). Uklanjanje eventualno zaostale strugotine također je neophodno kao i kontrola planparalelnosti površina približavanjem zavarivanih elemenata. Bitna dva parametra također su provjera posmaka stijenki cijevi (*najviše 10 % debljine stijenke*) te provjera temperature tijela spojnice.

3. Eksperimentalno snimanje parametara zavarivanja

Prikupljanje mjernih parametara odrađuje mjerna kartica SI.3.2. sa pripadajućim elementima mjernog sustava. Tu se nalaze mjerni moduli za predefinirani mjerni domet i sl. Glavni parametri zavarivanja poput napona i struje direktno opisuju stanje i funkciju procesa (Gs) SI.3.3.. Indirektno (Off-line) iz mjerenih parametara izračunavaju se trenutne vrijednosti otpora, snage i energije utrošene za fuzijsko zavarivanje. U eksperimentu su korištene tri vrste spojnice i to promjera 32mm, 160mm i 225mm.

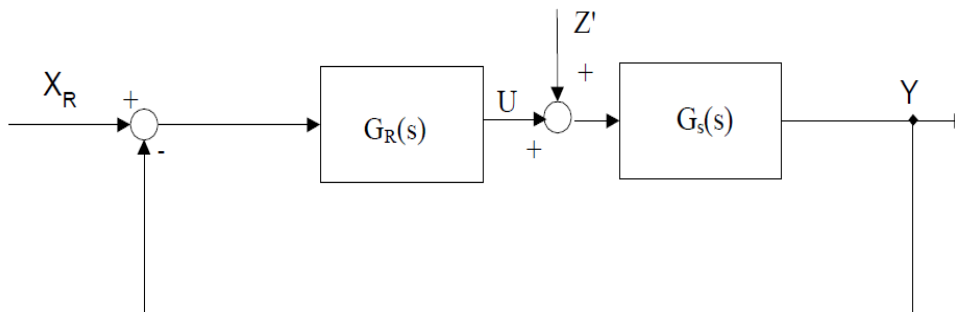


Slika 3.1. Shematski prikaz primjene „On – line monitoring sustava“ za registriranje promjene glavnih parametara elektrofuzijskog zavarivanja tijekom trajanja zavarivanja



Slika 3.2. Elementi mjernog sustava parametara zavarivanja

Usporedno sa [1] gdje se koristila spojnica ϕ 63 mm mjerni parametri se znatno razlikuju dok tendencija djelovanja amplitudne modulacije je ostala očuvana. Tako za zavarivanje većih promjera potrebno je više vremena gdje se izmjenjuju dva osnovna stanja promatrana narintim naponom sa uređaja na spojnicu; zagrijavanje i hlađenje koje je ograničeno smetnjom Z' Sl.3.3.. Upravo povećanjem smetnje (povećanje impedancije – u ovom slučaju induktivni karakter) uređaj nastoji kompenzirati induktivnu komponentu djelovanjem internih kapacitivnih baterija. Taj slučaj je vidljiv izrazito kod dijagrama otpora gdje su propadi jX_L izazvani naponom U_L . Na dijagramu se također može primijetiti elementi kapacitivne komponente koju uređaj nastoji dodati kako bi se očuvao valni oblik (virtualnog) otpora tijekom mjerenja odnosno zavarivanja.

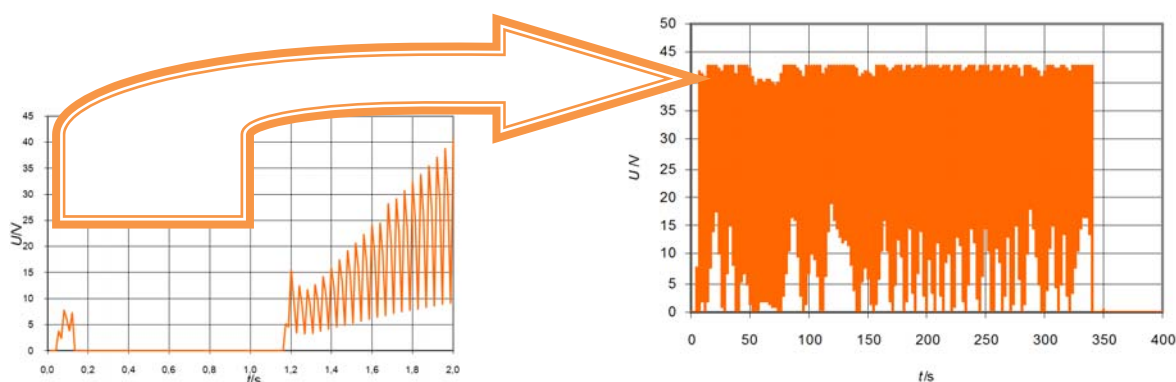


Slika 3.3. Regulacijski krug sa negativnom povratnom vezom i smetnjom Z'

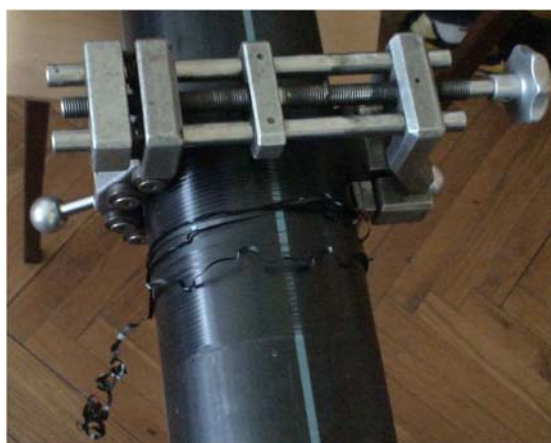
3.1. Priprema i rezultati eksperimenta

Postupak pripreme za zavarivanje ranije je objašnjen, gdje se dodirne površine cijevi moraju strugačem i alkoholnom maramicom očistiti. Osim navedenog, vrlo je bitno da se dodirne površine cijevi što bolje preklapaju odnosno dodiruju što većom površinom. Postupak skidanja strugotine PE-HD cijevi prikazan je na slici 3.5.a), dok je pričvršćivanje sedlo-spojnice prikazano slikom 3.5.b). Zatim slijedi snimanje bar-koda pojedine spojnice ili sedla kako bi se upisali predefimirani parametri proizvođača spojnice u memoriju glavnog uređaja za zavarivanje MSA 350 slika 3.6. Nakon upisa parametara tipkom start pokreće se sustav ispitivanja dinamičkih parametara kao i sam proces zavarivanja. U vremenskom intervalu od 0 – 200ms na slici 3.4. izmjeren je mali signal napona koji upućuje da je u tom intervalu uređaj automatski narinuo određeni napon i s obzirom na povratnu vezu izračunao dodatne dinamičke parametre. Interval od 200ms do 1100ms upravo je vrijeme

zadržke kada uređaj preračunava podatke iz memorije unesene sa bar-kod čitačem i uspoređuje ih sa parametrima dobivenih dinamičkim putem. Kada uređaj estimira parametre i kreira vlastiti matematički model prema statičkim i dinamičkim parametrima kreira se automatski regulator koji finalno odrađuje fuzijsko zavarivanje karakteristične duljine trajanja zavara ovisno o promjeru spojnice ili nekog drugog spojnog elementa. Karakteristična točka početka zavara je vrijeme od 1200ms kada se sustav počinje amplitudno modulirati i nastupa oscilatorno raspršeno djelovanje izlaza koji se kompenzira negativnom povratnom vezom.



Slika 3.4. Analiza skeniranih i analiziranih dinamičkih parametara

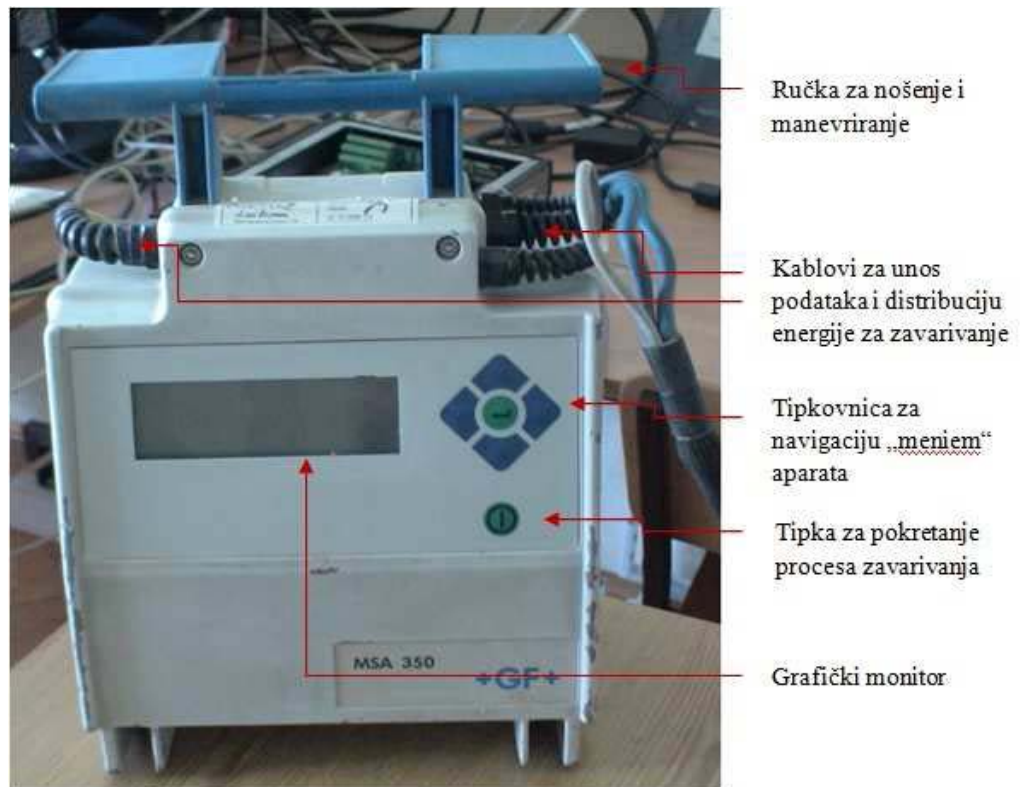


a)



b)

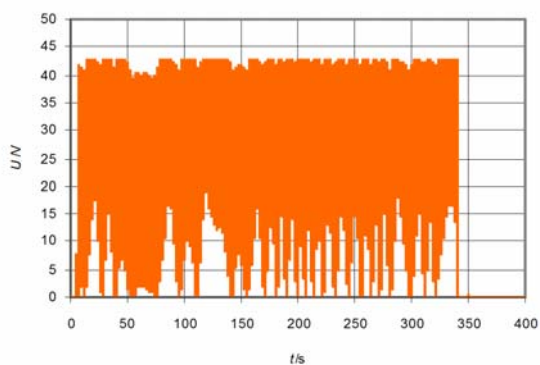
Slika 3.5. a) Priprema površine za zavarivanje; b) Pričvršćivanje sedla-spojnice i početak zavarivanja



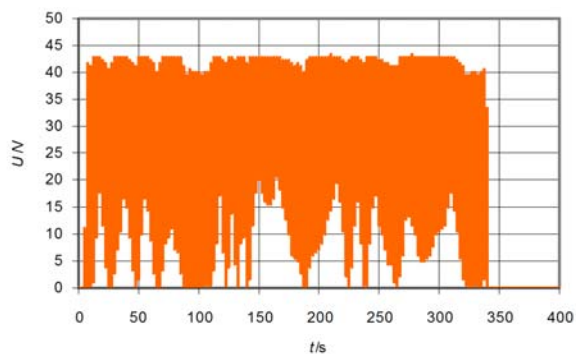
Slika 3.6. Uređaj za zavarivanje MSA 350

Rezultati mjerenja su prikazani u nastavku. Tako je na slici 3.7. a) i b) prikazan napon tijekom zavarivanja na spojnici od 160mm. Naime, na istom promjeru amplitudna modulacija je nastupila u oba slučaja. U a) dijagramu vidi se da je u većem pojasu nastupila blaga simetrija što upućuje na simetrično grijanje i hlađenje. Primjer dijagrama b) je nešto asimetričniji dok se na slici 3.12. očituje ista količina disipirane energije.

Iz dijagrama 3.10. vidljivo je da uz djelatni otpor postoji i induktivna komponenta otpora (X_L) zbog grijača (zavojnice). Navedena induktivna komponenta dijagramski se prikazuje kao amplitudna modulacija (skok ili pad) koja se ponavlja u nejednakim intervalima za vrijeme procesa zavarivanja. Također se može zaključiti (usporedbom dva mjerenja na istom promjeru – 160mm) da bez obzira na isti profil elementa za zavarivanje postoje očite razlike koje su vidljive i u grafičkom prikazu otpora pojedinog elementa. Tako je ovdje prikazan dijagram za različite promjere kako bi se vjerno uočila kompenzacija i impedancija na različitim spojnicama. Isto tako na slici 3.12. a) prikazana je disipirana količina energije na grijaču spojnice što je identičnog nagiba tangente i finalnog „y“ odsječka za isti presjek, dok na primjeru 3.12.b) u usporedbi sa 3.12.a) vidi se da je potrošena veća količina energije upravo zbog većeg promjera i dužeg izlaganja strujnog kruga trošila narinutom naponu i struji.

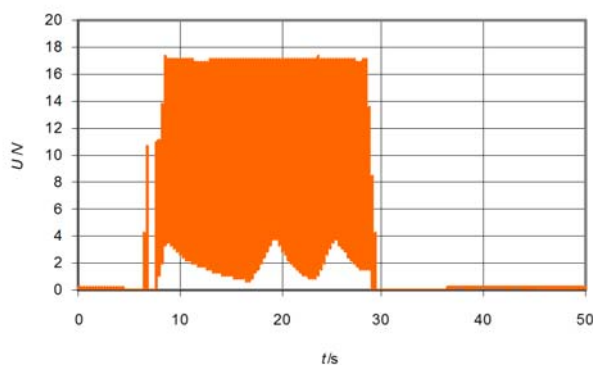


a)

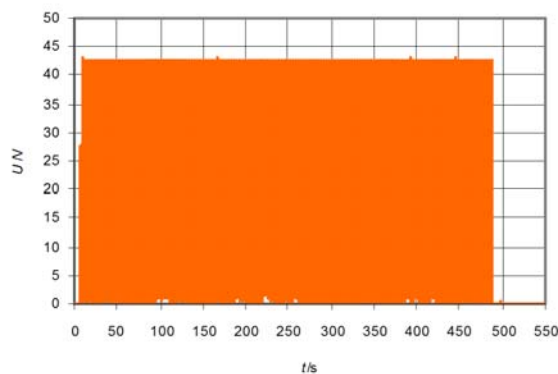


b)

Slika 3.7. Izmjereni naponi na promjeru cijevi 160mm

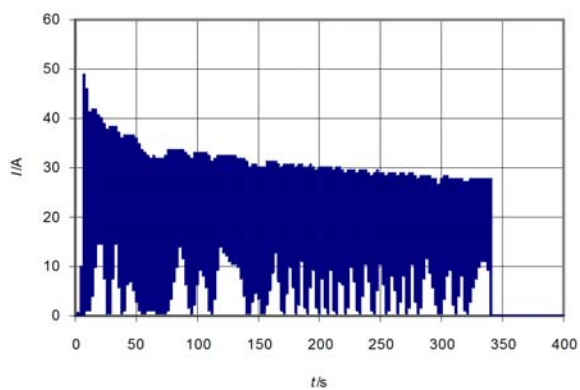


a)

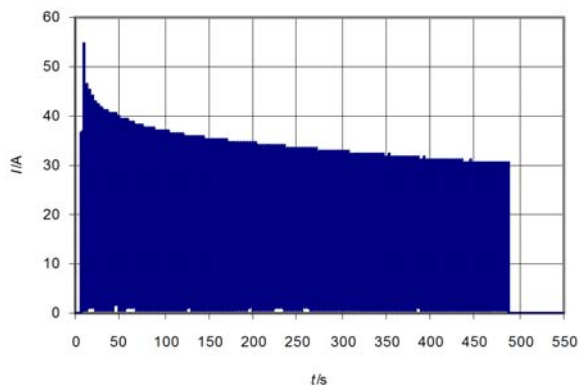


b)

Slika 3.8. Izmjereni naponi za promjer cijevi a) 32mm i b) 225mm

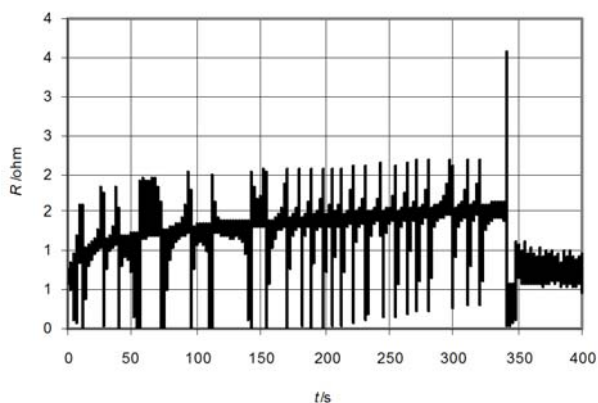


a)

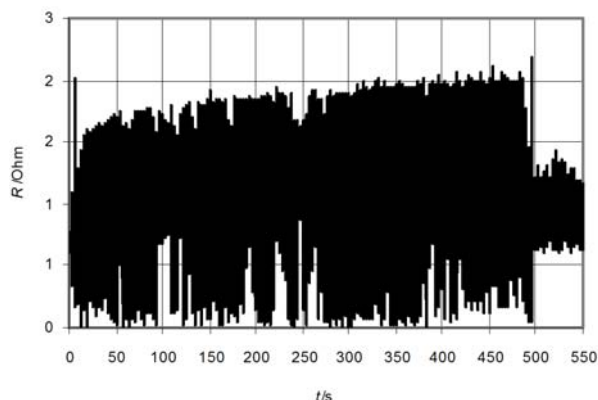


b)

Slika 3.9. Izmjerene struje za promjer cijevi a) 32mm i b) 225mm

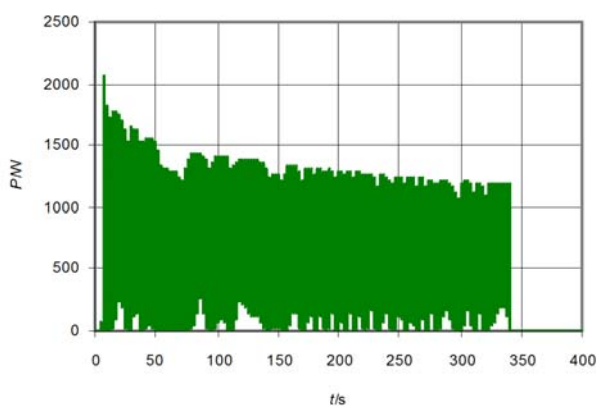


a)

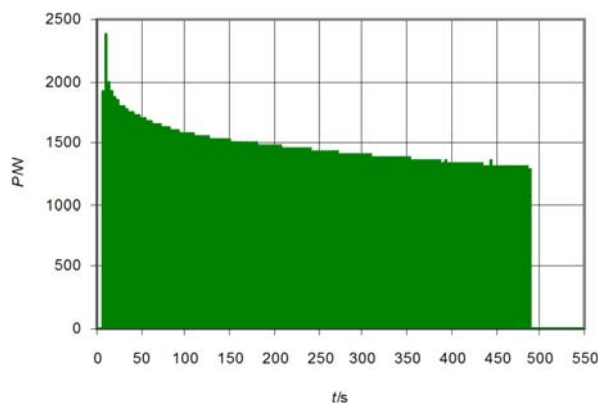


b)

Slika 3.10. „Off-line“ izračunat otpor za promjer cijevi a) 32mm i b) 225mm

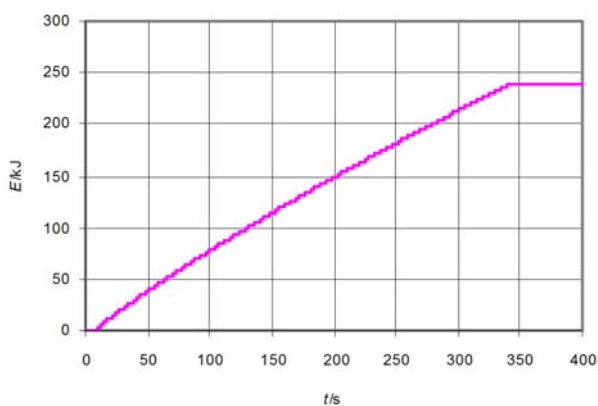


a)

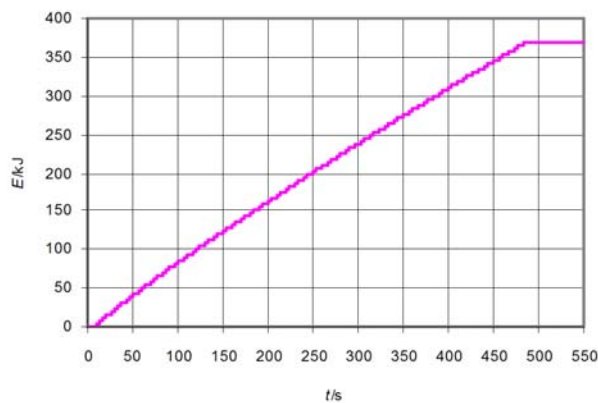


b)

Slika 3.11. „Off-line“ izračunata snaga za promjer cijevi a) 32mm i b) 225mm



a)



b)

Slika 3.12. „Off-line“ izračunata količina energije za promjer cijevi a) 32mm i b) 225mm



5. Zaključak

U ovom radu obrađeno je mjerenje nad termoplastičnim masama kroz spojnice direktnim mjerenjem napona i struje. U radu su spomenute metode spajanja vodoopskrbnih cjevovoda od polietilena visoke (PE-HD) gustoće koji mogu biti rastavljivi ili nerastavljivi (u ovom slučaju nerastavljivi). Detaljno je opisano elektrofuzijsko zavarivanja vodovodnih elemenata što je i prvi dio eksperimentalnog dijela rada. U drugom dijelu eksperimentalnog dijela rada prikazuju se glavni parametri elektrofuzijskog zavarivanja (napon i jakost struje), te njihova promjena u ovisnosti o vremenu. Iz mjernih rezultata je vidljivo da u nekom trenutku dolazi do opadanja vrijednosti napona, što je znak da nastupa hlađenje sustava kako ne bi došlo do zapaljenja. Nakon ohlađivanja ponovno se aktivira na nominalnu snagu pomoću amplitudne modulacije napona i struje. Ono što se može zaključiti iz eksperimentalnog dijela je sljedeće; promatrani proces je stabilan, ponovljivost parametara osigurana, mogućnost detekcije greške u slučaju neispravnosti spojnice ili nekog drugog elementa sustava i pohranjivanje podataka.

6. Literatura

- [1] Samardžić, I., Kolumbić, Z., Stoić, A., Šoštarić, D., Bičvić, D.; Parametri elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi (**1. Međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi**)
- [2] Katalog aparata GEORG FISCHER, zastupnika u Hrvatskoj – PTMG, Zagreb
- [3] Šoštarić, D., Vinko, D., Žagar, D., Samardžić, I.; Časopis Strojstvo 52; Reliability of Welding Parameters Monitoring System
- [4] Samardžić, I., Raos, P., Klarić, Š., Blažević, M.: Monitoring parametara elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi. / Skup o prirodnom plinu, toplini i vodi. Osijek, 2006.

Aknowledgement: 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 sport.



Energija iz biomase između investicijskog optimizma i održive ekonomičnosti

Energy Obtained from Biomass between Investment Optimism and Sustainable Economy

A. Čikić^{1,*}, B. Hršak¹

¹Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Trg E. Kvaternika 4, HR- 43000 Bjelovar
*e – mail: acikic@vtsbj.hr

Sažetak

Proizvodnja energije iz biomase nužno je ograničena njenom obnovljivosti, polumjeru održive dobave i pripreme te ukupnoj eksploatacijskoj učinkovitosti. U nedostatku potpunijih istraživanja raspoloživosti i obnovljivosti raznih vrsta i oblika biomase te kakvoće i vrste potrošača, u našoj zemlji ubrzano raste investicijska euforija za izgradnjom postrojenja koja proizvode električnu i toplinsku energiju. Analizirana je održiva ekonomičnost kogeneracijskih postrojenja s kritičkim problematiziranjem značaja proizvodnje te svrhe, uvjeta, načina i lokacije potrošnje električne i toplinske energije. Kvantificiranim vrijednostima prikazana su moguća ograničenja i nesigurnosti korištenja proizvedene energije u procijenjenom eksploatacijskom periodu.

Ključne riječi: biomasa, kogeneracija, investicijski optimizam, održiva ekonomičnost.

Summary

The production of energy from biomass is inevitably determined by its renewability, a sustainable supply and preparation radius and total exploitation efficiency. Lacking more thorough researches into the availability and renewability of different types and forms of biomass, as well as the types and quality of consumers, there has been growing investment euphoria in our country to build power plants which produce electrical and thermal energy. Sustainable economy of cogeneration power plants was analysed using critical problematization of the significance of production along with the purpose, conditions, manner and locations of electrical and thermal energy consumption. Quantity values were used to show possible restrictions and lack of safety of the utilization of energy produced within the assessed interval of exploitation.

Key words: biomass, cogeneration, investment optimism, sustainable economy.



1. Uvod

Biomasa je tradicionalni energent i najsloženiji oblik obnovljivih izvora energije. Obuhvaća najvećim dijelom šumsku i poljoprivrednu biomasu, otpad i ostatke iz drvne i srodnih industrija, nedrvenu biomasu, životinjski otpad i ostatke te selekcionirani gradski i komunalni otpad. U općim i optimističnim raspravama prednost korištenja biomase kao izvora energije je relativno veliki, raspoloživi i iskoristivi potencijal, iako je svaki od oblika biomase različite energetske vrijednosti te zahtijevaju različite postupke prikupljanja, pripreme i pretvorbe s promjenjivim, često i visokim, troškovima do korisne (uporabive) energije. U strukturi biomase više ili manje dominira šumska obnovljiva biomasa, drvni otpad i ostaci u industriji te određena količina sezonskih ostataka s poljoprivrednih površina [1,2,3,4].

U našoj zemlji se gotovo kao pravilo koriste utvrđeni ili procijenjeni podaci o količini šumske biomase te drvnog otpada i ostatka u drvnoj industriji kao osnova za donošenje odluke o izgradnji kogeneracijskih ili sličnih postrojenja za proizvodnju električne i/ili toplinske energije. Pozitivne poticajne mjere i učinci na okoliš, procijenjeni socijalno – gospodarski efekti i slično ubrzano razvijaju investicijski optimizam za izgradnjom više kogeneracijskih ili sličnih postrojenja u relativno malim regijama bez kritičkog osvrta na dugoročnu raspoloživost i troškove pripremanja biomase, vrstu i brzinu razvoja gospodarskih i drugih potrošača prvenstveno toplinske energije, eksploatacijske i ekonomske uvjete proizvodnje, transporta i potrošnje energije u duljem vremenskom periodu. Pri tome je nužna fleksibilnost i socijalna osjetljivost valorizacije troškova toplinske energije do najudaljenijih potrošača od postrojenja [1,5].

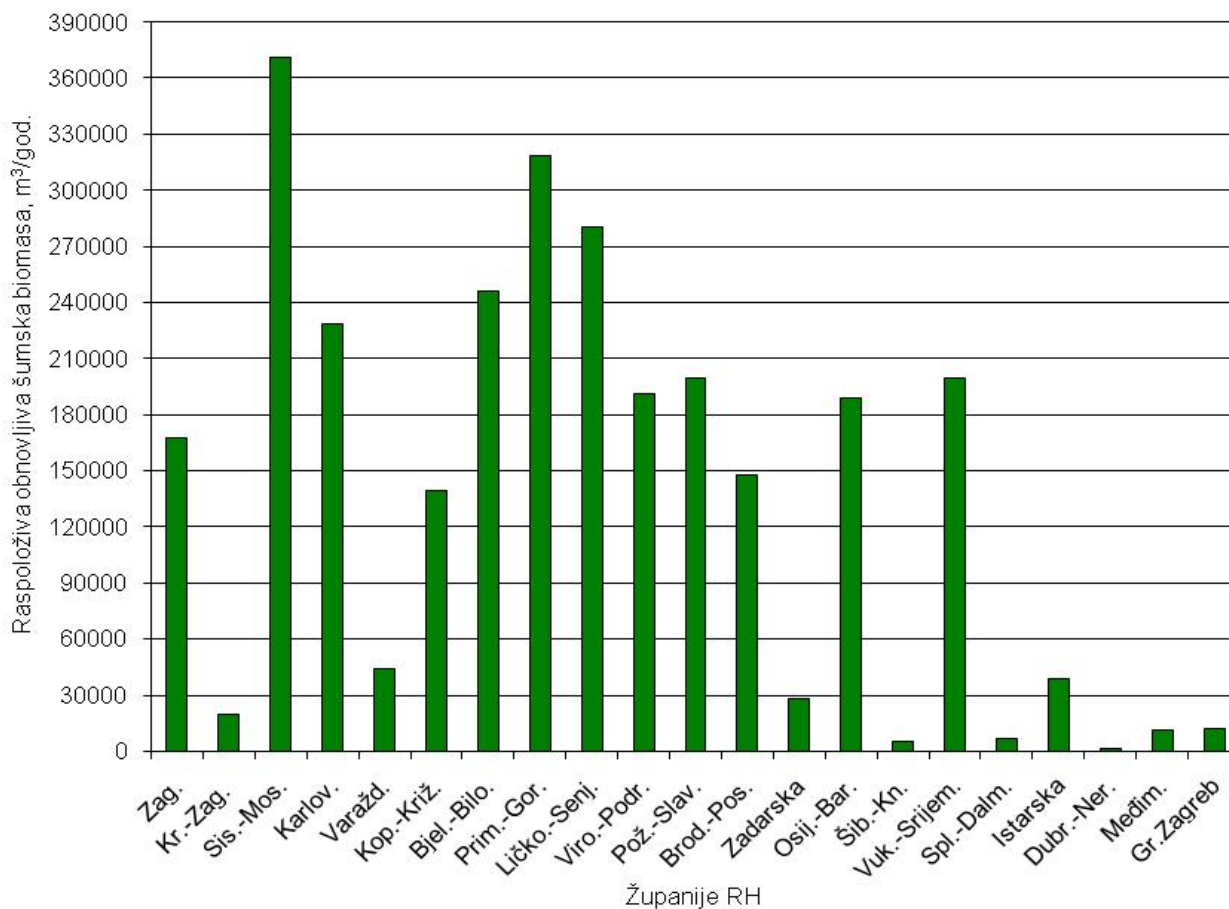
Ovisno o udjelu vlage, gustoći, vrsti (crnogorično, bjelogorično) i sortimentu donja ogrjevna vrijednost obnovljivog drva se kreće u granicama između 7,5 do 20 kJ/kg. Pri spaljivanju biomase količina emitiranog CO₂ približno je jednaka količini apsorbiranog CO₂ tijekom rasta biljke, što se približava prirodnim ravnotežnim uvjetima. Prema više izvora veoma su različiti udjeli vrste i kakvoće ogrjevnog drva i upotrebljivih ostataka pri redovitim radovima u šumi, što utječe na gorivu vrijednost biomase i njen raspoloživi energetske potencijal [3,6]. Otklon od realnih odnosa koji nisu podkrepljeni egzaktnim istraživanjima usporedivim s višegodišnjim iskustvenim podacima može utjecati na ekonomičnost i dugoročnu nestabilnost u prikupljanju, pripremi i dopremi dovoljne količine šumske obnovljive biomase, a posebno pri ubrzanom i euforičnom izgradnji više kogeneracijskih ili sličnih postrojenja na nekom području ili regiji koji se oslanjaju na gotovo istu sirovinsku biomasu ograničene količine.

Procjene i analize otpadne biomase u drvoprerađivačkim pogonima često se kvantificiraju kao nužni ostatak proizvodnog procesa u obliku različitih otpadaka, sječke, okrajaka, kore, okoraka, piljevine, bruševine, neiskorištenog drva i slično, a izravno se ne navodi udio otpadnog piljenog drva često nastalog nakon neadekvatne toplinske obrade i tretmana nakon sušenja i/ili parenja, što umanjuje proizvodnu učinkovitost, a povećava količinu i gorivu vrijednost biomase. Porastom količine otpadnog drva tretiranog tehnološkim

postupcima indirektno raste cijena biomase smanjujući produktivnost pogona i ekonomičnost proizvodnje energije iz ovakvog, možda i najskupljeg pogonskog goriva [2,5]. Kritički osvrt na količinu, strukturu, učestalost te mjesto i uvjete nastanka drvnog otpada određuje prioritete i sljed razvoja i investiranja u tehnološku obnovu i unaprjeđenje proizvodnje ili i kada u neki oblik postrojenja za proizvodnju električne i/ili toplinske energije. U suprotnom tehnički napredno i korisno postrojenje za proizvodnju energije može postati sastavni dio proizvodnih i ekonomskih poteškoća drvoprerađivačkog poduzeća.

Općenito se smatra da je uz dobru organizaciju prikupljanja i pripreme za energetske korištenje moguće upotrijebiti oko 30% ostatka poljoprivrednih kultura sa žetvenih površina, što predstavlja značajni energetske potencijal.

Prema dostupnim podacima raspoloživa količina šumske ogrjevne biomase (državne i privatne šume) za održivo korištenje u Republici Hrvatskoj iznosi 2.847.039 m³ [6]. Kvantificirane količine šumske biomase za 20 županija i grad Zagreb dijagramski su prikazane na slici 1.



Slika1. Procijenjena obnovljiva šumska biomasa u RH

Najveći održivi potencijal šumske biomase nalazi se u županijama središnjeg dijela, srednji u istočnom i sjevernom dijelu, nešto manji u pojedinim regijama istočne i zapadne, te najmanji u dalmatinskim županijama Republike Hrvatske (slika 2.)

Ovisno o vlazi i kakvoći te udjelima pojedinih sastojaka veoma je promjenjiv energetski potencijal obnovljive šumske i poljoprivredne biomase, što uz niz ostalih čimbenika izravno utječe na lokaciju, kapacitete i gustoću izgradnje energana s pogonom na biomasu. Prema regionalnoj raspodjeli obnovljive šumske i sezonske učestalosti druge biljne biomase, realnoj brzini, tehničkim i organizacijskim mogućnostima prikupljanja, pripreme, udaljenosti i transporta nije moguće koristiti njen ukupni energetski potencijal, što također upućuje na opreznost pri određivanju kapaciteta, lokacije i dugoročne ekonomičnosti jednog ili više kogeneracijskih postrojenja u užem području ili široj regiji.



Slika 2. Regionalna raspodjela udjela obnovljive šumske biomase u RH [6]

2. Cilj istraživanja

Kako ne postoji opće prihvaćena metodologija za procjenu utjecajnih parametara (tehnički, tehnološki, energetski, socijalni, gospodarski,...) korištenja biomase kroz više različitih europskih znanstvenih projekata razvijeni su modeli sa nizom tehničkih, tehnoloških i gospodarskih pretpostavki, koje nije moguće implementirati u sve zemlje različite industrijske razvijenosti, gospodarske aktivnosti i ekonomske sposobnosti, a posebno u



drvoprerađivačke industrije u nestalnim uvjetima poslovanja i zahtjeva tržišta [5,7,8,9]. Stoga se, često po istom ili sličnom obrascu, bez cjelovitog i egzaktnog kritičkog osvrta sugerira brza izgradnja većeg broja kogeneracijskih i sličnih postrojenja s pogonom na biomasu različitih kapaciteta i učinkovitosti, što više doprinosi trendu komercijalizacije, a manje dugoročnom cjelovitom promišljanju sljeda održivog ekonomičnog investiranja i neophodnog razvoja konzumnih proizvodnih kapaciteta. Cilj je prikazati i analizirati utjecaj izgradnje više kogeneracijskih postrojenja u pojedinim regijama RH na dostupnost i raspoloživost biomase za spaljivanje, mogući (očekivani) nerazmjerni odnos uz povećanje i preklapanje polumjera dobave i transporta te nekontrolirani rast jediničnih troškova biomase.

3. Energetski potencijal i projekcija kapaciteta

Uz dobru tehničku i operativnu organiziranost te sinkronizirani i ravnopravni javni i privatni interes procjenjuje se da je moguće prikupiti, pripremiti i transportirati do energetskih postrojenja oko 75 – 80% obnovljive šumske biomase i ostalog raspoloživog biljnog sezonskog poljoprivrednog ostatka. Dio biomase biljnog podrijetla se prerađuje u plinovita i tekuća goriva te drvene biomase u brikete i pelete, što ipak nešto umanjuje ukupni energetski potencijal za spaljivanje u kogeneracijskim i ostalim energetskim postrojenjima. Sistematizacijom i vrednovanjem nužnog drvnog otpada i ostatka u drвноj i srodnoj industriji doprinosi se realnom povećanju količine i kakvoće energetskog potencijala prvenstveno uvažavajući proizvodnu učinkovitost poduzeća, a zatim razvoj energetskih kapaciteta.

Tablica 1. Procijenjene vrijednosti energetskog potencijala obnovljive biljne mase za spaljivanje za proizvodnju električne i toplinske energije

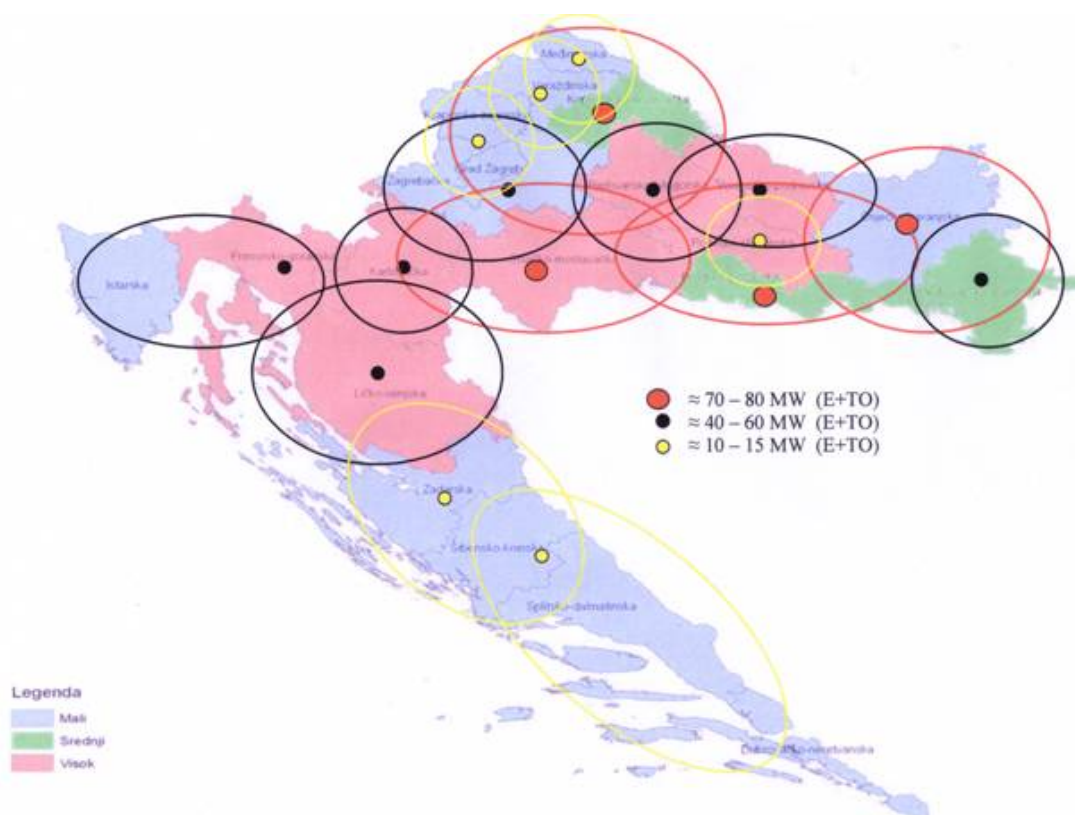
$V_{bm} \approx 2,85 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$, faktor prikupljanja obnovljive šumske i poljopr. biljne biomase $f = 0,75 - 0,8$, vlažnost biomase $u \approx 20 - 40\%$, rad kogeneracijskog (energetskog) postrojenja $t \approx 7500 \text{ sati/god.}$								
Osnovni parametri	ρ_{bm} kg/m ³	H_d W/kg	$\eta_{\text{postrojenja}}$	m_{bm} t/god.	Q MW/god.	$\Sigma Q (E+TO)$ MW	$Q (E)$ MW	$Q (TO)$ MW
Obnovljiva šumska biomasa	700	\approx 5000	0,75 - 0,87	$1,594 \cdot 10^6$	$7,97 \cdot 10^6$	≈ 850	≈ 238	≈ 612
	600	\approx 4000	0,75 - 0,87	$1,367 \cdot 10^6$	$5,466 \cdot 10^6$	≈ 583	≈ 165	≈ 418
	550	\approx 3700	0,75 - 0,87	$1,253 \cdot 10^6$	$4,635 \cdot 10^6$	≈ 495	≈ 140	≈ 355
	450	\approx 3200	0,75 - 0,87	$1,025 \cdot 10^6$	$3,280 \cdot 10^6$	≈ 350	≈ 100	≈ 250
	380	\approx 2700	0,75 - 0,87	$0,866 \cdot 10^6$	$2,337 \cdot 10^6$	≈ 250	≈ 75	≈ 175
Drvena i srodna ind.	650	\approx 4200	0,80 - 0,87	$0,163 \cdot 10^6$	$0,581 \cdot 10^6$	≈ 77	≈ 22	≈ 55
Poljo. osta.	270	\approx 2800	0,70 - 0,75	$0,551 \cdot 10^6$	$2,352 \cdot 10^6$	≈ 220	≈ 55	≈ 165
Procjena mogućnosti proizvodnje energije iz obnovljive drvene i biljne biomase						≈ 547	≈ 152	≈ 395
						- 647	- 177	- 470

U tablici 1. prikazane su procijenjene vrijednosti energetskeg potencijala raspoložive biljne i drvne biomase te količina obnovljive šumske biomase za različite odnose udjela pojedinog drvnog ostatka.

Spaljivanjem dostupne i raspoložive količine biljne i drvne obnovljive biomase prosječne gustoće i ogrjevne vrijednosti moguće je proizvesti oko 547 do 647 MW energije pretežno koncentrirano u centralnom i sjevernom (kontinentalnom) području Republike Hrvatske. Ovisno o namjeni, izvedbenom tipu i ekonomičnosti energetskeg postrojenja moguće je proizvesti oko trećinu električne odnosno oko dvije trećine toplinske od ukupne količine energije. Za kogeneracijsko postrojenje snage 1 MW i godišnji rad oko 7500 sati potrebno je između 2800 do 3600 tona obnovljive biomase prosječne gustoće $\rho_{bm} \approx 450 \text{ kg/m}^3$, odjela vlage $u = 20 - 35 \%$ i donje ogrjevne vrijednosti oko 2700 – 3500 W/kg (1 MW električne energije $\approx 10000 - 12000 \text{ t/god. biomase}$).

3.1 Investicijski optimizam

Potaknuto preporukama i uredbama Europske unije o ekološkim, energetskeim i gospodarskeim učincima korištenja biomase te poticajnim jediničnim cijenama otkupa električne energije u određenom vremenskom razdoblju [10,11], naglo u svim regijama raste investicijska euforija izgradnje većeg broja kogeneracijskih i drugih energetskeih postrojenja u RH, pri tomu promičući niz pozitivnih gospodarskih i razvojnih učinaka.



Slika 3. Koncentrirane vrijednosti energetskeih kapaciteta s opsegom prikupljanja i dobave obnovljive biomase



Prema dostupnim podacima i prikupljenim informacijama namjerava se izgraditi niz kogeneracijskih i ostalih energetske postrojenja različitog kapaciteta pretežno u centralnim i sjevernim županijama RH (obiluju većom količinom prosječno kvalitetnije obnovljive biljne i drvene biomase) ukupnog energetske kapaciteta oko 620 do 830 MW (električna i toplinska energija). Vrijednosti energetske kapaciteta s opsegom prikupljanja i dobave obnovljive biomase koncentrirano su za pojedina područja i regije prikazani na slici 3.

4. Analiza energetske potencijala i kapaciteta

Povlaštenom prodajom električne energije proizvedene u kogeneracijskom postrojenju i snabdijevanje individualnih, stambenih, javnih, društvenih i/ili gospodarskih objekata na određenom području tehnički i ekonomski je održivo, ako je sustavno i stabilno riješeno prikupljanje, priprema i doprema potrebne količine biomase u području ekonomičnog polumjera zahvata u duljem vremenskom periodu. Ekonomični polumjer održive dobave je procijenjena najudaljenija lokacija na opsegu prikupljanja obnovljive biomase od energetske postrojenja, kojoj su kontinuirano ukupni jedinični troškovi ekvivalenta mase prosječne ogrjevne vrijednosti ekonomski usporedivi i konkurentniji s jediničnim troškovima ogrjevne vrijednosti ekološki najprihvatljivijeg konvencionalnog pogonskog goriva (npr. prirodni plin). Potrošnja dijela električne i većeg dijela toplinske energije proizvedene u kogeneracijskom postrojenju s pogonom na biomasu u većem gospodarskom subjektu po „jezgrovitom“ principu, doprinosi proizvodnoj učinkovitosti i ekonomičnosti sa značajnim smanjenjem emisija u okoliš na predmetnoj lokaciji i po jedinici proizvoda. Manji dio viška električne i/ili toplinske energije moguće je isporučiti u elektroenergetski sustav ili manjim potrošačima bez vidnog utjecaja na troškove proizvodnje i distribucije energije. Ekonomičan polumjer prikupljanja, pripreme i dobave obnovljive biljne i drvene mase od kogeneracijske postrojenja se procjenjuje oko 60 do 80 km. Multiplikacijom kapaciteta unutar ekonomičnog opsega obnovljivog energetske potencijala nužno se povećava ekonomični polumjer, što eksponencijalno povećava troškove i ugrožava stabilnost opskrbe biomasom energetske postrojenja. Preklapanjem ekonomičnog opsega dobave biomase više kogeneracijske postrojenja značajno se povećava njena jedinična cijena, razvijaju se različiti utjecaji koji značajno utječu na kvalitetu i rast cijene proizvodnje električne i toplinske energije.

Za tri regije u RH, u tablici 2. prikazani su energetske potencijali obnovljive biljne i drvene biomase u odnosu na prijeporne prijedloge brze izgradnje energetske kapaciteta procjenjujući vrlo učinkovito i prosječno prikupljanje, pripremu i dopremu obnovljive biomase.

Nerazmjernim odnosom energetske potencijala prikupljene obnovljive biomase te odabira lokacije namjere izgradnje i namjene kapaciteta kogeneracijske postrojenja proširuje se opseg dobave i nepredvidivo mogu rasti jedinične cijene i stabilnost opskrbe biomasom. Uočena je nedovoljna količina prikupljene obnovljive biljne i drvene biomase za stabilnu opskrbu većeg broja kogeneracijske i energetske postrojenja (cca 20 do 44%), što



doprinosi varijabilnosti troškova proizvodnje električne, a naročito toplinske energije isporučene potrošačima proizvodnih djelatnosti, stambenih i društvenih građevina.

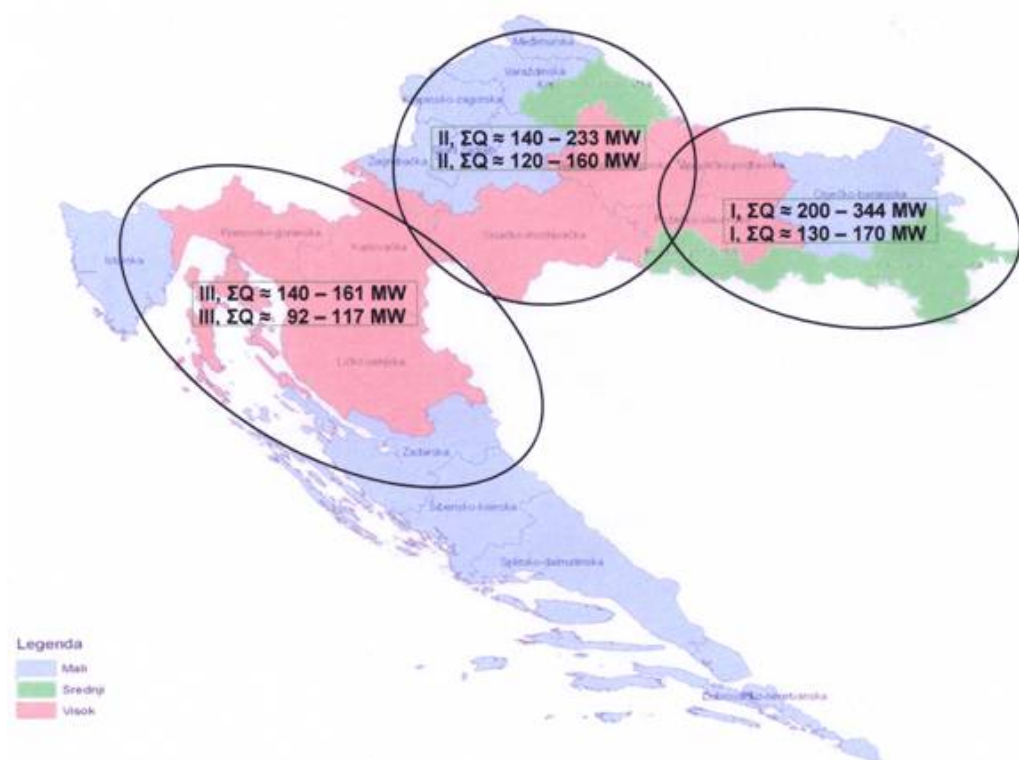
Tablica 2. Energetski potencijal obnovljive biljne i drvene biomase u regijama RH u odnosu na prijedloge izgradnje kapaciteta energetskih postrojenja

Regije	Županije	Učinkovito prikupljanje, priprema i doprema obnovljive biomase (raspoloživi energetski potencijal), EP _{uč.} MW			Prosječno prikupljanje, priprema i doprema obnovljive biomase (raspoloživi energetski potencijal), EP _{pr.} MW			Invest., prijedl. izgrad., I _{opt.} MW Kogen.+ energ.p	EP _{uč.} / I _{opt.} EP _{pr.} / I _{opt.}
		Obnovlj. šum.bm.	Drvena industrija	Poljoprivr. ostaci	Obnovlj. šum.bm.	Drvena industrija	Poljoprivr. ostaci		
Regija I	Pož.-Sl. Br.-Pos. Vi.-Pod. Os.-Bar. Vuk.-Sr.	≈ 90 – 114	≈ 20	≈ 90 – 110	≈ 60 – 80	≈ 20	≈ 50 – 70	≈ 210 – 295	0,9 – 0,83 0,62 – 0,57
Regija II	Bj.-Bilo. Kop.-Kž. Kr.-Zg. Međ. Varaž. Zag.+Zg	≈ 95 – 120	≈ 25	≈ 70 – 88	≈ 60 – 85	≈ 25	≈ 35 – 50	≈ 250 – 325	0,76 – 0,71 0,48 – 0,49
Regija III	Istarska Karlov. Li.-Senj. Pr.-Gor. Zadar.	≈ 90 – 107	≈ 32	≈ 18 – 22	≈ 50 – 70	≈ 32	≈ 10 – 15	≈ 140 – 210	1,0 – 0,77 0,66 – 0,56
Ukupno, MW		≈ 530 – 638			≈ 342 – 447			≈ 600 – 830	0,8 – 0,56

U tri regije RH nedovoljno je izražena dinamička sinkroniziranost namjera i brzine izgradnje različitih kapaciteta kogeneracijskih i energetskih postrojenja sa tehničkim i organizacijskim mogućnostima korištenja energetskog potencijala obnovljive biomase.

Uvažavajući značajni obnovljivi energetski potencijal te dinamiku tehničkog i organizacijskog razvoja prikupljanja, pripreme i dopreme biomase, predloženi su ukupni izvedbeni energetski kapaciteti unutar tri regije RH sa stabilnim opsegom zahvata biomase (slika 4.).

Lokacija i dinamika izgradnje kogeneracijskih postrojenja ovisi o ekonomičnom polumjeru, minimalnom preklapanju opsega i sposobnosti dobave biomase te stabilnosti i dugoročnoj gospodarskoj učinkovitosti prvenstveno potrošača toplinske energije tijekom cijele ili većim dijelom godine.



Slika 4. Prijedlog izgradnje energetske kapaciteta s pogonom na obnovljivu biljnu i drvenu biomasu u RH – tri regije

5. Zaključak

Lokacija izgradnje i veličina kapaciteta kogeneracijskog postrojenja unutar pojedine regije ovise o ekonomičnom polumjeru, minimalnom preklapanju opsega i sposobnosti dobave obnovljive biomase prosječne kakvoće. Potreban je racionalan pristup brzini izgradnje, izboru lokacije i namjeni primjerenih kapaciteta kogeneracijskog postrojenja razmjeno realnim tehničkim i organizacijskim mogućnostima prikupljanja biomase u duljem vremenskom razdoblju. Prikupljanje, priprema i doprema obnovljive biomase u ekonomičnom polumjeru (60 do 80 km) u duljem vremenskom razdoblju zalog su učinkovitim radu centralnog kogeneracijskog postrojenja.

U našoj zemlji racionalnu perspektivu imaju kogeneracijska postrojenja s pogonom na biomasu ako su većim dijelom neposredno povezana sa većim potrošačima toplinske pa tek onda električne energije i koja nisu značajno izložena oscilacijama tržišta i smanjenju potražnje i cijene proizvoda. Stabilnost snabdjevanja, kakvoća i cijena biomase u ekonomičnom polumjeru značajni su za ukupnu učinkovitost proizvodnje i potrošnje energije. Zbog nestalnosti tržišta, promjenjive i labilne ekonomske sposobnosti stanovništva te njihovoj težnji izlazu u individualizaciji, upitna je dugoročna ekonomičnost brze izgradnje više kogeneracijskih postrojenja u slabije naseljenim i gospodarski sporo razvijanim područjima, jer prema procjenama i obilan resurs biomase nije dovoljan multiplikator za cjelovitu gospodarsku, ekološku, energetske i inu učinkovitost.



6. Literatura

- [1] Group Authors, Obnovljivi izvori energije, Energetika marketing d.o.o., Zagreb, 2002.
- [2] Čikić, Ante. Idejni prijedlog - energija biomase u funkciji proizvodnje i ekologije, Luxar – Elektroterm, Zagreb – Bjelovar, 2009.
- [3] Christersson, L.; Sennerby-Forsse, L.; Zsuffa, L. The role and Significants of Woody Biomass Plantations in Swedish Agriculture, The Forestry Chronicle, Vol. 69, No. 6, Švedska, 1993.
- [4] Richardson, J. et. al., Bioenergy from Sustainable Forestry, Kluwer Academic Publisher, 2002.
- [5] Čikić, Ante; Kondić, Živko. Research of Waste Biomass Technical and Economic Value as one of Technological and Energetic Development Criteria of Wood Processing Plants, Tehnički vjesnik, Vol 17. No.1, ožujak 2010, str. 53 – 59.
- [6] Dundović, Josip. Hrvatske šume, HSD sekcija Hrvatske udruge za biomasu, HGK ŽK Varaždin, 25 – 27 veljača 2008.
- [7] Loo van Koppejan, J.. Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, Twente University Press, Enschede, 2002.
- [8] Madlener, R.; Myles, H. Modeling Socio-Economics Aspects of Bioenergy Systems – A Survey prepared for IEA Bioenergy Task 29., www.iea-bioenergy-task29.hr, pp 37
- [9] Clarke, J. F.; Edmonds, J. A. Modelling energy technologies in a competitive market, Energy Economics, pp 123-129, 1993.
- [10] Zakon o energiji, NNRH 68/2001.
- [11] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2007/1082.htm>.



Energetska učinkovitost pri dobivanju toplinske energije iz obnovljivih izvora

Energy efficiency of obtaining energy for heating from renewable resources

M.Duspara^{1,*}, G.Mijušković², J.Kopač², M. Stoić³, A.Stoić¹

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

²Strojniški fakultet, Ljubljana, Slovenija

³ĐĐ Aparati, Slavonski Brod, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: mduspara@sfsb.hr

Sažetak

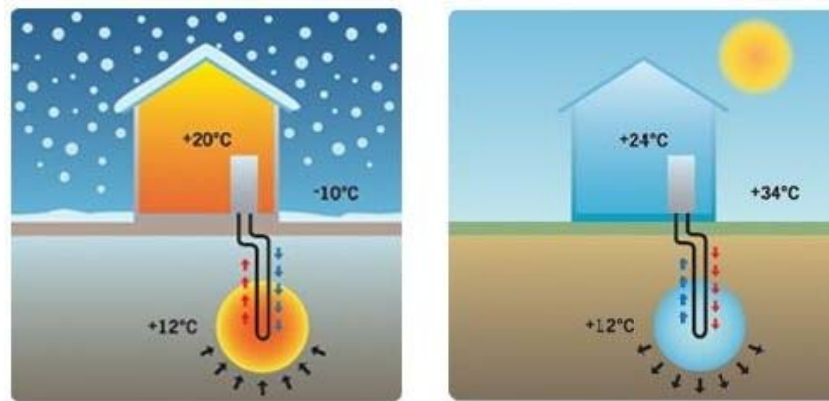
Obnovljivi izvori energije imaju značajnu ulogu u smanjivanju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) i ostalih stakleničkih plinova što je podjednako važan cilj na razini EU i za Hrvatsku. Povećani udio obnovljivih izvora povećava ukupnu održivost te doprinosi sigurnosti opskrbe energijom u vremenu rastuće ovisnosti o uvozu i nestabilnih cijena energije. Obnovljivi izvori već danas mogu biti i ekonomski konkurentni u pojedinim slučajevima, a njihova puna konkurentnost s fosilnim izvorima energije se očekuje u skorom razdoblju. Obnovljivi izvori energije izrazito su zahtjevno područje ljudskog djelovanja te zbog svojih osobitosti i različitih čimbenika koji određuju mogućnosti i načine njihova korištenja zahtijevaju multidisciplinarni pristup i sudjelovanje različitih struka i znanstvenih disciplina. U radu je posebna pozornost posvećena toplinskim pumpama, principu rada, njihovoj energetskej učinkovitosti, te je prikazana ušteda i vrijeme povrata uloženog kapitala.

Abstract

Renewable energy sources play a significant role in curbing emissions of carbon dioxide (CO₂) and other greenhouse gases which is equally important objective at the EU and Croatia. Increased share of renewable energy sources increases the overall sustainability and contributes to security of energy supply in a time of growing dependency on volatile energy prices. Renewable sources today can be economically competitive in some cases, their full competitive with fossil energy sources are expected in the near term. Renewable energy sources are extremely complex area of human endeavor, and because of its peculiarities and the different factors that determine the possibilities and methods of their use requires a multidisciplinary approach and the participation of various professions and disciplines. In this paper special attention to heat pumps, the principle of work, their energy efficiency, and was shown during the savings and return on invested capital.

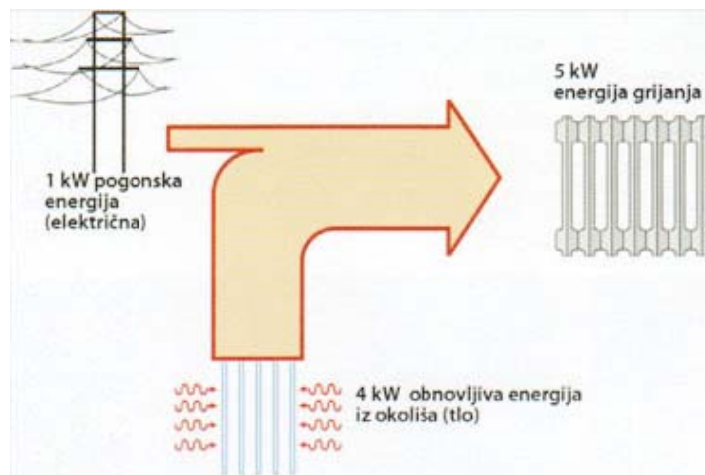
Ključne riječi: toplinske pumpe, energetska učinkovitost, ušteda

1. Uvod



Slika 1. Prijenos topline iz tla zimi i ljeti [1]

Toplinske pumpe, toplinske crpke odnosno dizalice topline su uređaji koji nam omogućuju prijenos topline s hladnijeg tijela na toplije, što je proces koji se u prirodi sam od sebe ne odvija. Na primjer, stavimo li ruku na hladan stol toplina će prijeći sa ruke na stol te će se stol zagrijati. Ukoliko želimo obrnuti proces potrebna nam je toplinska pumpa. Drugi naziv za toplinsku pumpu jest i dizalica topline.

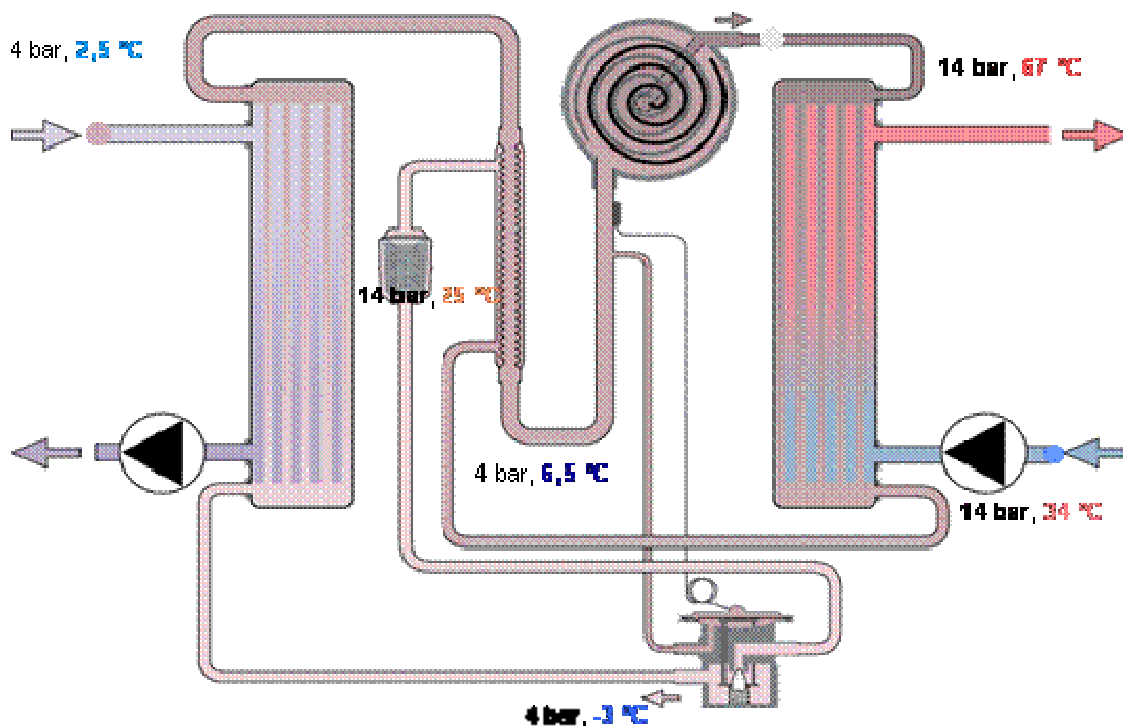


Slika 2. Učinkovitost toplinskih pumpi [2]

Za opisivanje kvalitete i isplativosti sustava sa toplinskim pumpama koristi se termin koeficijenta performanse (COP). On se kreće u rasponu od dva do pet, a prikazuje nam odnos uložene i dobivene energije. Drugim riječima ukoliko nam sustav ima COP 4, 25% energije je potrebno uložiti u obliku električne energije potrebne za rad kompresora, a 75% energije se dobiva iz tla. Naravno, tlo nema namjeru svoj dio energije naplatiti tako da se u ovom jednostavnom slučaju račun za grijanje smanjuje tek na dio električne energije potreban za rad pumpe [3].

2. Princip rada

Proces rada toplinske pumpe može se podijeliti u četiri osnovna koraka:



Slika 3. Princip rada toplinske pumpe [4]

1. U isparivaču se radnome mediju, plinu R407C, dovodi neprimjetna toplina zemlje ili zraka, plin se zagrijava na 3 do 7 °C, isparava, te prelazi iz tekućeg u plinovito agregatno stanje.
2. Radni se medij potom komprimira u kompresoru uslijed čega mu raste tlak, a s porastom tlaka i temperatura (65°C). Za taj proces potrebno je 25% dodatne (električne) energije.
3. Toplinska energija dobivena stlačivanjem radnoga medija izravno se prosljeđuje polaznom vodu našeg sustava grijanja. Radni medij na taj se način pothlađuje, kondenzira, te prelazi u tekuće agregatno stanje.
4. Putem dekomprimiranja radnoga medija u ekspanzijskom ventilu, uslijed naglog pada tlaka, radni medij ponovo se znatno pothlađuje tako da je iznova u stanju primiti dovedenu toplinu okoline.



3. Troškovi toplinskih pumpi

Iako je svakom kućevlasniku najvažniji odgovor na pitanje koliko to košta pa ekološke pogodnosti i dugoročnu isplativost potiskuje u drugi plan, jednoznačnih i preciznih odgovora nema. Uz izvedbu podnog grijanja prosječni sustav s toplinskom pumpom košta od 10.000 do 20.000 EUR. Dok su cijene energenata prikazane u tablicama ispod, iz tablica se može utvrditi velika ušteda u energiji i smanjenju emisije CO₂ u zrak.

Klasični sustavi:

- zemni plin 2,77 kn/m³
- UNP 5,9 kn/kg
- lož ulje 5,23 kn/L
- elektro-otporno 0,72 kn/kWh, srednja

Alternativni sustavi:

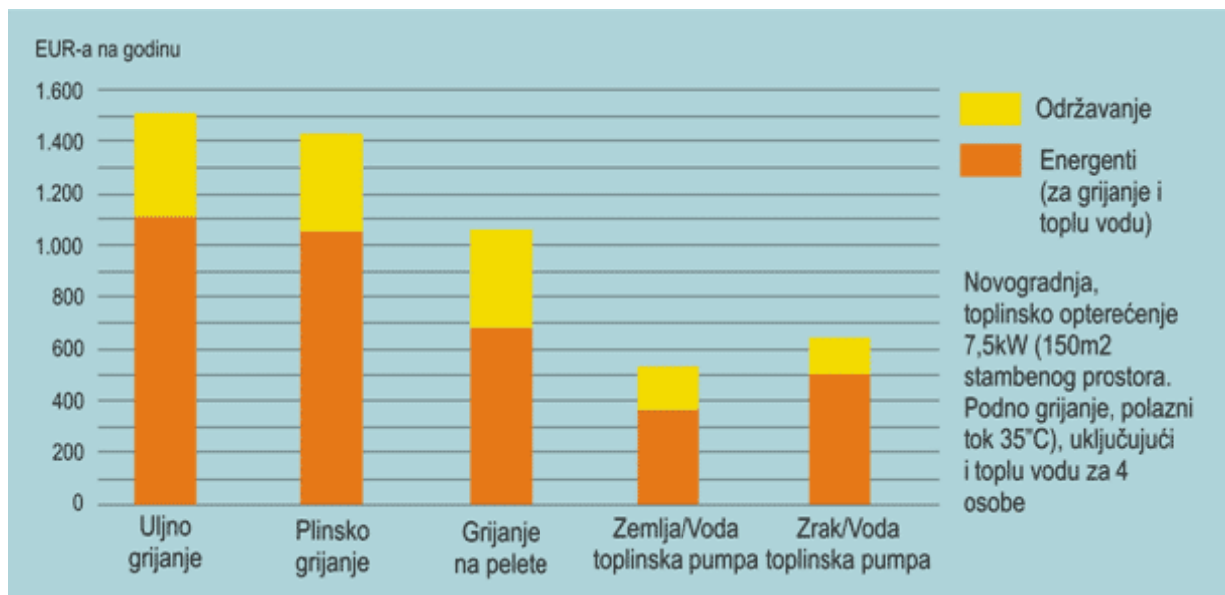
- toplinska pumpa zrak-voda COP=3,3
- toplinska pumpa tlo (sonda)-voda COP=4,3
- toplinska pumpa voda-voda COP=5,5

Tablica 1. Potrošnja energenata (EUR/god)

kWh/god	ZP	UNP	EL LU	EO	TP 3,3	TP 4,3	TP 5,5
5000	1.752	2.724	2.564	3.600	1.091	837	655
10000	3.504	5.448	5.127	7.200	2.182	1.674	1.309
50000	17.521	27.242	25.637	36.000	10.909	8.372	6.545
100000	35.041	54.483	51.275	72.000	21.818	16.744	13.091
500000	175.206	272.417	256.373	360.000	109.091	83.721	65.455
1000000	350.411	544.833	512.745	720.000	218.182	167.442	130.909

Tablica 2. Emisija CO₂ (kg/god)

kWh/god	ZP	UNP	EL LU	EO	TP 3,3	TP 4,3	TP 5,5
5000	1.202	1.339	1.275	1.512	458	352	275
10000	2404	2678	2549	3024	916	703	550
50000	12.018	13.390	12.745	15.120	4.582	3.516	2.749
100000	24.035	26.780	25.490	30.240	9.164	7.033	5.498
500000	120.177	133.900	127.451	151.200	45.818	35.163	27.491
1000000	240.354	267.799	254.902	302.400	91.636	70.326	54.982



Slika 4. Usporedba troškova energenata i održavanja [5]

Investicije u sustave dizalica topline kreću se na razini 500 kn/m² ovisno o složenosti instalacije i tipu regulacije sustava čak do 2000 kn/m². Investicija klasičnog radijatorskog grijanja s kondenzacijskim plinskim aparatom je na razini 250-350 kn/m². Zadaća svakog projektanta strojarских termo-tehničkih sustava je osmisliti i projektirati sustav koji će imati što kraće vrijeme izjednačavanja troškova početne investicije kroz pogonske uštede projektiranog visoko efikasnog toplinskog sustava. Ekološki i učinkovitiji energetske sustavi (standardna rješenja) imaju početnu investiciju 2-3 puta veću od klasičnog sustava grijanja, ali se zato u samom pogonu može ostvariti znatna ušteda sa sustavom dizalice topline.

4. Vrijeme povrata investicija

Plava krivulja (S1) – kamatna krivulja uštede kao posljedica razlika u pogonu

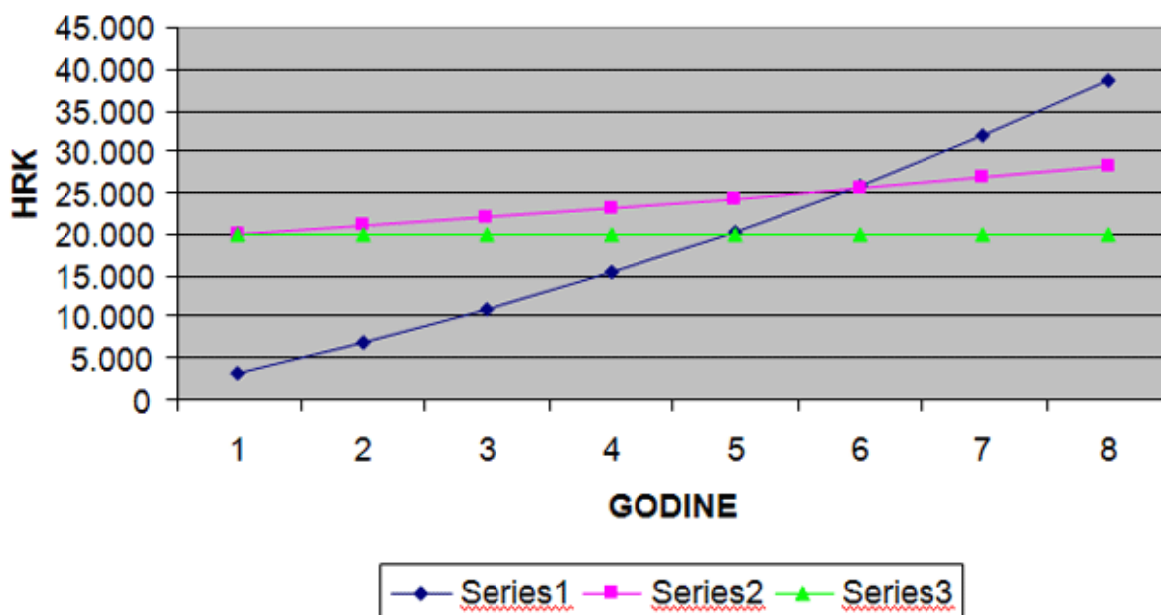
Ljubičasta krivulja (S2) – kamatna krivulja razlike investicija

Zelena krivulja (S3) – razlika investicija, može se spuštati dodatnim subvencijama

MODEL 1A – klasična obiteljska kuća površine 200 m² s godišnjom potrebom na razini od $Q_{hnd}''=100 \text{ kWh/m}^2$ ili $Q_{hnd}=20000 \text{ kWh}$, sustav: dizalica topline zrak-voda COP 3.3, podno grijanje i PTV u rangu 450 kn/m². Klasičan plinski sustav grijanja bi imao vrijednost u rangu 350 kn/m². Promatra se razlika dva sustava



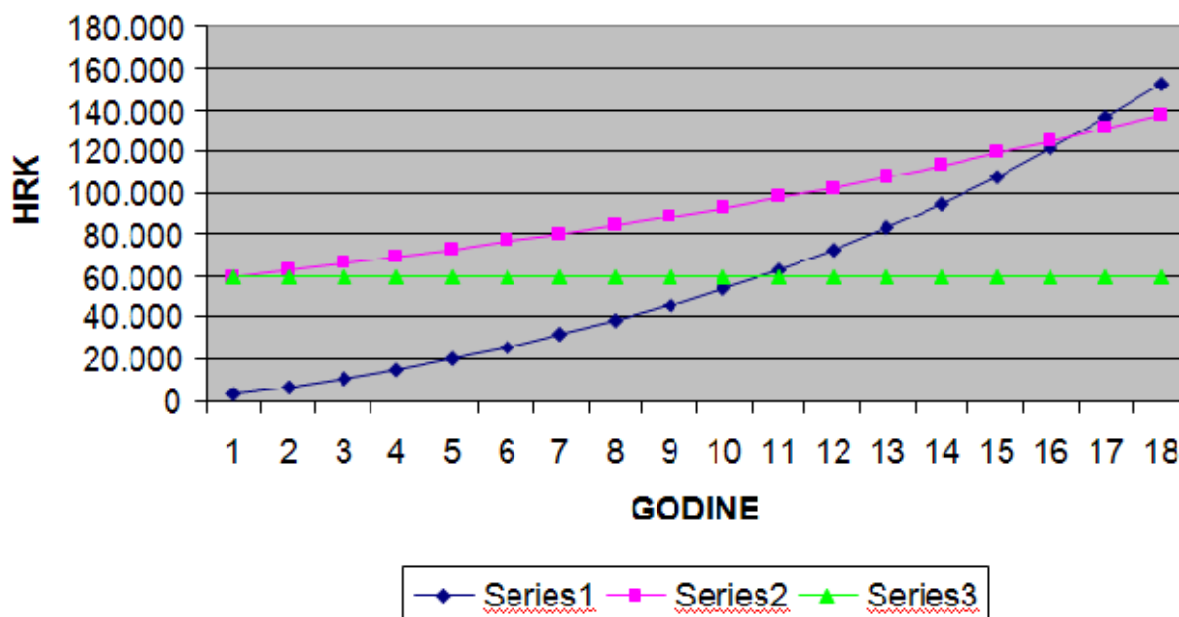
ZEMNI PLIN – DIZALICA TOPLINE



Slika 5. Model povrata investicija 1A [6]

MODEL 2A – klasična obiteljska kuća površine 200 m² s godišnjom potrebom na razini od $Q''_{hnd}=100 \text{ kWh/m}^2$ ili $Q_{hnd}=20000 \text{ kWh}$, sustav: dizalica topline tlo (sonda)-voda COP 4.3, podno grijanje i PTV u rangu 650 kn/m². Klasičan plinski sustav grijanja bi imao vrijednost u rangu 350 kn/m². Promatra se razlika dva sustava.

ZEMNI PLIN – DIZALICA TOPLINE

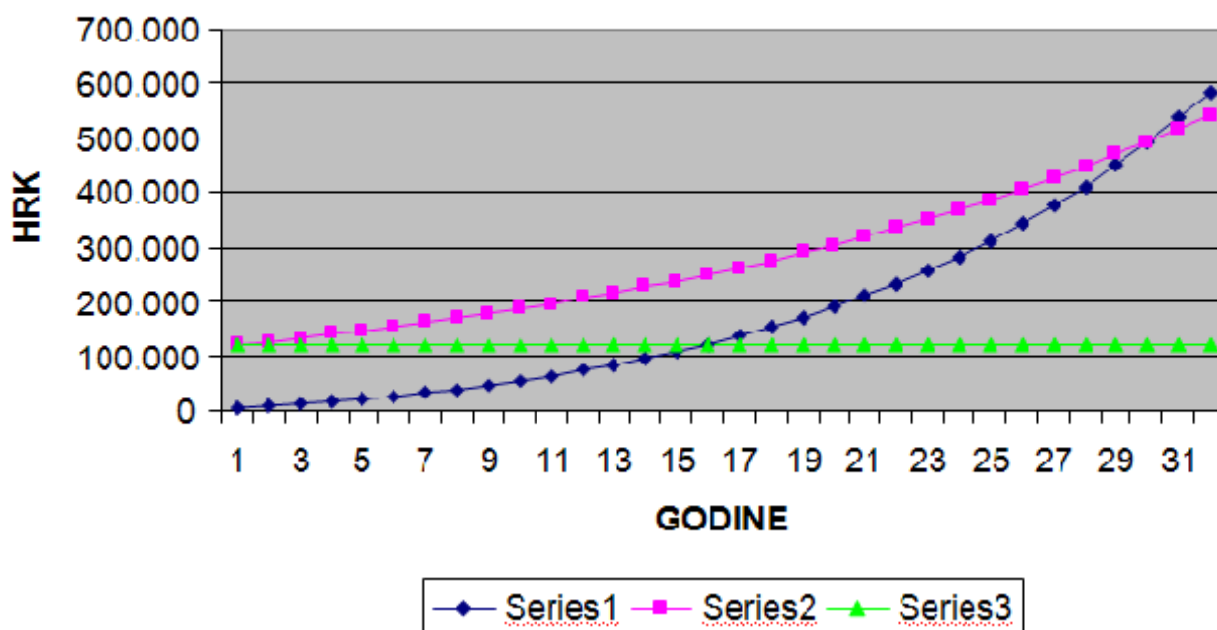


Slika 6. Model povrata investicija 2A [6]



MODEL 3A – klasična obiteljska kuća površine 200 m² s godišnjom potrebom na razini od $Q''_{\text{hnd}}=100 \text{ kWh/m}^2$ ili $Q_{\text{hnd}}=20000 \text{ kWh}$, sustav: dizalica topline voda-voda COP 5.5, podno grijanje i PTV u rangu 950 kn/m². Klasičan plinski sustav grijanja bi imao vrijednost u rangu 350 kn/m². Promatra se razlika dva sustava.

ZEMNI PLIN – DIZALICA TOPLINE



Slika 7. Model povrata investicija 3A [6]

Što je građevina manja to se sporije podiže krivulja uštede jer je ta krivulja usko vezana uz godišnju potrebu energije. Potom se iz količine energije i potrebnih energenata dobiva cijena pogona, a iz razlike cijena pogona i krivulja uštede. Kako raste površina građevina tako opada i specifična cijena investicije po m². U slijedećih par modela biti će prikazana građevina nešto veće površine da se dobije osjećaj kretanja krivulja.

5. Zaključak

Kod određivanja početne investicije potrebno je napraviti grubu procjenu koliko bi neki sustav koštao, te kada bi se anulirala početna investicija u odnosu na postignutu uštedu u pogonu. Što je veća površina građevine to će se javljati i veća razlika u pogonu dva energenta te će se brže podizati krivulja uštede. Kod malih objekata treba paziti da se ne pretjera sa stupnjem složenosti instalacije jer se nikada neće postići izjednačenje zbog malog utroška energije.



Pravilnim odabirom složenosti sustava mora se postići da se izjednačenje dogodi barem na 2/3 životnog vijeka instalacije i uređaja, da se ima osnove govoriti o uštedi u pogonu.

6. Literatura

- [1] <http://www.toplinskepumpe.com/2011/04/toplinske-pumpe-savrseno-rjesenje-i-za-ljetne-dane/>
- [2] <http://www.geo-solar.hr/toplinske-pumpe/princip-rada.html>
- [3] <http://www.zelenaenergija.org/geotermalna-energija-toplinske-pumpe/>
- [4] http://www.luk.ba/proizvodi/top_pupme.php
- [5] http://www.frigan.hr/frigan/cms_view.asp?articleID=46
- [6] <http://www.zelenaenergija.org/vrijeme-povrata-investicije-u-sustav-grijanja/>



Analiza ugradnje kogeneracijskog postrojenja za opskrbu toplinskom energijom stambenih zgrada u Varaždinu

Installation analysis of a cogeneration plant for heat supply of residential buildings in Varazdin

Tomislav Benčić^{1,*}, Branko Šanjek²

¹Grijanje Varaždin d.o.o., Međimurska 31, 42 000 Varaždin

²Termoplin d.d., Vjekoslava Špinčića 78, 42 000 Varaždin

*Autor za korespondenciju. E-mail: bencic@termoplin.com

Sažetak

Smanjiti troškove u proizvodnji toplinske energije postaje sve važniji zahtjev u postizanju konkurentnosti toplinske energije. Time se izravno utječe i na cijenu toplinske energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode stanova koji se toplinskom energijom opskrbljuju preko zajedničkih (blokovskih) kotlovnica.

U radu se daje analiza ugradnje kogeneracijskog postrojenja u takvoj kotlovnici, a koja se temelji na konkretnim rezultatima i iskustvima dobivenim u praksi na temelju upravljanja kogeneracijskim postrojenjem Termoplin.

Ključne riječi: kogeneracija, toplinska energija

Abstract

To reduce the cost of heat production is becoming increasingly important requirement in achieving competition for thermal energy. Thus directly affects the price of thermal energy for heating and preparation of domestic hot water for flats that supplies with thermal energy through common (block) boilers.

This work presents an analysis of installing a cogeneration plant in such a boiler, which is based on actual results and experience gained in practice based on the management of cogeneration plants Termoplin.

Keywords: cogeneration, thermal energy

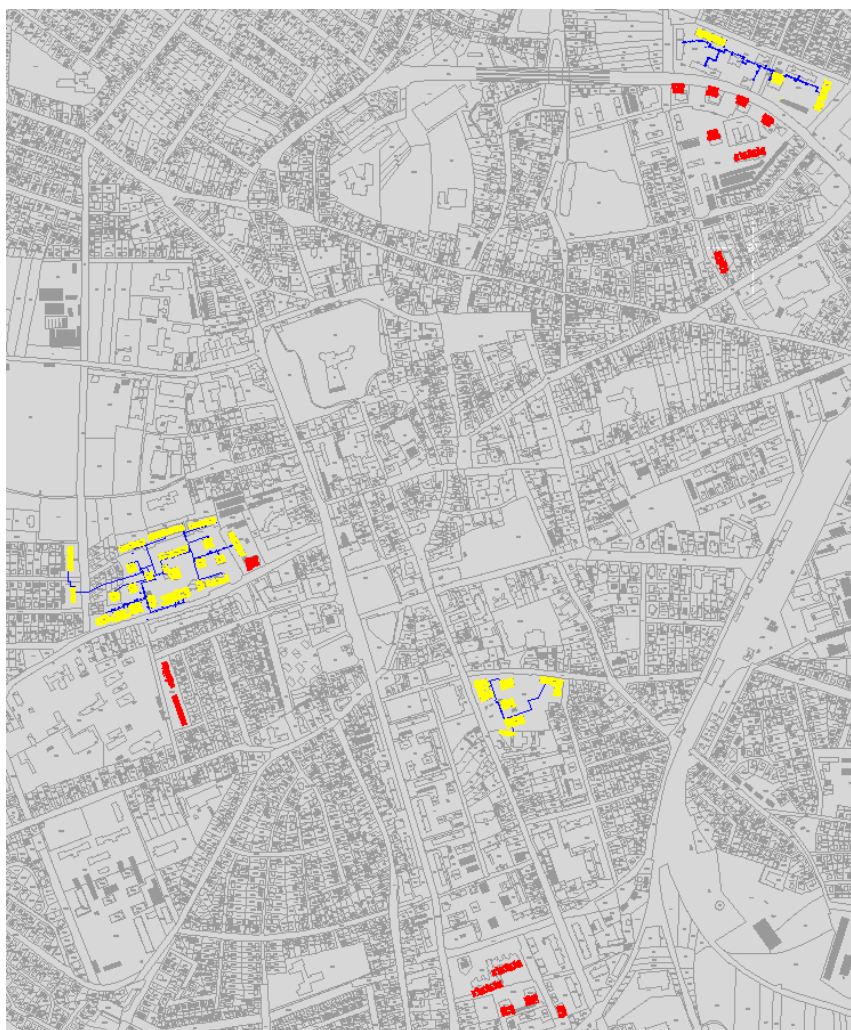


1. Opis toplinskog sustava u gradu Varaždinu

Toplinski sustav u gradu Varaždinu star je u prosjeku preko 30 godina i sastoji se od 17 kotlovnica preko kojih se toplinskom energijom opskrbljuje 2.400 stambenih i 50 poslovnih prostora. Ukupno instalirani toplinski kapacitet kotlova je 40,8 MW. Već iz ovih podataka može se zaključiti da se ne radi o centralnom toplinskom sustavu (CTS) kao što je to npr. u Zagrebu i Osijeku.

Na centralne kotlovnice spojeno je 30 toplinskih stanica (28 direktne i 2 indirektna) s ukupnom duljinom toplinske mreže od 2100 m. Centralne kotlovnice rade na temperaturnom režimu 80/60 °C, pri tlaku od 4 bara.

Ostale kotlovnice (krovne i kotlovnice u suterenu) opskrbljuju toplinskom energijom zgradu u kojoj je kotlovnica smještena. Temperaturni režim je 80/60 °C, pri tlaku do 2,5 bara. U tim kotlovnicama praktički nema distribucije, već samo proizvodnja i opskrba toplinskom energijom.



Slika 1. Karta grada Varaždina s ucrtanim kotlovnicama i TS



Toplinski sustav u gradu Varaždinu od samog početka dobro je održavan, a unazad nekoliko godina, u skladu s ekonomskim mogućnostima, napravljeno je dosta na smanjenju potrošnje plina u kotlovnica, odnosno na smanjenju gubitaka u proizvodnji i distribuciji toplinske energije. Racionalnim vođenjem unazad 10 godina potrošnja plina u kotlovnica smanjena je za 30%. Smanjenje potrošnje plina, struje i vode postignuto je stalnim investicijama u sustav toplinske energije, praćenjem rada postrojenja, poboljšanjem regulacije i racionalnim vođenjem kotlovnica uz zadržavanje kvalitete usluge našim korisnicima.

Od značajnih poboljšanja možemo spomenuti rekonstrukciju toplovoda gdje su ugrađene predizolirane cijevi s integriranom žicom za detekciju vlage, zamjena automatike za grijanje i pripremu PTV, zamjena protustrujnih shell&tube izmjenjivača topline za pripremu PTV u kotlovnica i toplinskim stanicama za pločaste izmjenjivače topline koji zauzimaju manje prostora, imaju bolji koeficijent prijelaza topline, brži odaziv, te se lakše čiste. Ugrađeni su novi plinski plamenici s regulatorima koji omogućuju kliznu regulaciju rada plamenika, a radi uštede električne energije u centralnim kotlovnica na glavne pumpe ugrađena je frekventna regulacija.

Svako ulaganje u modernizaciju toplinskog sustava ima za cilj smanjenje potrošnje energanata i poboljšanje usluge kupcima. Međutim, velike mogućnosti u smanjenju potrošnje toplinske energije mogu se postići u samim zgradama. To se najbolje vidi na primjeru individualnog mjerenja toplinske energije. Iskustva s ugradnjom razdjelnika utroška toplinske energije i termostatskih ventila pokazala su da se uštede na razini zgrade kreću od 20 do 30 %. Ne znači da su svi stanovi unutar zgrade ostvarili takve uštede, jer one ovise o položaju stana u zgradi, stanju stolarije, ponašanju stanara, i mnogim drugim parametrima. Neki su u boljem položaju i imaju mogućnosti ostvariti veće uštede, dok neki možda plaćaju i više nego prije.

Problemi s kojima se suočavamo, a o kojima je javnost dosta informirana, prisutni su u cijelom toplinskom sektoru u Hrvatskoj. Bez obzira na tehničke različitosti toplinskih sustava od grada do grada, kod svih je već dulje vrijeme prisutan problem neusklađenosti cijene toplinske energije s ulaznim troškovima, a posljedica toga je teška financijska situacija u kojoj se nalaze energetske subjekti koji se bave toplinskom energijom.

Smanjiti troškove u proizvodnji toplinske energije postaje sve važniji zahtjev u postizanju konkurentnosti toplinske energije. Time se izravno utječe i na cijenu toplinske energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode stanova koji se toplinskom energijom opskrbljuju preko zajedničkih (blokovskih) kotlovnica.

Naša razmišljanja u ovom trenutku ne daju preveliki optimizam mogućnosti daljnjeg razvoja toplinske energije u gradu Varaždinu, a što je dodatno potaknuto trenutnim raspoloženjem kupaca koji sve više razmišljaju o drugim rješenjima.



2. Opis kogeneracijskog postrojenja TERMOPLIN

Termoplin d.d. Varaždin još je 2005. godine krenuo s promoviranjem novih tehnologija primjene prirodnog plina u mikrokogeneracijskom postrojenju. Te godine realiziran je projekat izgradnje mikrokogeneracijskog postrojenja koje se sastoji od plinskog motora s unutarnjim izgaranjem i sinkronog generatora koje pri punom opterećenju daje 33 kW električne i 65 kW toplinske snage. Postrojenje je pušteno u pogon početkom 2006. godine i radi paralelno s niskonaponskom mrežom HEP-a, a ima i mogućnost otočnog rada. Postrojenje nije dio toplinskog sustava koji smo opisali u prvom dijelu ovoga rada već se proizvedena toplinska energija koristi za vlastite potrebe na lokaciji upravne zgrade Termoplina.



Slika 2. Kogeneracijsko postrojenje Termoplin

Postrojenje se sastoji od plinskog Otto motora s unutarnjim izgaranjem i sinkronog generatora. Sinkroni generator omogućuje rad neovisan o vanjskoj EE mreži.

Toplinska energija oduzima se od motora, sustava za podmazivanje i ispušnih plinova, te se preko pločastog izmjenjivača predaje sekundarnim korisnicima. U našem slučaju toplinska energija koristi se za grijanje i pripremu PTV. Cirkulacija rashladnog medija (omekšana voda i antifriz), na primarnoj strani pločastog izmjenjivača, osigurana je cirkulacijskom pumpom.

Drugom cirkulacijskom pumpom na sekundarnoj strani pločastog izmjenjivača osigurano je odvođenje toplinske energije na postojeće razdjeljivače u kotlovnici.

Za praćenje rada postrojenja ugrađena su slijedeća mjerila:

1. Mjerilo električne energije

Mjerilo utroška električne energije i snage ugrađeno je prema uvjetima iz elektroenergetskih suglasnosti, a smješteno je u postojećoj TS. Ugrađeno je elektronsko brojilo koje registrira radnu energiju (u oba smjera protoka el. energije), jalovu energiju (u četiri kvadranta i sumiranje energije u pojedinim kvadrantima), s

tarifnim uređajem za mjerenje vršnog opterećenja (radne snage u oba smjera i jalove snage u četiri kvadranta i sumiranje u pojedinim kvadrantima) i komunikatorom.

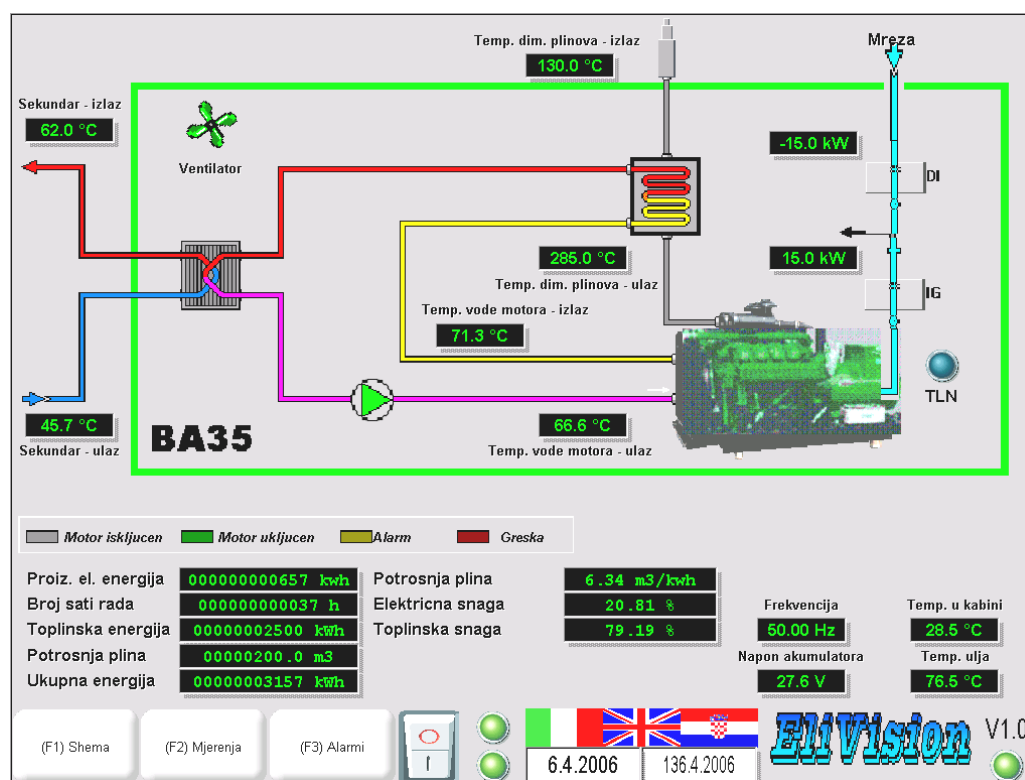
2. Mjerilo toplinske energije

Radi praćenja i mjerenja toplinske energije koju proizvodi kogenerator, na priključcima kogeneratora na postojeće razdjeljivače u kotlovnici ugrađeno je ultrazvučno mjerilo toplinske energije.

3. Mjerilo potrošnje plina

U mjerno redukcijskoj stanici koja se nalazi pokraj kotlovnice ugrađeno je posebno rotacijsko plinsko brojilo samo za kogenerator. Na kogenerator se dovodi plin tlaka 20 mbara, a u opsegu isporuke kogeneratora je potrebna plinska oprema – elektromagnetski ventil, presostati tlaka plina i manometar.

Ugradnjom navedenih mjerila i povezivanjem s komandnim uređajem kogeneratora i računalom omogućeno je praćenje svih ulaznih i izlaznih parametara potrebnih za analizu rada postrojenja.



Slika 3. Shema postrojenja s prikazom veličina potrebnih za praćenje rada postrojenja

Proizvedena električna energija predaje se u elektroenergetski sustav, te se naplaćuje po poticajnoj cijeni sukladno ugovoru koji imamo sklopljen s HROTE-om od kolovoza 2010. godine.



Tablica 1. Ostvareni rezultati

Ostvareni rezultati do 01.09.2011. godine	
Broj sati rada	16 500 h
Ukupno proizvedena električna energija	448 MWh
Ukupno proizvedena toplinska energija	830 MWh
Prosječna električna snaga	27,1 kW
Prosječna toplinska snaga	50 kW
Prosječna potrošnja goriva	9,9 m ³ /h
Prosječno opterećenje postrojenja	82 %

Nakon sklapanja Ugovora s HROTE-om u kolovozu 2010. godine, u elektroenergetski sustav predano je 33 MWh po prosječnoj poticajnoj cijeni 0,7725 kn/kWh.

Na realizaciju ovog projekta posebno smo ponosni. Izgradnja postrojenja počela je i završila prije stupanja na snagu podzakonskih akata iz područja obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Bilo je puno otvorenih pitanja, na sve smo uspješno odgovorili, tako da s tehničke strane nije bilo nikakvih problema. Nažalost, niske poticajne cijene za proizvedenu električnu energiju i visoke cijene ulaznog energenta (prirodni plin) produljuju vrijeme povrata ove investicije.

Tablica 2. Poticajne cijene za kogeneracijska postrojenja

Grupa	Tip postrojenja	C (kn/kWh) od veljače 2010.		C (kn/kWh) od siječnja 2011.	
		VT	NT	VT	NT
3.a.	Mikro-kogeneracije (do 50 kW)	0,9814	0,5148	0,9791	0,5136
3.b.	Male kogeneracije (od 50 kW do 1 MW)	0,8205	0,4183	0,8186	0,4173
4.a.	Srednje kogeneracije (od 1 MW do 35 MW)	0,7079	0,3539	0,7062	0,3531
4.b.	Velike kogeneracije (veće od 35 MW)	0,4826	0,2413	0,4815	0,2408

Na temelju praktičnog iskustva i konkretnih rezultata dobivenih na kogeneracijskom postrojenju Termoplina i s obzirom na prikazane poticajne cijene možemo naglasiti slijedeće zaključke:

- poticajne cijene su relativno male i ne isplati se rad kogeneracijskog postrojenja samo radi proizvodnje i prodaje električne energije,



- kogeneracijska postrojenja projektiraju se prema stalnim potrebama za toplinskom energijom kako bi se ostvario što veći broj sati rada postrojenja na godinu,
- kad bi se proizvedena toplinska energija prodavala po cijeni da pokrije troškove pogona kogeneracijskog postrojenja (najveći trošak je plin), uz prikazane poticajne cijene za električnu energiju i uz našu želju da se investicija isplati za 5 godina, postrojenje bi trebalo godišnje ostvariti 4500 sati rada.

3. Mogućnost ugradnje kogeneracijskog postrojenja za opskrbu toplinskom energijom stambenih zgrada u Varaždinu

S obzirom na postojeći toplinski sustav i poznavajući karakteristike rada kogeneracijskih postrojenja postoje dvije kotlovnice sa stalnom potrebom za toplinskom energijom tijekom cijele godine, jer se kupci opskrbljuju toplinskom energijom radi pripreme potrošne tople vode. U te dvije kotlovnice moguće je ugraditi kogeneracijsko postrojenje najveće snage do 500 kWt (400 kW_e) u kojima bi se moglo ostvariti do 6000 sati rada na godinu. Međutim, analiza povrata investicije uz sadašnje cijene plina, toplinske energije i poticajne cijene električne energije pokazale su nam da se kogeneracijsko postrojenje ne isplati.

Postoji nekoliko razloga zbog čega je ovo ulaganje vrlo riskantno. Modernizacija energetske postrojenja radi se za životni vijek od najmanje 20 godina. Unazad nekoliko godina prisutan je trend izdvajanja zgrada iz toplinskog sustava i prelazak na etažno plinsko grijanje. Takvom trendu posebno je pridonijela politika cijena plina koja je različita za kućanstva i za industriju, a Hrvatska je jedan od rijetkih ili jedina zemlja u okruženju u kojoj je cijena plina za industriju veća od cijene za kućanstva. Grad Varaždin u potpunosti je plinificiran i mogućnost priključka postoji za sve zgrade.

Iz svega ovoga može se zaključiti da će se kupci toplinske energije, vođeni politikom cijena energenata i željom da riješe pitanje grijanja na način da budu potpuno neovisni, i dalje izdvajati iz toplinskog sustava i prelaziti na etažno plinsko grijanje. Dakle, ne postoji ni garancija potrebnog toplinskog konzuma u budućnosti, tako da i to ide u prilog činjenici da u ovakvim okolnostima, investicija u kogeneracijsko postrojenje ne pokazuje preveliki optimizam, otvara pitanja bez čvrstih odgovora, te se može opisati kao preriskantno.



Energetske učinkovitosti zgrada *Energy Performance of Buildings*

H. Glavaš^{1,*}, M. Stojkov², T. Barić¹

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

²Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku,
Slavonski Brod, Hrvatska

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

Sažetak

U radu se analizira struktura potrošnje energije i opisuje način prenošenja EPBD 2002/91/EC u hrvatsko zakonodavstvo kao i zahtjevi EPBD II. Objašnjavaju se pojmovi složeni i jednostavni tehnički sustav, referentni i stvarni klimatski podaci, relativna vrijednost godišnje potrebne energije za grijanje nestambene zgrade i godišnja primarna energija. Opisuje se energetska pregled zgrade, sadržaj energetskog certifikata zgrade i postupak njegove izrade.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, energetska pregled, energetski certifikat

Abstract

The structure of energy consumption is analyzed here, a description of ways how to transfer EPBD 2002/91/EC in Croatian legislation and also requirements of EPBD II are given in the paper. The concepts of simple and complex technical systems, reference and actual climate data, the relative value of annual energy use for heating of non-residential buildings and the annual primary energy are explained in detail. The energy audits of buildings and determination of energy performance of buildings are described.

Keywords: energy efficiency, energy audit, energy certification

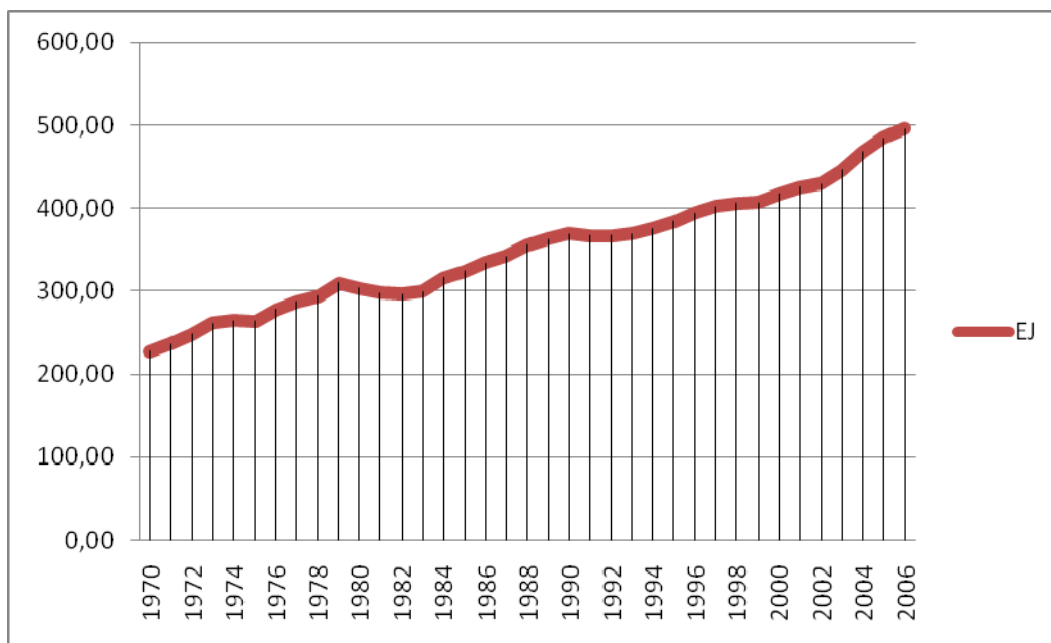
1. Uvod

U svijetu ograničenih prirodnih resursa konstantan rast populacije dovodi do porasta potrošnje energije. Slika 1. prikazuje porast potrošnje zadnja tri desetljeća. U navedenom intervalu populacija je narasla za 76 % a gledajući s današnjim danom 91 %.

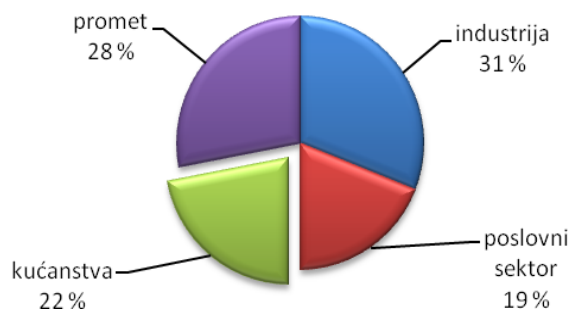
Zadovoljenje energetske potreba pojedinca moguće je jedino upotrebom mjera energetske učinkovitosti i racionalnom upotrebom energije. Analizirajući ukupnu potrošnju energije po područjima, slika 2., daljnja analiza biti će usmjerena na područje koje direktno ne sudjeluju u stvaranju nove vrijednosti tj. stambeni sektor, tablica 1.

Osim što trenutno Republika Hrvatska troši 16,5 % više primarne energije po jedinici BDP-a od prosjeka potrošnje u Europskoj uniji (EU27) struktura potrošnje energije

će sličiti strukturi potrošnje EU koja je prikazana slikama 3., 4. i 5.. Potrošnja energije u zemljama EU po sektorima prikazana je slikom 3.. Daljnjom analizom stambenog (slika 4.) i javnog (slika 5.) sektora možemo ustvrditi da se najviše energije koristi za grijanje.



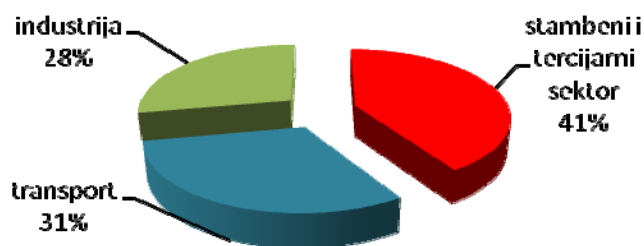
Slika 1. Potrošnja energije u svijetu u posljednja tri desetljeća



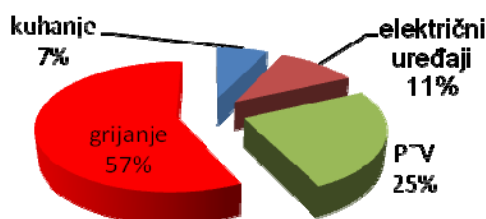
Slika 2. Potrošnja energije po područjima, EIA 2008

Tablica 1. Potrošnja energije stambenog sektora po aktivnostima, izvor: EIA 2008

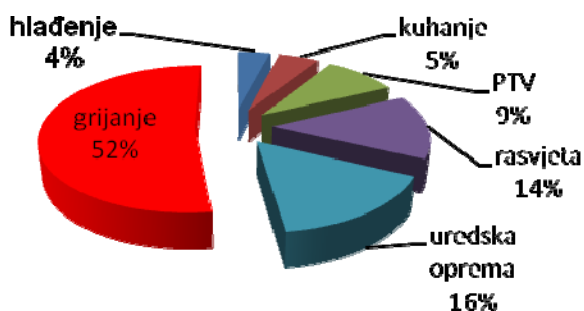
	javni sektor	kućanstva
grijanje	36%	41%
rasvjeta	21%	26%
ventilacija - hlađenje	15%	8%
priprema tople vode - PTV	8%	20%
hladnjaci - kuhinja	8%	5%
oprema	3%	
ostalo	9%	



Slika 3. Struktura potrošnje energije EU po područjima



Slika 4. Struktura potrošnje energije u stambenim zgradama EU



Slika 5. Struktura potrošnje zgrade javnog sektor EU

Strategija razvitka RH prepoznaje stambeni sektor kao područje značajne uštede "Kućanstva su najveći pojedinačni potrošač energije u Hrvatskoj, oko 30% od ukupne neposredne potrošnje energije, i najveći korisnik električne energije, preko 40% od ukupne neposredne potrošnje električne energije. Politika energetske učinkovitosti u sektoru kućanstava temeljit će se na povećanju svijesti građana o mogućim uštedama i poticajima kod planiranja i izgradnje stanova te ponašanju u skladu s načelima energetske učinkovitosti."¹

¹ NN 130/09 Strategija energetskega razvoja Republike Hrvatske



2. Energetska učinkovitost zgrada

2.1. Zakonska regulativa

EU podizanje energetske učinkovitosti stambenog sektora podupire donošenjem prve direktive o energetske svojstvu zgrada *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16. December 2002 on the energy performance of buildings* tzv. EPBD. Direktive obvezuju države članice da uspostave standarde energetske učinkovitosti tj. utvrde metodologiju za određivanje energetske svojstava zgrade, primijene minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti kod novih zgrada, provode redovite kontrole kotlova za grijanje i sustava za klimatizaciju i u konačnici certificiraju zgrade u kojima djeluju tijela državne uprave ukupne površine veće od 1000m². *Directive 2010/31/EC of the European parliament and of the Council of 19. May 2010 on the Energy Performance of Buildings*, tzv. EPBDII, člankom 11. zahtjeva izlaganje certifikata za zgrade javne namjene veće od 500m², a od 2015. veće od 250m². EPBDII člankom 9. zahtjeva donošenje nacionalnih planova za povećanje broja zgrada koje su skoro 0-energetske.

Direktiva o energetske svojstvu zgrada u hrvatsko zakonodavstvo prenesena je putem Zakona o prostornom uređenju i gradnji (NN76/07, NN38/09) [7] i Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN152/08) [9]. Narodne novine 113/08 i 89/09 donose Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada, a NN 36/10 Pravilnik o energetske certificiranju zgrada [10]. Trenutno koliko je poznato autorima na području energetske učinkovitosti u zgradarstvu primjenjujemo 63 aktualne hrvatske norme.

2.2. Podjele zgrada

Zgrade prema namjeni u skladu sa Tehničkim propisom o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN110/08 i NN89/09 možemo podijeliti na stambene i nestambene. Stambena zgrada je zgrada koja u cijelosti ili u kojoj je više od 90% bruto površine namijenjeno za stanovanje, odnosno koja nema više od 50m² neto podne površine u drugoj namjeni. Stambenom zgradom smatra se i zgrada s apartmanima u turističkom području. Nestambena zgrada je zgrada namijenjena obavljanju gospodarske djelatnosti, npr. proizvodne hale, radionice, skladišta, zgrade poljoprivrednih gospodarstava.

Najvažnija podjela s aspekta certificiranja u zgradarstvu je na zgrade s jednostavnim i složenim tehničkim sustavima.

Zgrade s jednostavnim tehničkim sustavom su:

- stambene ili nestambene zgrade bez sustava grijanja, hlađenja, ventilacije, te s individualnim sustavima za pripremu potrošne tople vode, i
- zgrade s pojedinačnim i centralnim izvorima topline za grijanje bez posebnih sustava za povrat topline, s razdiobom toplinske energije i s centralnim ili individualnim sustavima za PTV bez korištenja alternativnih sustava, te s pojedinačnim rashladnim uređajima, sustavima ventilacije bez povrata topline i ograničenjem buke u ventilacijskim sustavima bez dodatne obrade zraka.



Zgrade sa složenim tehničkim sustavima su:

- stambene ili nestambene zgrade s postrojenjima s centralnim izvorom topline za grijanje i/ili hlađenje zgrade, s centralnom pripremom potrošne tople vode, sa sustavima za mjerenje i razdiobu toplinske i rashladne energije, centralnim rashladnim sustavima, sustavima ventilacije i klimatizacije s povratom topline i ograničenjem buke, te dodatnom obradom zraka, i
- zgrade sa složenim sustavima za grijanje i hlađenje s korištenjem alternativnih sustava opskrbe energijom, centrale za daljinsko zagrijavanje i hlađenje, rashladna postrojenja, ventilacijski uređaji s reguliranim grijanjem i hlađenjem zraka i klima uređaji, uključujući i pripadajuće rashladne uređaje i druge zgrade koje nisu navedene kao zgrade s jednostavnim tehničkim sustavima.

Prema projektnoj temperaturi zgrade se dijele na: zgrade grijane na unutarnju temperaturu $\geq 18^\circ\text{C}$, zgrade grijane na unutarnju temperaturu između 12 i 18°C , zgrade unutarnje temperature $\leq 12^\circ\text{C}$ i negrijane ili kvazi negrijane zgrade u kojima se boravi. Grijanje zgrade na projektnu temperaturu predstavlja 50-60 % potrošnje energije. Od te količine 70 % su gubici transmisijom kroz prozore i zidove. Potrošnja prosječne zgrade kreće se od 200 do 280 kWh/m^2 . Zgrade građene sukladno trenutnim zahtjevima troše ispod 100 kWh/m^2 . Niskoenergetske kuće svedene su na potrošnju od 40 kWh/m^2 , a pasivne 15 kWh/m^2 [5].

2.3. Određivanje energetskog svojstva zgrade

Za određivanje energetskog svojstva zgrade trenutno se uzima u obzir samo potrebna količina toplinske energije $Q_{H,md}$. $Q_{H,md}$ je računski određena količina topline koju je sustavom grijanja potrebno dovesti u zgradu tijekom jedne godine za održavanje unutarnje projektne temperature. Prema HRN EN ISO 13790, $Q_{H,md}$ računamo na osnovu izraza 1.

$$Q_{H,md} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad (1)$$

gdje su:

$Q_{H,ht}$ – ukupni toplinski gubici zgrade u periodu grijanja prema vanjskom okolišu (kWh),

$Q_{H,gn}$ – ukupni toplinski dobitci zgrade u periodu grijanja (kWh),

$\eta_{H,gn}$ – bezdimenzijski faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje.

Toplinske potrebe zgrade ovise o geografskoj lokaciji zbog čega je neophodno poznavanje stupanj dana grijanja SD . Broj stupanj dana grijanja prema Pravilniku o energetskom certificiranju (NN36/10) [10] je zbroj temperaturnih razlika između unutarnje projektne temperature i srednje vanjske temperature za sve dane sezone grijanja. Postupak izrade energetskog certifikata iziskuje detaljan energetski pregled, izračun $Q_{H,md}$ te $Q_{H,md}$ za referentne klimatske uvjete. Referentni klimatski podaci su skup klimatskih parametara karakterističnih za neko geografsko područje. U Hrvatskoj imamo dvije referentne klime koje su definirane s podacima gradova Karlovac i Šibenik. Mjesta koja imaju SD 2200 i



više svrstavaju se u kontinentalnu Hrvatsku dok za Šibenik *SD* iznosi 1600. Stvarni klimatski podaci su podaci dobiveni statističkom obradom prema najbližoj meteorološkoj postaji. Za nestambene zgrade određivanje razreda potrošnje zasniva se na $Q_{H,nd,rel}$ (%) relativnoj vrijednosti godišnje potrebne energije za grijanje. $Q_{H,nd,rel}$ (%) je omjer specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke, $Q_{H,nd,ref}^t$ (kWh/(m²a)) i dopuštene specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, $Q_{H,nd,dop}^t$ (kWh/(m²a)), a izračunava se prema izrazu 2.

$$Q_{H,nd,rel} = \frac{Q_{H,nd,ref}^t}{Q_{H,nd,dop}^t} \cdot 100 \quad (\%) \quad (2)$$

2.4. Energetska bilanca zgrade

Iako trenutno određivanje energetske svojstva zgrade vršimo samo na osnovu potrebne toplinske energije postoji potreba za proširenjem zahtjeva i izračunom godišnje primarne energije. Godišnja primarna energija, E_{prim} (kWh/a), je računski određena količina energije (izraz 3) za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta nijednom postupku pretvorbe. Računa se pomoću faktora primarne energije u ovisnosti o izvoru energije, tablica 2. Faktori primarne energije definirani su metodologijom provođenja energetske pregleda zgrada [12].

$$E_{prim} = \sum_i E_{del,i} \cdot f_{p,i} \quad (\text{kWh/a}) \quad (3)$$

gdje su : $E_{del,i}$ - godišnja isporučena energije i-tog izvora energije (kWh),
 $f_{p,i}$ -faktor primarne energije za i-ti izvor energije (-).

Tablica 2. Faktori primarne energije, izvor [12]

Izvor energije		Faktor primarne energije f_p (-)
Gorivo	Zemni plin	1,1
	Ukapljeni plin	1,1
	Lako loživo ulje	1,1
	Kameni ugljen	1,1
	Mrki ugljen	1,2
	Drvo	0,2
Lokalna/daljinska toplina iz kogeneracije	Obnovljiva goriva	0,0
	Fosilna goriva	0,7
Lokalna/daljinska toplina iz kotlovnice/toplane	Obnovljiva goriva	0,1
	Fosilna goriva	1,3
Električna energije		3,0 (2,0 pri korištenju akumulacijskih sustava grijanja)

Na osnovu godišnje primarne energije možemo napraviti cjelovitu energetske bilancu zgrade svedenu na "zajednički nazivnik".



2.5. Energetski pregled

Energetski pregled je dokumentirani postupak koji se provodi u cilju utvrđivanja energetskih svojstava zgrade i stupnja ispunjenosti tih svojstava u odnosu na zahtjeve propisane posebnim propisima, a sadrži prijedlog mjera za ekonomski povoljno poboljšanje energetskih svojstava zgrade. Energetski pregled provodi ovlaštena osoba. Prema metodologiji provođenja energetskih pregleda obuhvaća: analizu građevine u smislu toplinske zaštite, analizu energetskih svojstava PTV, sustava potrošnje električne energije, sustava upravljanja i regulacije, analizu mogućnosti zamjene energenta i upotrebe OIE, prijedlog mjera energetske učinkovitosti i izvještaj s preporukama. Energetski pregled obuhvaća analizu svih energetskih tehničkih sustava zgrade.

2.6. Energetska iskaznica zgrade


Na osnovu energetskog pregleda i izračuna energetskih potreba zgrade za grijanje izrađuje se energetski certifikat. Energetski certifikat je dokument koji se sastoji od pet stranica a prva i treća stranica se javno izlažu. Energetski certifikat sadrži opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade, podatke o osobi koja je izdala energetski certifikat, podatke o termo-tehničkim sustavima, klimatske podatke, podatke o potrebnoj energiji i referentne vrijednosti, objašnjenje tehničkih pojmova, te popis primijenjenih popisa i normi, Energetski certifikat za postojeće zgrade obavezno sadrži prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane, slika 6.

Prijedlog mjera / Preporuke	
- za postojeće zgrade: prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane - za nove zgrade: preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade	
1. Podešenje uredske opreme, investicija iznosi 0 kn, ušteda iznosi 4.400,30 kn/god, smanjenje emisije CO ₂ iznosi 2,2 tone.	
2. Regulacija isporuke toplinske energije, investicija iznosi 0 kn, ušteda iznosi 22.099,28 kn/god, smanjenje emisije CO ₂ iznosi 15,7 tone.	
3. Ugradnja termostatskih ventila i balansiranje sustava grijanja, investicija iznosi 66.163,40 kn, ušteda iznosi 31.137,79 kn/god, period povrata investicije iznosi 2,1 god., smanjenje emisije CO ₂ iznosi 21,77 tone.	
4. Priklučenje grijanja PTV-a na toplanu, investicija iznosi 40.025,00 kn, ušteda iznosi 6.923,72 kn, period povrata investicije iznosi 5,8 god., smanjenje emisije CO ₂ iznosi 1,77 tone.	
5. Postavljanje solarnog grijanja PTV-a, investicija iznosi 71.333,40 kn, ušteda iznosi 3.538,33 kn/god, period povrata investicije iznosi 21,2 god., smanjenje emisije CO ₂ iznosi 1,68 tone.	
6. Postavljanje inteligentne rasvjete (primjer jednog ureda), investicija iznosi 2.972,00 kn, ušteda iznosi 175,00 kn/god, period povrata investicije iznosi 22,6 god., smanjenje emisije CO ₂ iznosi 0,07 tone.	

Slika 6. Prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti

Prva stranice energetskog certifikata koja daje osnovne informacije o objektu kao i razred potrošnje prikazan je na primjeru energetskog certifikata zgrade Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku, slika 7.



 <p>prema Direktivi 2002/91/EC</p>	Zgrada <input type="checkbox"/> nova <input checked="" type="checkbox"/> postojeća			
	Vrsta zgrade: B.1.2. Nestambena zgrada – Fakultetska zgrada			
	K.č.6601/1 k.o. Osijek;			
	Adresa: Cara Hadrijana b.b.			
	Mjesto: Osijek			
	Vlasnik / investitor: Elektrotehnički Fakultet Osijek			
	Izvođač:Obnoviteljski radovi 2009-2010 Gradnja Osijek i Eko gradnja Darda			
	Godina izgradnje: 1890-ih			
	Energetski certifikat za nestambene zgrade	$Q_{H,nd,rel}$	%	Izračun 77,01
		A+	≤ 15	
A		≤ 25		
B		≤ 50		
C		≤ 100	C	
D		≤ 150		
E		≤ 200		
F		≤ 250		
G		> 250		
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat				
Ovlaštena fizička osoba: -				
Ovlaštena pravna osoba: Tehno-razvoj d.o.o.				
Imenovana osoba: Hrvoje Horvatin, dipl. ing. el.				
RegistarSKI broj ovlaštene osobe P-68/2010				
Broj energetskog certifikata: P_68_2010_004_B.1.2.				
Datum izdavanja/rok važenja: 04.05.2011 / 04.05.2021				
Potpis				
Podaci o zgradi				
$A_K [m^2]: 2\ 937,20$				
$V_e [m^3]: 14\ 596,44$				
$f_0 [m^{-1}]: 0,27$				
$H'_{tr,adj} [W/(m^2K)]: 0,79$				
$Q''_{H,nd,ref} [kWh/(m^2a)]: 67,41$				

Slika 7. Energetski certifikat zgrade Elektrotehničkog fakulteta Osijek



Energetski certifikat za nove zgrade sadrži preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenja energetske svojstava zgrade. Sve nove zgrade stambene površine veće od 400m² prije tehničkog pregleda moraju imati energetski certifikat. Izuzeće od certifikata imaju zgrade koje se prodaju u stečajnom postupku i zgrade koje imaju vijek uporabe dvije godine i manje. Novosti donose NN90/2011 u kojima se kroz Zakon o izmjenama i dopunama ZOPUG propisuje da zgrada ili njezin dio koji se prodaje ili daje u najam nakon 10.08.2011. mora imati energetski certifikat. Energetski certifikat vrijedi deset godina nakon kojih zgrada prolazi ponovni postupak certificiranja.

3. Zaključak

Zgradarstvo kao sektor predstavlja značajan potencijal za smanjenje potrošnje energije. U tom nastojanju donesene su brojne zakonske odredbe koje nalažu postupak certificiranja u zgradarstvu. Smisao energetske iskaznice zgrade je podsjećanje korisnika prilikom svakog ulaska u objekt na godišnju potrošnju energije i mjera koje bi trebao primijeniti kako bi smanjio potrošnju energije. Stvarni doprinos postupka certificiranja se očituje baš kroz popis mjera koje nedvojbeno ukazuju na period povrata investicije kao i financijsku stranu mjera energetske učinkovitosti. Mišljenje da je postupak certificiranja veliki posao i financijski izdatak je točna samo ako usko gledamo na sam postupak, jer sama realizacija poboljšanja energetske svojstava zgrada u skladu sa preporukama stvara zamašnjak koji pokreće više grana gospodarstva, a trošak certifikata iščezava u investicionim troškovima.

4. Literatura

- [1] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities, Brussels 2003.
- [2] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities, Brussels 2010.
- [3] EIHP, Materijal za izobrazbu energetske certifikatora - MODUL 1, Zagreb, 2010.
- [4] EIHP, Materijal za izobrazbu energetske certifikatora - MODUL 2, Zagreb, 2011.
- [5] V. Katanić; Ž. Duboš, EDZ, Energetska učinkovitost u zgradarstvu, Zagreb, 2011.
- [6] Strategija energetske razvoja Republike Hrvatske, NN130/09.
- [7] Zakon o prostornom uređenju i gradnji, NN76/07, NN38/09.
- [8] Zakon o izmjenama i dopunama ZOPUG, NN90/2011.
- [9] Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji, NN152/08.
- [10] Pravilnik o energetske certifikiranju zgrada, NN36/10.
- [11] Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certifikacije zgrada, NN113/2008, i NN89/09.
- [12] www.mzopu.hr/doc/ Metodologija_energetskih_pregleda_zgrada.pdf



Rastavljivost kao element recikličnosti *Dissassemblyability as a Recyclability Element*

A. Pintarić¹, G. Rozing¹, M. Vešić¹

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

*Autor za korespondenciju. E-mail: pinta@etfos.hr

Sažetak

Neprilagođenost konstrukcije rastavljanju produžava i poskupljuje preradu dotrajalog proizvoda. Prikladnost rastavljanju smanjuje troškove recikliranja proizvoda, koje sve učestalije postaje zakonska obveza. U radu su prikazane važnije metode ocjenjivanja rastavljivosti, te konstrukcijske smjernice koje olakšavaju rastavljivost i recikličnost. Smjernice se odnose na spojeve i veze, izbor materijala i strukturu proizvoda.

Abstract

A construction's unadjustment to disassembly prolongs and renders a deteriorated product's processing more expensive. An adjustment to disassembly reduces product's recycling costs, which ever so frequently becomes a legal obligation. The paper presented the more significant disassembly evaluation methods, as well as construction guidelines facilitating disassembly and recyclability. The guidelines pertain to joints and bonds, material selection, and product structure.

Ključne riječi: recikliranje, recikličnost, rastavljanje, rastavljivost, spojevi

1. Recikliranje i recikličnost

Otpad je neželjena, ali neizbježna civilizacijska tekovina. Ubrzan tehnološki razvoj i veliki rast potrošnje materijalnih dobara značajno povećava količinu nastalog otpada. To je stvorilo dva temeljna problema današnjice. Prvo, intenzivni porast potrošnje neobnovljivih sirovina prijeti iscrpljivanjem zaliha (konačnog iznosa) na Zemlji, a drugo, neodgovarajuće postupanje sa sve većom količinom otpada ugrožava život na Zemlji i nalaže ekološki prihvatljivo zbrinjavanje.

Rješenje je pronađeno oponašanjem kruženja tvari u prirodi. Recikliranje ili uporaba je višestruko učinkovit način zbrinjavanje dotrajalih dobara koji smanjuje odlaganje otpada u okoliš, štedi zalihe neobnovljivih sirovina, smanjuje potrošnju energije i emisija u okoliš, te poboljšava zapošljavanje. Praksa recikliranja ubrzo je razotkrila neprikladnost postojećih proizvoda recikliranju, jer se tome svojstvu proizvoda ranije nije pridavala važnost. To je postupke recikliranja poskupljivalo.

Recikliranje ili uporaba predstavlja ponovnu uporabu iskorištenih, odnosno odbačenih materijala i proizvoda u istu ili različitu svrhu, s ili bez prethodne dorade.



Promatrajući proizvod kao oblikovani materijal, može se reći da je prerada otpada kao sekundarne sirovine najniži stupanj recikliranja. Kako se pri tome gubi oblik proizvoda, prikladno je govoriti o recikliranju materijala (e. materialsrecycling, nj. Werkstoffrückgewinnung). Ovom vrstom recikliranja postižu se značajni ekološki i ekonomski efekti. Poteškoće koje se pri tome javljaju odnose se na razdvajanje pojedinih vrsta materijala i postizanje zadovoljavajuće čistoće, odnosno kvalitete reciklata.

Učinkovitiji način recikliranja je ponovna uporaba djelomično dotrajalog proizvoda, s ili bez dorade (zavarivanje, navarivanje, mehanička obrada itd). Kako se pri tome uglavnom zadržava oblik proizvoda možemo govoriti o recikliranju proizvoda (e. productrecycling, nj. Werkstückrückgewinnung).

Gospodarstvo s kružnim tokom materijala ili oporabno gospodarstvo (nj. Kreislaufwirtschaft, e. take-back), koje teži uspostavljanju povratnih tokove materijala (recirkuliranje), u sve većem broju zemalja postaje i zakonska obveza.

Ekološki educirana javnost zaoštava zahtjeve ekološki prihvatljivog zbrinjavanja dotrajalih proizvoda (e. End-of-Life), što ima za posljedicu povećanje troškova uklanjanja otpada. Kako je količina otpada sve veća i troškovi postaju jako visoki. Jedan od načina smanjenja troškova je povećanje prikladnosti proizvoda recikliranju, koja se može kretati u rasponu od neisplativog do profitabilnog postupka. Presudni utjecaj na to imaju odluke donesene u fazi konstruiranja, napose u početnoj fazi koncipiranja proizvoda.

Pri tome recikličnost (e. recyclability), kao novi zahtjev pri konstruiranju, označava prikladnost proizvoda ili materijala odvajanju iz otpada i vraćanju u uporabu kao funkcionalno ispravnog dijela ili kao sirovine za ponovno dobivanje materijala [1, 2, 3].

Sve veća važnost recikliranja nametnula je potrebu vrednovanja recikličnosti proizvoda. Danas postoji više metoda, npr. [4, 5, 6], ali niti jedna općeprihvaćena. To otvara prostor za manipulaciju pojmom recikličnosti u marketinške svrhe.

Metoda vrednovanja recikličnosti proizvoda (R) proizvodu pristupa kao sklopu sastavljenom od određenog broja dijelova [7]. Vrednovanje se zasniva na analizi recikličnosti elemenata, tj. dijelova, a zatim se obradom podataka izračunava recikličnost proizvoda tj. cjeline. Metoda se zasniva na rastavljanju proizvoda.

Recikličnosti proizvoda, R, je složeni pokazatelj koji se računa prema izrazu (1).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{\max}} \quad (1)$$

gdje je:

R	recikličnost proizvoda
b_i	broj ponavljanja i-tog dijela u proizvodu
m_i	masa i-tog dijela, kg
r_i	ocjena recikličnosti i-tog dijela
r_{\max}	najveća ocjena recikličnosti, koja ovdje iznosi 5
M	ukupna masa proizvoda, kg



Recikličnost proizvoda "R" ukazuje na mogućnosti materijalne iskoristivosti dotrajalog proizvoda. Izračunava se kao omjer sume recikličnosti dijelova ponderiranih masom u odnosu na maksimalnu recikličnost proizvoda. Radi se o bezdimenzionom pokazatelju čiji se iznos kreće od 0 do 1.

Prethodni pokazatelj iskazuje potencijal iskoristivosti odbačenog proizvoda, što podrazumijeva razvrstavanje materijala i komponenti s obzirom na pripadni postupak recikliranja. Razvrstavanju prethodi rastavljanje ili usitnjavanje proizvoda, koje može biti ručno, poluautomatizirano ili automatizirano (npr. mehaničko usitnjavanje i linija za razvrstavanje materijala). Prednost ručnog rastavljanja je veća čistoća materijala (reciklata), a nedostatak je dugotrajnost, opasnost po čovjeka od dodira s opasnim tvarima, te visoki troškovi ljudskog rada. Troškovi automatiziranog razvrstavanja su relativno niži, ali ekonomičnost umnogome zavisi o prikladnosti konstrukcije rastavljanju i odvajanju materijala.

Razmatranja u nastavku rada odnose se na specifičnosti ručnog rastavljanja proizvoda.

2. UTJECAJ RASTAVLJIVOSTI NA RECIKLIČNOST

Valja uočiti, prema izrazu (1), kako (masena) struktura proizvoda s obzirom na vrste korištenih materijala i njihovu recikličnost određuju recikličnost proizvoda R. Na troškove odvajanja materijala u postupku prerade otpada utječe prikladnost proizvoda rastavljanju, odnosno odvajanju materijala i komponenti. Dobivena sekundarna sirovina je prihod (dobit), dok je postupak odvajanja trošak. Težnja je smanjiti troškove rastavljanja, odnosno kod ručnog rastavljanja, skratiti vrijeme rastavljanja.

Svrha rastavljanja nekog složenog proizvoda je razdvajanje na jednostavnije strukturne cjeline (dijelovi, sklopovi) s ciljem kasnije prerade ili odlaganja. Iskustva pokazuju kako na trajanje rastavljanja utječe (konstrukcijska) prikladnost proizvoda rastavljanju, odnosno rastavlјivost.

Konstruktor bi trebao općenito uvažiti sve vrste i postupke recikliranja. Glede recikliranja proizvoda treba ostvariti prikladnost prikupljanja, rastavljanja, čišćenja, provjeravanja, razvrstavanja dotrajalih dijelova i proizvoda, a glede recikliranja materijala prikladnost prikupljanja, usitnjavanja, razdvajanja i prešanja. U oba je slučaja od važnosti ostvariti jednostavno rastavljanje proizvoda, tj. primijeniti jednostavno rastavljanje spojeva [1].

Opsežno istraživanje konstruiranja tehničkih proizvoda prikladnih recikliranju (e. *Designing for Ease of Recycling*) provedeno je Njemačkoj, a rezultat su bile smjernice VDI 2243 [8]. Ove su smjernice mnogima u svijetu poslužile kao poticaj za daljnja istraživanja i razvoj recikličnosti proizvoda. Tablica 1. prikazuje dograđenu varijantu smjernica za konstruiranje recikličnih proizvoda, koje su razvrstane u tri skupine relevantne s motrišta konstruiranja: materijali, spojevi i veze, te struktura proizvoda.[8]

U situaciji kada je konstruktorima nedostajala neka vrsta mjerila utjecaja na okoliš materijala ili proizvoda nizozemska tvrtka PRé Consultants BV ponudila je eko-pokazatelje nazvane Eco-indicator. Bio je to prvi pokušaj da se utjecaj proizvoda na okoliš jednoznačno izmjeri. Tvorci modela su tvrdili kako se radi o podacima koji iskazuje ukupno



djelovanje materijala ili procesa (obrade, postupka) na okoliš u svim fazama životnog ciklusa proizvoda. Iskazivanje takvog utjecaja naziva se cjelovito bilansiranje proizvoda ili LCA (life cycle assessment). Ovaj alat za konstruktore sadrži više od sto indikatora za najčešće materijale i procese, te računalni program SimaPro. [9] [10]

Tablica 1: Smjernice za konstruiranje proizvoda prikladnih rastavljanju i reciklaži [8]

Materijali	Pojašnjenje smjernice
Najmanji broj različitih vrsta materijala.	Pojednostavljuje reciklažu.
Sklopove od mnogo elemenata i dijelove koji sadrže nerastavljive spojeve izvoditi od istih ili kompatibilnih materijala.	Smanjuje se potreba za rastavljanjem i razvrstavanjem.
Označiti sve plastične i slične dijelove kako bi se lakše identificirali.	Vrijednost reciklata se povećava točnom identifikacijom i razvrstavanjem.
Rabiti materijale koji se mogu reciklirati.	Smanjenje otpada; očuvanje dijela vrijednosti dotrajalog proizvoda
Rabiti reciklirani materijal.	Potiče razvoj tržišta reciklata.
Osigurati usklađenost boja koje se tiskaju na plastiku.	Očuvanje vrijednosti recikliranog materijala.
Izbjegavati neusklađenost natpisa na plastičnim dijelovima.	Izbjegavanje troška odstranjivanja natpisa i razvrstavanja.
Jasno označavanje rizičnih dijelova i jednostavno uklanjanje.	Brzo odstranjivanje dijelova koji mogu povećati troškove.
Spojevi i veze	Pojašnjenje smjernice
Smanjiti broj spojeva na minimum.	Najviše vremena oduzima uklanjanje spojeva.
Smanjiti broj spojeva čije rastavljanje zahtijeva alate.	Izmjena alata troši vrijeme.
Spojevi se moraju lako rastavljati.	Ušteda vremena rastavljanja.
Omogućiti lagani pristup mjestu spajanja.	Neprikladni pristup usporava ručno rastavljanje.
Uskočni spojevi (e.snap-fits) trebaju biti smješteni uočljivo i rastavljati se primjenom uobičajenih alata.	Izbjegavati potrebu za posebnim alatima.
Nastojati koristiti spojeve od materijala koji su usklađeni s dijelovima koje spajamo.	Omogućiti izbjegavanje zahvata rastavljanja.
Ako dva dijela ne mogu biti usklađena, treba omogućiti njihovo lagano razdvajanje.	
Izbjegavati ljepljiva ako nisu usklađena s dijelovima koji se spajaju.	Većina ljepljiva onečišćuju materijale.
Smanjiti primjenu žica za povezivanje kao i debele užadi.	Elastični elementi se sporije uklanjaju; bakar onečišćuje čelik itd.
Koristiti lomljive spojeve kao alternativu za rastavljive spojeve.	Lomljenje je brzi zahvat rastavljanja.
Struktura proizvoda	Pojašnjenje smjernice
Smanjiti broj dijelova.	Olakšava rastavljanje.
Koristiti što je moguće više modularne izvedbe s odvojenim djelovanjem.	Pružava mogućnost servisiranja, dogradnje ili reciklaže.
Skupiti dijelove koji nisu reciklični u cjelinu koja se može brzo odvojiti i odstraniti.	Pospješuje rastavljanje.
Smjestiti skupocjene dijelove na lakopristupačna mjesta.	Omogućava djelomično rastavljanje.
Oblikovati dijelove koji su stabilni (kruti) tijekom rastavljanja.	Ručno rastavljanje je brže ako je čvrsta radna podloga.
Izbjegavati zalivene metalne umetke ili ojačanja u plastičnim dijelovima.	Omogućava usitnjavanje i razvrstavanje.
Postupak i pristup moraju biti lako uočljivi.	Razumna struktura ubrzava rastavljanje.



Američki Centra za recikliranje i razvoj automobila (Chrysler, Ford, General Motors) potaknuo je istraživanje automobilskih podsustava koji su manje prikladni reciklaži (npr. polimerni branik, instrument table, sjedala i dr.). Na primjeru instrument table uvedeni su pokazatelji koji su trebali pomoći u poticanju konstrukcijskih promjena u cilju poboljšanja razdvajanja dijelova i izdvajanja materijala. Radi se o pokazateljima kojima se (pr)ocjenjuje prikladnost odvajanja materijala (tablica 2) i prikladnost dijelova reciklaži (tablica 3) [11].

Tablica 2. Ocjena prikladnosti odvajanju materijala [11]

Ocjena	Opis
1	Materijal se može jednostavno ručno odvojiti. Trajanje: manje od jedne minute.
2	Materijal se može odvojiti ručno, ali s naporom. Trajanje: od jedne do tri minute.
3	Materijal se može odvojiti, ali s naporom, te uz primjenu nekih mehaničkih postupaka ili usitnjavanja kako bi se odvojile komponente materijala.
4	Materijal se može odvojiti s naporom uz primjenu određenih mehaničkih pomagala ili usitnjivača kako bi se odvojile komponente materijala.
5	Nije moguće odvajanje. Proces izdvajanja nepoznat.

Tablica 3. Ocjena recikličnosti dijelova [11]

Ocjena	Opis
1	Dio je obnovljiv
2	Materijal je djelomično recikličan s jasno definiranom tehnologijom i infrastrukturom
3	Materijal je tehnološki moguće reciklirati, ali infrastruktura za recikliranje nije dostupna
4	Materijal je tehnološki moguće reciklirati, ali to zahtjeva daljnju obradu i razvoj drugih procesa ili materijala
5	Organski materijali, mogu se koristiti kao izvori energije ali se ne mogu reciklirati
6	Anorganski materijali s nepoznatom tehnologijom reciklaže

3. OCJENJIVANJE RASTAVLJIVOSTI

Premda može izgledati kako je rastavljanje samo obrnuto sastavljanje, izvedbene su im karakteristike potpuno različite. Tako je npr. pravac kretanja materijala suprotan, nadalje, kod sastavljanja je tijek procesa konvergentan, a kod rastavljanja divergentan. Rastavljanje starijih proizvoda znatno je teže od rastavljanja novijih jer se ranije nije vodilo računa o kasnijem rastavljanju i popisu korištenih materijala.

Ručno je odvajanje pogodnije za dijelove veće vrijednosti, te brzo odvajanje vrijednih dijelove. U svrhu mjerljivosti ovog kriterija uveden je Vrijednosni pokazatelj odvajanja (VPO) u kn/s, koji se izračunava prema izrazu (2) [11].

$$VPO = \frac{m \cdot v}{t} \quad (2)$$

gdje je: m – masa odvojenog dijela, kg



v – vrijednost odvojenog dijela, kn/kg
 t – vrijeme odvajanja, s

Da bi se ostvarila dobit nužno je da VPO bude veći od troška rastavljanja. Veći VPO se može postići odvajanjem materijala koji imaju veliku vrijednost ili kraće vrijeme odvajanja velike količine materijala niske vrijednosti. Iako se VPO može koristiti u procesu konstruiranja, njegov je temeljni nedostatak što podrazumijeva da konstruktor poznaje vrijednost materijala koji će se izdvojiti kao reciklat, što je težak zadatak čak i za djelove koji se danas recikliraju.

Kao brža i jednostavnija mjera uvedena je Brzina odvajanja materijala – BOM, u. kg/s, koja se izračunava izrazom (3) [11].

$$BOM = \frac{m}{t} \quad (3)$$

gdje je: m – masa odvojenog dijela, kg
 t – vrijeme odvajanja, s

Mjera BOM polazi se od toga svi materijali imaju jednaku vrijednost. Kako to nije potpuno točno, preporuča se da konstruktori ovaj pokazatelj koriste u ranim stadijima oblikovanja. Konstruktor može koristeći BOM odlučiti koja bi tehnika odvajanja bila najbolja i onda konstrukcijsko rješenje prilagoditi toj tehnici.

Ovisno je li se izvodi ručno ili automatizirano rastavljanje, primjenjuju se različite smjernice. Općenito vrijedi pravilo kako se za proizvode koji sadrže plastiku, a BOM je manji od 2,26 kg/min, preporuča automatizirano rastavljanje. Za proizvode čiji je BOM veći od 4,5 kg/min isplativije je ručno rastavljanje.

Vrijeme rastavljanja (VR) predstavlja mjerenjem dobiveni podatak o trajanju operacije rastavljanja. Operacije se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: rastavljanje spojeva (v_{kl}), te odvajanje i odlaganje dijelova (v_i). Vrijeme rastavljanja i odvajanja dijelova je važan pokazatelj koji upućuje na isplativost recikliranja, ali i na druge aspekte recikliranja (npr. organizaciju rada, odvajanje dijelova koji sadrže opasne tvari).

Ukupno vrijeme rastavljanja proizvoda, VR, se određuje zbrajanjem pojedinih operacija (izraz 4) [7].

$$VR = \sum_{i=1}^n v_i + \sum_{k=1}^g \sum_{l=1}^h v_{kl} + v_{pz} \quad (4)$$

gdje je

VR ukupno vrijeme rastavljanja proizvoda, s
 v_i vrijeme odvajanja i odlaganja i -tog dijela, s
 i oznaka dijela, 1...n
 v_{kl} vrijeme rastavljanja l -te veze k -tog spoja, s
 k oznaka spoja, 1...g
 l oznaka veze, 1...h



V_{pz} pripremno-završno vrijeme, s

Razvijena je i metoda izračuna indeksa konstrukcijske rastavljivosti (e. *Design for Disassembly Index; DfDI*) primjenom stabla rastavljanja. Analizom indeksa i strukture dijelova te primjenom logičkog slijeda rastavljanja može se naći kombinacija povezanosti dijelova i materijala koja pruža optimalni odnos dobiti i troškova prerade dotrajalog proizvoda odnosno prikladnost ponovne uporabe materijala.

4. MJERE POBOLJŠANJA RASTAVLJIVOSTI

Skraćenje vremena odvajanja kod rastavljanja se može postići pažljivim odabirom materijala. Doista, neki dijelovi uopće ne iziskuju rastavljanje ukoliko su sačinjeni od istih ili sličnih materijala. Slika 1. prikazuje sve moguće kombinacije materijala unutar proizvoda, i kako njihove značajke utječu na recikličnost proizvoda. Tablica 2. navodi broj koraka za svaku kombinaciju prikazanu na slici 1. Može se vidjeti da uporaba materijala koji su kompatibilni s kompatibilnim spojevima značajno povećava recikličnost proizvoda.

U idealnoj situaciji, proizvod je sastavljen iz dijelova izrađenih od samo jednog materijala. Budući da je to vrlo rijetko slučaj, cilj je konstruirati proizvod od dijelova izrađenih od kompatibilnih materijala ili postići konstrukciju proizvoda koji je rastavljiv do recikličnosti u što manje koraka.

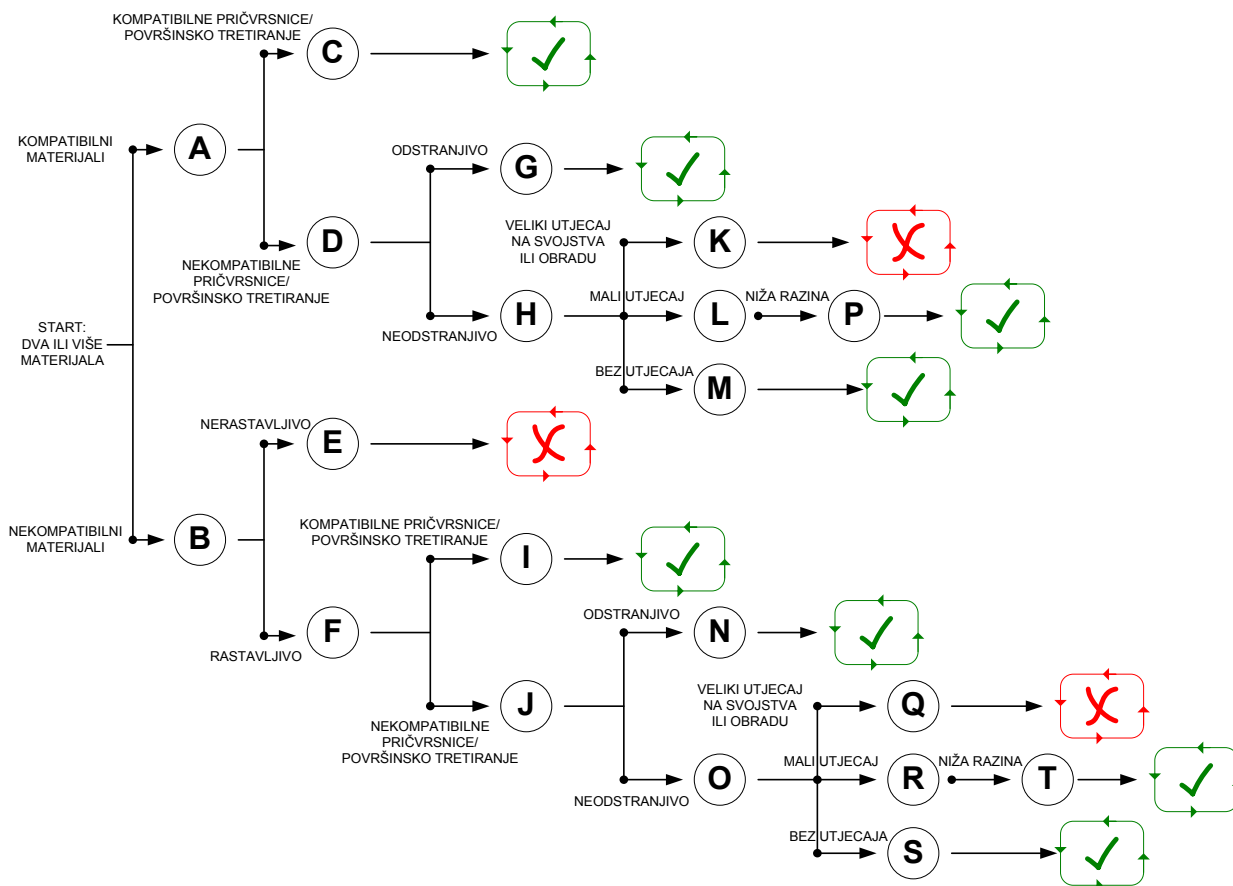
Ako se koristi više od jednog materijala prilikom sastavljanja, ti materijali bi trebali biti slični ili barem lako rastavljivi tako da bi svaki mogao biti pojedinačno recikliran. Ako se rabe metalni spojevi (npr. vijci) poželjna je primjena materijala na bazi željeza (prikladno za magnetsko odvajanje). Ipak, ako će spojevi biti u dodiru s vodom ili u vlažnim uvjetima, potrebno ih je zaštititi od korozije (npr. galvanizacija), ali izbjegavati štetne spojeve (npr. kadmij).

Dubina rastavljanja predstavlja razinu do koje se dotrajali proizvod rastavlja, bilo djelomično na sklopove ili detaljno do najsitnijih dijelova. Kod male dubine rastavljanja (slika 4.) je iskoristivost slaba jer se odvajaju samo neki sklopovi koji se mogu ponovno koristiti (s ili bez prethodnog obnavljanja), dok su ostali sklopovi neiskorišteni, a materijali nerazvrstani (daljnje iskorištenje traži daljnju preradu i ulaganje). Kod prevelike dubine rastavljanja su svi sklopovi rastavljeni pa čak i oni koji se mogu nastaviti koristiti kao sklopovi. Pritom je utrošeno puno skupog rada (vremena), a neki su dijelovi suviše razdvajani (npr. više dijelova od istog materijala koji je recikličan).

Postoji dakle neka optimalna dubina rastavljanja koja daje najveću korist uz najmanje utrošenog rada i energije. Njeno određivanje zahtijeva analizu strukture proizvoda, probno rastavljanje, uvažavanje stupnja razvijenosti recikliranja, poznavanje cijene rada, materijala, postupaka recikliranja, zbrinjavanja otpada i dr. Kod dotrajalih proizvoda s opasnim tvarima najniža dubina rastavljanja proizlazi iz zakonske obveze odvajanja takvih tvari. Preostali dijelovi se upućuju na automatizirano razvrstavanje.

Istraživanja su pokazala da se na današnjem stupnju razvoj postupaka recikliranja i cijena sekundarnih sirovina na tržištu ne isplati potpuno rastavljanje niti daje najpovoljnije

ekološke učinke. Pri određivanju optimalne dubine rastavljanja koriste se metode analize troškova, grafička metoda "Recovery graph", drvo rastavljanja i druge [13].



Slika 1. Recikliranje dva ili više materijala [14]

U novije se vrijeme pojavila koncepcija aktivnog rastavljanja koja se zasniva na promjenama oblika ili dimenzija spojnih komponenti koje su posljedica promjene vanjskih uvjeta (npr. temperature) [15]. To dovodi do odvajanja spojeva, bez primjene alata ili uređaja. Prilikom konstruiranja s obzirom na aktivnu rastavljivost, teži se uzeti u obzir uporaba pametnih materijala koji se samo-rastavljaju prilikom izlaganja određenim temperaturama.

Tablica 4. Broj koraka rastavljanja prema slici 1. [14]

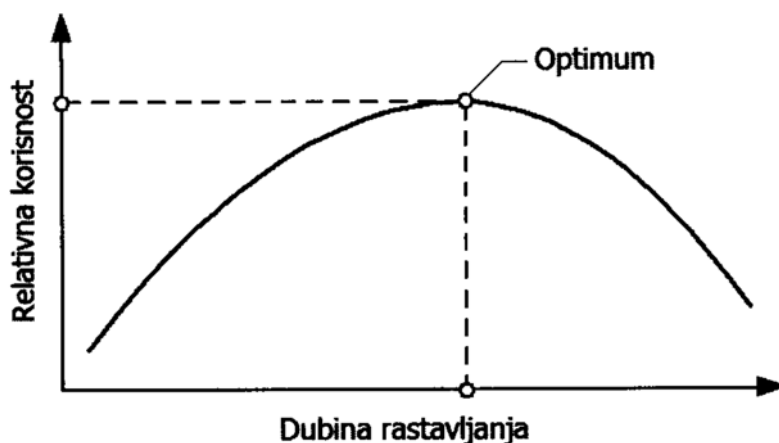
2 koraka do recikličnosti	3 koraka do recikličnosti	4 koraka do recikličnosti	5 koraka do recikličnosti	6 koraka do recikličnosti	nije moguće reciklirati
A - C	A - D - G	A - D - H - M	A - D - H - L - P	B - F - J - O - R - T	A - D - H - K
	B - F - I	B - F - J - N	B - F - J - O - S		B - E
					B - F - J - O - Q

Polimeri koji "pamte" oblik (e. Shape Memory Polymers; SMP) i slitine koje "pamte" oblik (e. Shape Memory Alloys; SMA) čine većinu pametnih materijala koji se koriste. Često u obliku vijaka, matica i zakovica, aktivno rastavljivi spojevi mijenjaju svoj oblik, na od prije podešeni, kada su izloženi određenoj temperaturi, koja je obično u rasponu od 65°C do 120°C, ovisno od materijala. Na primjeru vijka - navoj nestaje kod izlaganja određenoj temperaturi, dopuštajući mu da slobodno ispadne iz provrta bez ikakvih dodatnih radnji.

Tablica 5. Spojevi podesni za ponovnu uporabu [8]

Principi spajanja		Spoj materijalom		Spoj silom						Spoj oblikom					
Značajke spajanja		Lijepljenje plastika/metal	Zavarivanje	Magnetski spoj	Velcro spoj	Stezni spoj čelik	plastika	Uskočni spoj	Uskočni spoj	Spoj sponom	Osigurač	Osigurač	Osigurač	Traka sa spojnicom	
Otpornost	Statička	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Dinamička	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	○	●	
Trošak sastavljanja	Sastavljanje	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Pregled	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Trošak rastavljanja	Rastavljanje bez razaranja	○	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	
	Rasravljanje s razaranjem	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Recikliranje	Recikliranje proizvoda	○	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	
	Recikliranje materijala	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

● = Prioritetno ◐ = Prikladno ○ = Manje prikladno



Slika 2. Optimalna dubina rastavljanja

Konstruiranje s obzir na aktivnu rastavljivost uzima u obzir strukturu proizvoda i izbor spojeva. Treba omogućiti dovod topline na spojno mjesto (npr. zračenjem ili vođenjem) i sakupljanje spojnih elemenata nakon odvajanja od proizvoda. Ako nije moguće omogućiti pristup spojevima izvana, potrebno je primijeniti toplinski vodljive elemente koji dovesti toplinu na spojni element.



5. Zaključak

Prikladnost proizvoda rastavljanju snižava troškove recikliranja. Prethodna iskustva su donijela niz konstrukcijskih smjernica koja imaju svrhu poboljšati rastavljiivost, odnosno recikličnosti proizvoda. Paralelno se razvijaju i novi postupci i tehnologije spajanja koje pospješuju rastavljiivost proizvoda, ali i novi postupci usitnjavanja otpada, sortiranja i recikliranja. Recikliranje je nakon početnih poteškoća u primjeni ušlo u fazu intenzivnijeg razvoja i primjene.

6. Literatura

- [1] Wende, A. Integration der recyclingorientierten Produktgestaltung in den methodischen Kunstructprocesse, VDI Fortschrittsberichte Reihe1., Düsseldorf, VDI Verlag, 1994.
- [2] * * *, «Recycling-Handbuch: Strategie – Technologie – Produkte», Düsseldorf, VDI-Verlag,
- [3] Rose, C.M.; Beiter, K. A.; Ishii, K. ;Masui, K. Characterization of Product End-of-Life Strategies to Enhance Recyclability, ASME Design for Manufacturing Symposium, Atlanta, 1998., ASME Paper98-DETC/DFM-574
- [4] S. Matthews, S.; Henderickson, C.; McMichael, F.; HART, D.J. Disposition and End-of-Life Options for Products: A Green Design Case Study» 1999.
<http://gdi.ce.cmu.edu/education.html>
- [5] * * * , Automobil Recycling Case Study Overview
<http://srl.marc.gatech.edu/education/Recycle/Overview.html>
- [6] * * * , «Ecodesign Navigator - Metrics and Targets»,
<http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/deeds/ecodnavi/toolbox/priorits/metrics.html>
- [7] Pintarić, A. Prilog razvoju metoda vrednovanja recikličnosti materijala i proizvoda, Disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2002.
- [8] VDI-Richtlinie 2243, Bl. 1: Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte. Grundlagen und Gestaltungsregeln. Düsseldorf: VDI 1993.
- [9] Goedkoop M.J., Demmers M., Collignon M.X. The Eco-indicator 95, Manual for designers; NOH report 9524; PRé consultants; Amersfoort (NL); July 1995
- [10] ECO-it: Eco-Indicator Tools for designer (<http://www.pre.nl/eco-ind.html>)
- [11] Coulter, S. L., Bras, B. A., Winslow, G. and Yester, S., Designing for Material Separation: Lessons from the Automotive Recycling 1996 ASME Design for Manufacturing Symposium, ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference, Irvine, California, August 18-22, ASME, Paper no. 96-DETC/DFM-1270.
- [12] Zeid, I.; Gupta, S. M. Computational algorithm to evaluate product disassembly cost index (<http://hdl.handle.net/2047/d10003186>)
- [13] Ron, A.; Penev, K. Disassembly and recycling of electronic consumer products: an overview, Technovation, 15(1995)6, 363-374
- [14] Vešić, M. Rastavljiivost kao element recikličnosti, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2011, seminar
- [15] Vešić, M. Aktivna rastavljiivost, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2011, seminar



Informatičko rješenje za upravljanje opskrbom plinom kupaca priključenih na plinski distributivni sustav u uvjetima otvorenog tržišta plina

IT solution for gas supply management of customers connected on gas distribution systems in open gas market conditions

Zdravko Oklopčić*, Boris Brestovec, Dalibor Sever, Boris Njavro

Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d., Zagreb, Hrvatska

*Autor za korespondenciju. E-mail: zdravko.oklopcic@koncar-ket.hr

Sažetak

U radu je opisano stanje u segmentu opskrbe plinom koja je nastalo nakon otvaranja tržišta plina s posebnim osvrtom na zahtjeve i potrebe za izgradnjom i primjenom novih ICT sustava. Ukazano je na sustave koje treba izgraditi zbog izričitih zahtjeva nove zakonske regulative ili zbog promijenjenih uvjeta poslovanja koji su karakterizirani većim brojem sudionika u procesu opskrbe plinom kao i značajno ubrzanom dinamikom poslovnog procesa.

Navedeni su ICT sustavi koje koriste ili će uskoro morati koristiti sudionici na tržištu plina. U području nadzora i vođenja tehnoloških sustava (DS i TS) može se primjenjivati SCADA sustav ProzaNET koji je detaljnije opisan u nastavku rada. Podršku odvijanju komercijalnih poslovnih procesa pruža Sustav komercijalnog upravljanja transportom, opskrbom i distribucijom plina koji je također detaljnije opisan. Na kraju su navedeni zahtjevi za međusobnim povezivanjem različitih ICT sustava koje koriste sudionici tržišta plina.

Abstract

In this paper the situation in gas supply sector after market opening is described. The special emphasis is given to requirements and needs for construction and application of new ICT systems. Systems are indicated that have to be built due to explicit requirements of new energy legislation or due to changed business execution conditions which are characterized by much higher number of participants and faster business process dynamics.

ICT systems are listed which are already used, or will have to be used in near future, by gas market participants. In the area of monitoring and control of technology systems (TS, DS) SCADA system ProzaNET may be used, and its description is given in the continuation of the paper. Support for execution of commercial business processes is provided by Gas transport, supply and distribution commercial management system, which



is also in more detail described in the paper. Finally, the requirements for connection and integration of different ICT systems used by gas market participants are pointed out.

Ključne riječi: Liberalizacija tržišta plina, ICT sustav, SCADA sustav, komercijalno upravljanje, integracija.

Keywords: Gas market liberalization, ICT system, SCADA system, commercial management, integration.

1. Uvod

Nakon donošenja Jedinstvenog europskog akta 1986. godine, Europska komisija je započela s provođenjem politike segmentiranja i razdvajanja državnih energetske poduzeća i njihove privatizacije. Radi unapređivanja liberalizacije tržišta plina Europska komisija je donijela 3 plinske direktive, 98/30/EC, 2003/55/EC i 2009/73/EC, te niz pratećih propisa i uredbi s namjerom dozvoljavanja konkurencije na tržištu plina. Konkurencija na tržištu plina trebala se postići uvođenjem novih sudionika kroz dozvoljavanje pristupa transportnim i distributivnim mrežama koje koje ti sudionici ne posjeduju ili ne kontroliraju. Krajnji cilj postupka liberalizacije je smanjivanje cijene plina za kućanstva i industrijske potrošače i kroz to povećavanje globalne konkurentnosti europskog gospodarstva.

Rezultat liberalizacije tržišta plina u Europskoj uniji, ali i u Hrvatskoj, je povećanje raznolikosti i broja sudionika na tržištu plina. Razlikujemo nekoliko grupa sudionika:

- Vlade i ovlaštena državna tijela koja pripremaju, donose i provode nacionalne propise iz domene plinske energetike, vodeći računa o njihovoj usklađenosti s EU propisima,
- Sudionici tržišta nastali segmentiranjem bivših monopolističkih državnih poduzeća koji učvršćuju svoje pozicije i pripremaju se za masovnijiu pojavu konkurencije,
- Globalni igrači, velika međunarodna naftna i plinska poduzeća te veliki dobavljači plina izvan EU, pripremaju se na ulazak na nacionalna tržišta plina pod novim uvjetima.

Skorim pristupanjem Europskoj uniji hrvstako plinsko tržište će i službeno postati dio plinskog tržišta Europske unije. Zbog toga je već sada potrebno uvažavati tendencije razvoja europskog tržišta plina i postavljene dugoročne ciljeve, posebno kada se radi o planiranju razvoja i izgradnje domaće plinske infrastrukture.

2. Zahtjevi otvorenog tržišta plina na izgradnju ICT sustava

Nova plinska legislativa određuje prava i obveze pojedinih sudionika na tržištu plina, te pravila njihovog međusobnog komuniciranja, odnosno pravila odvijanja procesa opskrbe plinom. Zbog složenosti tehnologije transporta i distribucije plina, te zbog složenosti procesa na razini tržišta plina potrebno je izgraditi više različitih informacijskih sustava koji će omogućiti neprekinuto odvijanje cjelokupnog procesa opskrbe plinom.

U Mrežnim pravilima plinskog distribucijskog sustava (NN 50/2009.) eksplicitno se zahtijeva da svaki distribucijski sustav ima kao svoj podsustav sustav za daljinski nadzor,



upravljanje i prikupljanje podataka (članak 7). Nadalje, u članku 17, stavak 2 definirane su funkcije sustava za daljinski nadzor, od kojih se ističu slijedeće:

- utvrđivanje i javljanje odstupanja od normalnog pogona distribucijskog sustava,
- simuliranje i prognoza radnih parametara distribucijskog sustava,
- nadzor rada ključnih objekata u distribucijskom sustavu,
- nadzor preuzimanja plina na ulazima plina u distribucijski sustav i isporuke plina na izlazima iz distribucijskog sustava za korisnike sustava priključene na distribucijski sustav kojima se isporučuje više od 10 GWh plina godišnje ili je priključni kapacitet veći od 10 MWh/h.

Na ovom mjestu potrebno je skrenuti pozornost na dvije od navedenih funkcija:

- Zbog topološke složenosti distribucijskog sustava i neraspoloživosti podataka o protocima na svim izlazima iz distributivne mreže simulacija parametara distribucijskog sustava je u najmanju ruku dvojbena. Ova funkcija zahtijeva razvoj vrlo složenih algoritama procjene protoka na izlaznim točkama mreže i moći će se realizirati tek nakon uvođenja pametnih brojila protoka. Zbog toga bi njenu realizaciju trebalo odgoditi i sinkronizirati s uvođenjem pametnih brojila,
- Mjerenje protoka na izlazima mreže zahtijeva se samo za velike potrošače, dok za male potrošače koji su u zimskim mjesecima glavni generator nestabilnosti sustava mjerenje i dalje nije obavezno. Zbog toga sustav daljinskog nadzora mora omogućiti indirektni nadzor kretanja i prognozu potrošnje malih potrošača.

Prije otvaranja tržišta plina opskrba potrošača plinom temeljila se na dugoročnim ugovorima s jednim opskrbljivačem. Planovi opskrbe ažurirali su se na godišnjoj razini. U pravilu, nije postojala penalizacija odstupanja od planova opskrbe, a uravnoteživanje sustava bila je odgovornost opskrbljivača. Tarifni pravilnik je bio jednostavan, a plin i odgovarajuće usluge fakturirali su se temeljem polumjesečnih očitavanja brojila.

U novim uvjetima plin se može nabaviti od jednog ili više opskrbljivača, a usluge transporta, skladištenja i distribucije plina moraju se ugovoriti posebno s odgovarajućim operatorima. Dinamika ugovaranja značajno je ubrzana – postoje ugovori na godišnjoj, mjesečnoj i dnevnoj razini. U realizaciji sklopljenih ugovora ključni su procesi nominacije, mjerenja i alokacije koji se odvijaju na dnevnoj razini sa satnom rezolucijom. Iz navedenog proizlaze složenost i dinamika međusobnih odnosa sudionika u procesu opskrbe plinom, što zahtijeva donošenje pravila poslovanja na tržištu plina, koja su najvećim dijelom sadržana u Pravilniku o organizaciji tržišta prirodnog plina.

Radi poštivanja pravilnika i osiguravanja neprekinutog toka poslovnog procesa na komercijalnoj razini sudionici u opskrbi plinom moraju izgraditi odgovarajuće IT sustave koji će sveobuhvatno i ažurno registrirati sve transakcije na tržištu, te imati sposobnost komuniciranja sa sličnim sustavima drugih sudionika u poslovnom procesu. Informacije pohranjene u takvim sustavima imaju dvije glavne namjene. Kao prvo, služe kao podloga za fakturiranje, odnosno kontrolu ulaznih faktrura za plin, usluge i različite druge pristojbe prema bitno složenijim tarifnim pravilnicima. Druga važna namjena je izvještavanje drugih sudionika, kao i objavljivanje određenih podataka radi ostvarivanja načela transparentnosti i nediskriminatornosti.



U budućnosti se u području uvođenja ICT rješenja u sustav opskrbe plinom mogu očekivati daljnja unapređenja cjelokupnog sustava opskrbe. U tom smislu najvažnija inovacija je uvođenje pametnih brojlara potrošnje (smart meters), za što su već postavljeni zakonski temelji i doneseni odgovarajući standardi. Osnovni pokretači uvođenja pametnih brojila su slijedeći:

- Potpuna liberalizacija tržišta plina do razine krajnjih kupaca i kreiranje zakonskog okvira koji će poticati konkurentnost,
- Tehnološki razvoj, posebno u području pametnih brojila potrošnje i ICT,
- Dugoročni trend rasta cijena energije,
- Ograničavanje potrošnje energije kao posljedica međunarodnih obveza za povećavanje energetske učinkovitosti i smanjivanje emisije stakleničkih plinova, npr. ostvarivanje ciljeva "20-20-20".

U trećoj plinskoj direktivi (2009/73/EC), u Aneksu I, kaže se da države članice moraju osigurati uvođenje inteligentnih mjernih sustava koji će pomoći aktivnom sudjelovanju potrošača u opskrbi tržišta plinom. Prije uvođenja takvih mjernih sustava države članice mogu izraditi ekonomsku procjenu dugoročnih troškova i koristi za tržište i za individualne potrošače, odnosno mogu odabrati oblik inteligentnog mjernog sustava koji je ekonomski prihvatljiv i troškovno učinkovit, te odrediti vremenski okvir koji je prihvatljiv za njegovo uvođenje. Takva procjena mora se provesti do 3.12.2012. Temeljem te procjene, države članice ili nadležna tijela koja one odrede, će pripremiti vremenski plan za uvođenje inteligentnih mjernih sustava. Države članice ili nadležna tijela koja one odrede, osigurat će interoperabilnost mjernih sustava koji će biti uvedeni unutar svojih teritorija i posebnu pozornost posvetit će korištenju odgovarajućih standarda i općenito prihvaćenih najboljih rješenja, uvažavajući važnost razvoja internog tržišta plina.

Za potrebe komunikacija u sustavu inteligentnih mjernih sustava već postoji razvijen M-Bus kao posebni protokol za komunikaciju s pametnim brojlara. Konceptija protokola temelji se na ISO-OSI referentnom modelu. Implementirani su slijedeći slojevi ISO-OSI referentnog modela: fizički, podatkovni, mrežni i aplikacijski. Na razini Europske unije donesen je standard za komunikacijske sustave za daljinsko očitavanje brojila EN 13757-x (x = 1, 2, ..., 6) koji jednim dijelom pokriva funkcionalnosti M-Bus-a. Države članice preuzele su taj standard, pa tako u RH imamo HRN EN 13757 - Sustavi komunikacije kod mjerila i daljinsko očitavanje mjerila

Uvođenjem pametnih brojila okončat će se paušalno naplaćivanje potrošnje plina, te osigurati kupcima i opskrbljivačima precizne i pravovremene informacije o iznosima potrošnje. Pametna brojila će omogućiti kupcima donošenje odluka o količini i načinu korištenja plina. Instaliranjem dvosmjernog komunikacijskog sustava podaci o potrošnji u realnom vremenu bit će stavljani na raspolaganje kupcima i opskrbljivačima. Osim toga, pametna brojila omogućavaju:

- Uvođenje fleksibilnih tarifa koje mjere potrošnju u predefiniranim vremenskim intervalima,
- Mogućnost prodaje energije natrag opskrbljivaču, što će ubrzati uvođenje mikrogeneracijske tehnologije ,



- Jedno brojilo koristit će se neovisno o opskrbljivaču i načinu korištenja plina,
- Nove usluge opskrbljivača, kao npr. ponuda različitih tarifa ovisno o potrošnji preko mobilnog telefona, interneta, digitalne TV i sl. ,
- Poboljšanje točnosti prognoze potražnje plina u različito vrijeme dana.

Neke europske zemlje već su donijele planove uvođenja pametnih brojila, dok su neke već započele taj proces. Iako se u trećoj plinskoj direktivi izričito ne spominje rok u kojem treba u potpunosti dovršiti proces uvođenja pametnih brojila, mnoge zemlje su kao rok prihvatile godinu 2020. Taj proces svakako je povezan s troškovima, ali dugoročno se očekuje da će koristi za sve sudionike u lancu opskrbe plinom značajno premašiti troškove uvođenja.

3. Sustav za vođenje plinskog distributivnog sustava

Prvi korak u informatizaciji i uvođenju ICT sustava u distributivnu djelatnost plina svakako predstavlja uvođenje Sustava Daljinskog Vođenja (SDV). SDV predstavlja svojevrsni SCADA sustav (eng. SCADA – Supervision, Control and Data Acquisition) čija je osnovna zadaća daljinsko prikupljanje podataka iz svih točaka plinskog distributivnog sustava te njihova obrada i pohrana na centralnom mjestu, u glavnom Centru Daljinskog Upravljanja (CDU). Prikupljeni podaci se pohranjuju na centralnim poslužiteljima i na raspolaganju su za daljnju razmjenu sa ostalim subjektima na tržištu plina. SDV omogućuje i nadzor i upravljanje izdavanjem komandi na izvršne članove na tehnološkim objektima, plinskim distribucijskim stanicama. Kao primjer jednog SDV plinske distributivne mreže, na kojem će biti objašnjene i prikazane osnovne funkcije, predstavlja i PROZANET SCADA sustav koji je u potpunosti razvijen u KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d. u Zagrebu.

Osim centralnog dijela sustava za vođenje plinske distributivne mreže, nužni su uvjeti da se na važnim točkama sustava, tehnološkim objektima, nalaze i lokalni sustavi automatike bazirani na PLC uređajima, daljinskim stanicama (eng. RTU – Remote Terminal Unit) ili na inteligentnim brojljima (eng. Smart meters). Ovi uređaji omogućuju lokalno prikupljanje podataka sa tehnološkog objekta i predstavljaju u biti sučelje SDV prema procesu. Na ovaj način se putem digitalnih i analognih U/I (Ulazno/Izlaznih) jedinica prikupljaju podaci i obrađuju. Tako obrađeni podaci se dalje putem komunikacijskih jedinica lokalnih sustava automatike dalje šalju ka centralnim poslužiteljima SCADA sustava. Lokalni sustavi automatike imaju funkciju i izvršavati komande koje zadaju operateri iz CDU. Važna funkcionalnost sustava lokalne automatike predstavlja i mogućnost lokalnog i automatskog upravljanja sa samog objekta u slučaju održavanja, ispada komunikacije ili kvara SCADA sustava u CDU.

Komunikacijska infrastruktura kao što je već vidljivo iz prethodnih odlomaka također predstavlja nužni dio sustava za vođenje plinske distributivne mreže. Komunikacija između centralnog SCADA sustava i lokalnih sustava automatike mora biti pouzdana i sigurna, te također efikasna. U današnje vrijeme najviše se pribjegava korištenju mobilnih GPRS i GSM tehnologija razmjene podataka i korištenje optičkih komunikacijskih sustava (OKS), dok se korištenje telefonskih parica i radio komunikacije sve manje koristi. Prednosti mobilnih tehnologija svakako su dostupnost, pa čak i pouzdanost veze. U današnje doba



pokrivenost mobilnih mreža izuzetno je kvalitetna u većini urbaniziranih dijelova gdje se i odvija djelatnost distribucije plina. Izuzetno pogone tarife prijenosa podataka, koje ovise o količini prenesenih podataka, a ne o duljini trajanje konekcije, uvelike smanjuju troškove povezivanja lokalnih sustava automatike sa CDU. U slučaju mogućnosti izgradnje OKS, koji zahtjeva puno veća financijska sredstva, osigurana je izuzetno visoka pouzdanost prijenosa, veliki kapacitet i brzina prijenosa, za razliku od prije spomenutih mobilnih tehnologija.

SCADA sustav predstavlja osnovu SDV koji se nalazi u CDU, te će se njegovi osnovni dijelovi i funkcije objasniti na temelju PROZANET SCADA sustava. Osnovna arhitektura PROZANET sustava predstavlja:

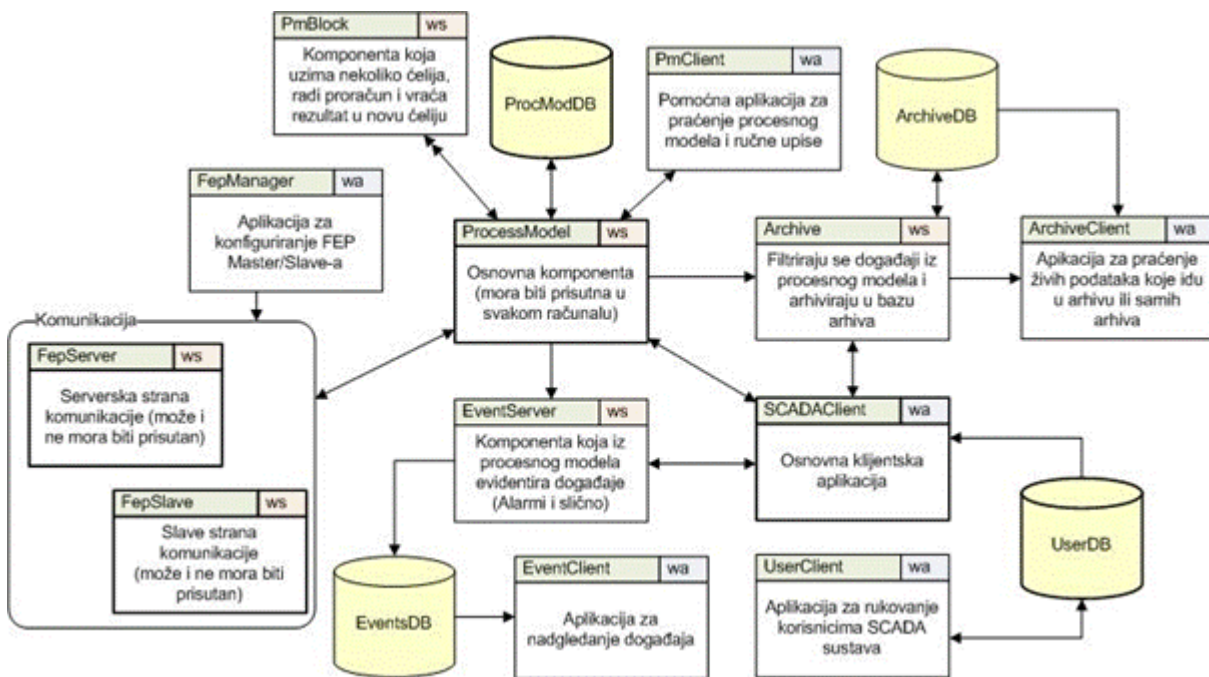
- Centralni SCADA poslužitelji podataka – osnovna funkcija im je prikupljanje podataka korištenjem različitih komunikacijskih protokola, te njihova obrada (alarmi, događaji, kronološke liste), sučelje prema bazi podataka
- Poslužitelji Povijesne Baze Podataka (PBP) – osnovna im je funkcija dobivene podatke iz SCADA poslužitelja arhivirati i pohraniti u bazu, te omogućiti njihov kasniji dohvat za svrhe naknadnih specijalističkih analiza operatera sustava
- Operaterske radne stanice – operater plinskog distributivnog sustava putem radnih stanica, računala i grafičkog sučelja, prati i nadzire cjelokupni plinski distributivni sustav kao u tehnološkom pogledu (da li je plinska distributivna mreža u normalnom stanju) tako i sistemskom pogledu (nadzor ispravnosti rada cjelokupnog SDV, svih lokanih sustava automatike, komunikacijskih sustava)

Centralni SCADA poslužitelji predstavljaju izuzetno pouzdane sklopovske komponente sustava, poslužitelje, koji mogu biti u jednostrukoj ili dualnoj konfiguraciji. Dualna konfiguracija omogućuje pouzdanost u pogledu rada sustava korištenjem vodećeg i pratećeg poslužitelja, te se u slučaju kvara na vodećem poslužitelju automatski prebacuje na prateći poslužitelj i na taj način omogućuje operateru nesmetan i kontinuiran rad. Isti princip redundancije vrijedi i za poslužitelje PBP. Kao pouzdani OS na poslužiteljima PROZANET se bazira na Microsoft Windows Server 2008 SE, dok se PBP temelji na Microsoft SQL Server 2008 SE. Microsoft produkti na kojima se temelji PROZANET sustav visoko su kvalitetni i pouzdani, te omogućuju laku nadogradnju i povezivanje sa drugim sustavima.

Komunikacija sa lokalnim sustavima automatike mora biti zasnovana na jedinstvenim standardnim komunikacijskim protokolima koji precizno, jasno i jednoznačno propisuju zakonitosti po kojima se odvija razmjena podataka. PROZANET tako podržava brojne protokole za povezivanje sa podređenim lokalnim sustavima automatike koji su u svijetu danas najrasprostranjeniji kao što su: IEC 60780 grupa protokola (101, 103 i 104), MODBUS (RTU, TCP), DNP 3.0, OPC, te ICCP TASE 2.0 koji je postao standard za međuentarsku razmjenu podataka između dva ravnopravna CDU.

Osim navedenih osnovnih funkcija sustava važno je napomenuti da sustav PROZANET omogućuje neke funkcije koje uvelike pojednostavnjuju operativno vođenje plinske distributivne mreže. Jedna od tih funkcija je korištenje sms i e-mail alarmiranja na način da se operativnom osoblju, koje je već negdje na terenu pošalje sms poruka sa sadržajem

alarma koji se generirao na centralnom SCADA poslužitelju. Na ovaj način ubrzati će se intervencija operativaca. Slično je i sa e-mail alarmiranjem, gdje se sa centralnog SCADA poslužitelja generira e-mail poruka sa izvadkom liste alarma sustava. Bolji uvid u stanje sustava moguće je dobiti i korištenjem Web Server funkcionalnosti koja omogućuje sigurno spajanje na sustav sa udaljenih računala korištenjem interneta i https sigurnosnog protkola. Korištenje mobilnih operatera za prikupljanje podataka sa lokalnih sustava automatike dodatno se osigurava korištenjem VPN tuneliranja, koje povećava sigurnost i pouzdanost te predstavlja jednu od osnovnih funkcija generiranja komunikacije točka-točka sa svim udaljenim tehnološkim objektima.



Slika 1. Distribuirana arhitektura PROZANET sustava

Distribuirana arhitektura PROZANET sustava prikazana je na Slici 1. Ovakva arhitektura omogućuje skalabilnost i fleksibilnost u veličini cjelokupnog SDV plinskom distributivnom mrežom. Određene funkcije moguće je tako instalirati na istim ili na različitim sklopovskim komponentama sustava te na taj način smanjiti eventualne dodatne troškove u pogledu velikog broja sklopovske opreme. Modularnost PROZANET sustava omogućuje povezivanje i integraciju raznih eksternih sustava koji na neki način predstavljaju pomoć ili nadopunu osnovnog sustava vođenja plinskom distributivnom mrežom. Neki od tih sustava su:

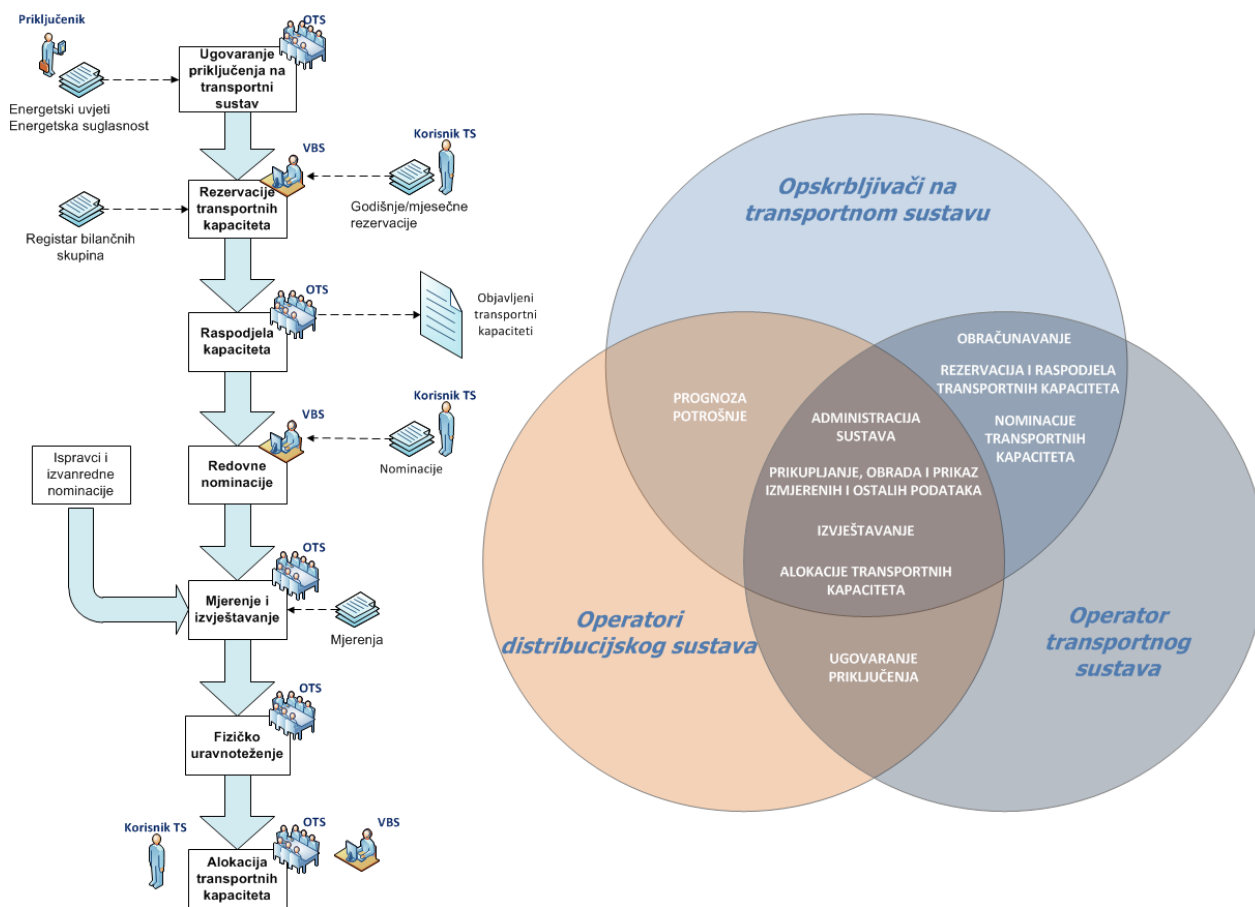
- GIS, TIS – Geografski i Tehnološki Informacijski sustav omogućuje lakšu lokalizaciju pojedinog tehnološkog dijela plinske distributivne mreže, te baza podataka tehnološke opreme pojedinog objekta uvelike olakšava održavanje sustava i pravovremenu intervenciju operativnog osoblja
- PRV sustav – Sustav Proširenog Realnog Vremena omogućuje dinamičku simulaciju i modeliranje plinske mreže kao dodatnu vrijednost SCADA sustava,

- Katodna zaštita – povezivanje sa udaljenim uređajima daljinske dojava sustava katodne zaštite plinovoda

4. Informacijski sustav za komercijalno upravljanje opskrbom i distribucijom plina

Informacijski sustav za komercijalno upravljanje opskrbom i distribucijom plina osigurava informatičku podršku za odvijanje komercijalnih poslovnih procesa vezanih za opskrbu i distribuciju plina na liberaliziranom tržištu plina. Obuhvaćeni su slijedeći poslovni procesi:

- Održavanje osnovnih podataka vezanih uz plan poslovanja komercijalnog upravljanja opskrbom i distribucijom plina – administracija sustava,
- Prikupljanje, obrada i prezentacija izmjerenih podataka o potrošnji/protoku plina,
- Rezervacije transportnih kapaciteta,
- Nominiranje/renominiranje dnevnih transportnih kapaciteta,
- Prognoziranje potrošnje plina,
- Izvještavanje za vanjske partnere i interne potrebe,
- Obračunavanje transportnih kapaciteta i priprema za fakturiranje,
- Integracija novog sustava sa postojećim internim i vanjskim sustavima,
- Naplata (billing).



Slika 2. Prikaz odvijanja poslovnog procesa opskrbe plinom

Tijek odvijanja komercijalnih poslovnih procesa opskrbe i distribucije plina prikazan je na Slici 2. Na lijevoj strani slike blokovski su prikazani različiti poslovni procesi i odgovarajući



sudionici na tržištu plina. Desna strana slike prikazuje tri glavna sudionika opskrbe (opskrbljivači plinom, OTS i ODS) prikazana krugovima i poslovne procese u kojima ti sudionici sudjeluju. Preklapanje pojedinih krugova označava poslovne procese u kojima pojedini sudionici izravno poslovno komuniciraju.

U okviru poslovnog procesa Održavanje osnovnih podataka vezanih uz plan poslovanja komercijalnog upravljanja implementirane su i stavljene na raspolaganje korisnicima slijedeće funkcionalnosti:

- Upravljanje bazom tehnoloških objekata (MRS, mjerne linije),
- Upravljanje bazom velikih potrošača plina na području opskrbe i distribucije Naručitelja,
- Upravljanje podacima iz ugovora o trgovini - dobavi, prodaji i opskrbi,
- Podaci iz ugovora sa drugim opskrbljivačima, krajnjim kupcima,
- Podaci iz ugovora o opskrbi plinom na distribucijskom sustavu za povlaštene kupce,
- Ugovaranje opskrbe tarifnih kupaca na distribucijskom sustavu za ostale (tarifne) kupce.

Poslovni proces Prikupljanje, obrada i prezentacija izmjerenih podataka o potrošnji / protoku plina osigurava kontinuiranu raspoloživost podataka o komercijalnim mjerenjima. Implementirane su slijedeće funkcionalnosti:

- Dohvat mjerenih podataka sa terena,
- Transfer izmjerenih podataka satne rezolucije sa terena u osnovnom obliku,
- Transformacija/migracija podataka u komercijalni informatički sustav,
- obrada i grafički prikaz podataka,
- prikaz povijesnih podataka, identifikacija ključnih točaka.

U poslovnom procesu Rezervacije transportnih kapaciteta korisnik temeljom analize povijesnih podataka plana opskrbe plinom za naredna razdoblja kreira rezervacije kapaciteta transportnog sustava. U tu svrhu sustav mu stavlja na raspolaganje slijedeće funkcionalnosti:

- Korištenje povijesnih podataka te podataka iz modula prognoze potrošnje za kreiranje kvalitetne rezervacije kapaciteta,
- Unos godišnjih i mjesečnih rezervacija transportnih kapaciteta,
- Arhivski pregled svih unesenih rezervacija.

Poslovni proces Nominiranje obuhvaća izradu dokumenta koji sadrži strukturirane podatke o količinama plina u određenom vremenskom intervalu po pojedinačnim ulazima i izlazima transportnog sustava. Tako izrađeni dokument naziva se nominacija, izrađuje se periodički i dostavlja se odgovarajućem operatoru transportnog sustava. Nominacije se moraju dostavljati unaprijed u rokovima koji su definirani postupkom poslovnog procesa. Dnevne nominacije se dostavljaju za slijedeći plinski dan. Aktualna dnevna nominacija može se renominirati u vremenskim rokovima propisanim postupkom nominiranja i renominiranja. Operator transportnog sustava dužan je potvrditi nominacije i renominacije. Korisnik ima na raspolaganju slijedeće funkcionalnosti:

- Unos nominacija u sustav (redovita, renominacija D+0, renominacija D+1, izvanredna),



- Ispravljanje unesene nominacije za sve tipove,
- Arhivski pregled svih tipova nominacija,
- Korištenje povijesnih podataka i prognoze potrošnje za kvalitetnu nominaciju,
- Statistička obrada nominiranih količina i izvještavanje,
- Usporedba izmjerenih vrijednosti sa nominiranim količinama.

Programska podrška za prognoziranje potrošnje plina omogućava izvođenja različitih vrsta kratkoročne i srednjoročne prognoze potrošnje plina. Koriste se različite metode (Kalmanov filter, linearni regresijski model i sl.), ovisno o raspoloživim podacima. Također je omogućena izrada prognoze za različite rastere prognoze: satni i dnevni. Prognozirani podaci o potrošnji služe kao jedan od osnovnih izvora podataka za izradu nominacija i renominacija koje se šalju operatorima transportnih sustava. Svaka prognoza sadržava podatke o kretanju meteoroloških veličina za slijedećih 7 dana, te se pohranjuje u bazi podataka sustava za komercijalno upravljanje. Modul za prognoziranje potrošnje je zasebni programski modul koji ima slijedeće karakteristike:

- Veza s bazom komercijalnih podataka,
- Veza s bazom mjerenja i prognoze meteoroloških parametara,
- Korištenje različitih modela prognoze potrošnje plina (linearna i nelinearna regresija, Kalmanov filter, ANN),
- Pohrana prognoza potrošnje u bazi komercijalnih podataka,
- Pregled i usporedba historijskih podataka prognoze potrošnje plina, prognoze temperature, izmjerenih potrošnja plina i izmjerenih temperatura.

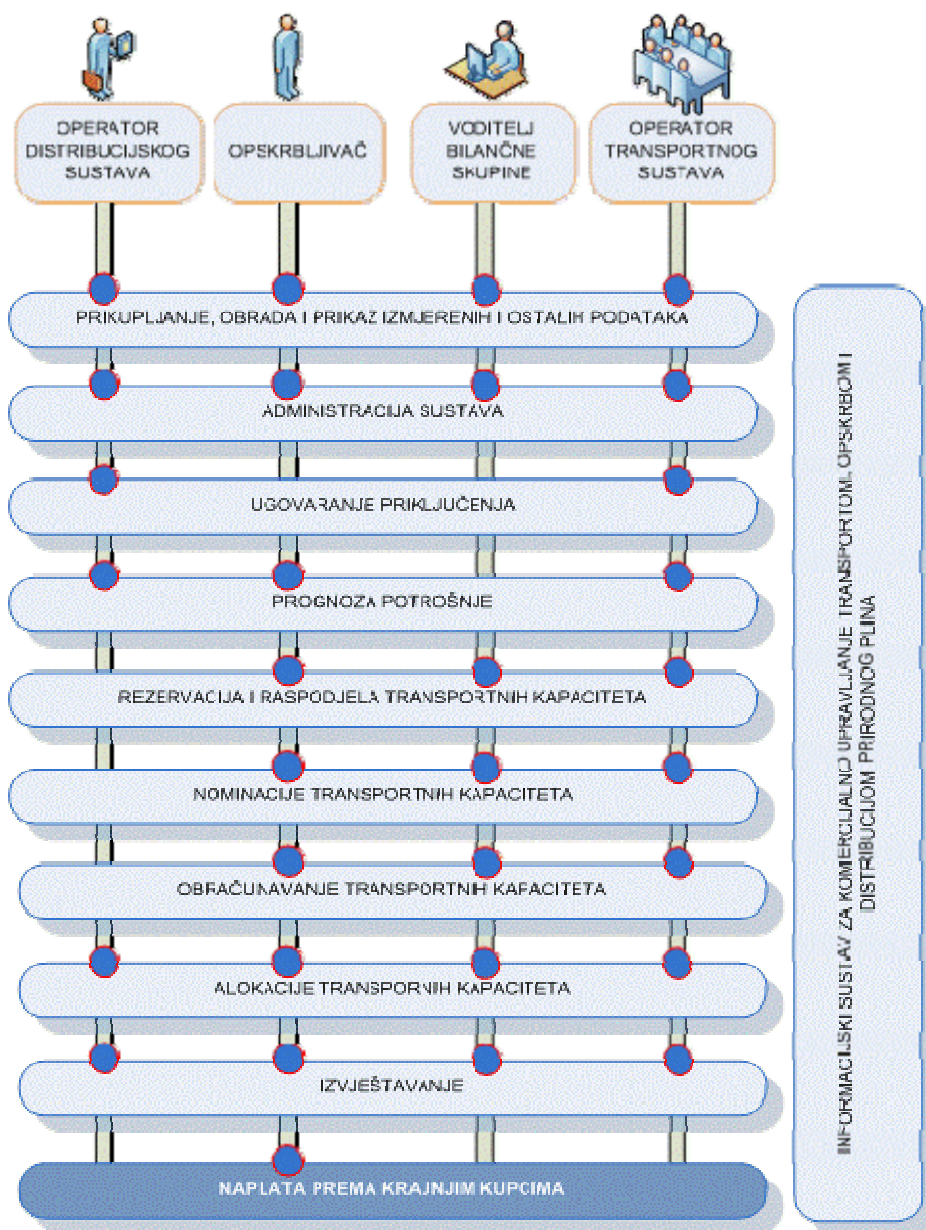
Informacijski sustav omogućava generiranje i ispisivanje različitih izvještaja koji su potrebni radi praćenja komercijalnog poslovnog procesa, kao i za zadovoljavanje zakonske obveze osiguravanja transparentnosti poslovnog procesa. Izvještaji se izrađuju za:

- Voditelja bilančne skupine,
- Operatora distribucijskog sustava,
- Povlaštene / velike kupce i tarifne kupce,
- Interne potrebe opskrbljivača.

U poslovnom procesu obračunavanje transportnih kapaciteta obavlja se razrada i kontrola svih obračunskih stavki vezanih za uslugu transporta plina uključujući i penale za prekoračenje rezerviranog kapaciteta. To je omogućeno dovođenjem u vezu podataka o svim rezervacijama kapaciteta i mjerenjima količina plina s elementima tarifnog sustava koji su također pohranjeni u sustavu.

Na temelju preuzetih podataka o obračunu usluga transporta plina pripremaju se odgovarajući dokumenti koji se dostavljaju poslovnom informacijskom sustavu radi izvođenja fakturiranja plina isporučenog kupcima. Poslovni procesi fakturiranja, obrade računa, naplate izdanih izlaznih računa, plaćanja ulaznih računa, te izrade odgovarajućih financijskih izvještaja odvijaju se u okviru poslovnog informacijskog sustava.

Razvijeni informacijski sustav komercijalnog upravljanja opskrbom i distribucijom plina ima modularnu strukturu koja omogućava parametriranje i konfiguriranje prema konkretnim potrebama pojedinačnih sudionika u opskrbi plinom. Njegova struktura prikazana je na blokovskoj shemi na Slici 3.



Slika 3. Struktura informacijskog sustava komercijalnog upravljanja transportom, opskrbom i distribucijom plina

Programsko rješenje sustava temelji se na Microsoft .NET tehnologiji i ORACLE bazi podataka prilagođenima za tvrtke male i srednje veličine. Za komunikaciju s drugima aplikacijama razvijena su odgovarajuća sučelja koja se nazivaju adapteri. Svi podaci sustava komercijalnog upravljanja opskrbom i distribucijom plina pohranjuju se i čuvaju u zajedničkoj bazi podataka, koja predstavlja glavno spremište podataka za sve poslovne procese. Predložena ORACLE baza podataka je relacijskog tipa, sadrži skup podataka koji nije redundantan i koristi se normalna forma.

5. Integracija i povezivanje s drugim sustavima



Zbog specifičnosti tehnološkog i poslovnog procesa kod svakog sudionika u procesu opskrbe plinom pojavljuje se više informacijskih sustava koji se koriste za obavljanje različitih zadataka. Pri tome treba osigurati njihovo međusobno povezivanje, odnosno integraciju. Kao primjer mogu se navesti slijedeći sustavi, koji svi mogu postojati unutar jedne organizacije:

- SCADA sustav - nadzor i upravljanje tehnološkim procesom,
- Sustav komercijalnog upravljanja – nadzor i upravljanje komercijalnim transakcijama na tržištu plina,
- Sustav daljinskog očitavanja brojila (u budućnosti sustav očitavanja pametnih brojila, engl. smart metering),
- Poslovni informacijski sustav – vođenje poslovnog procesa (nabava, prodaja, knjigovodstvo i sl.),
- Ostali sustavi (GIS, TIS i sl.).

Integracija između navedenih sustava naziva se vertikalna integracija.

Različiti sudionici, zbog logike tehnološkog i poslovnog procesa, kreiraju različite tipove međusobnih odnosa. Ti odnosi se zahtijevaju razmjenu informacija čija dinamika značajno varira. Općenito, liberalizacija tržišta je donijela ubrzavanje dinamike poslovnih procesa. U pravilu, poslovni proces se prati u satnoj rezoluciji, ali postoje događaji o kojima ostale sudionike treba izvijestiti praktički odmah (npr. neplanirani prekid isporuke plina). U takvim uvjetima nameće se potreba integracije informacijskih sustava različitih sudionika koji se nalaze u nekom od poslovnih odnosa. Takva integracija naziva se horizontalna i u pravilu treba omogućiti povezivanje dviju vrsta sustava:

- Sustavi komercijalnog upravljanja različitih sudionika tržišta plina koji su u izravnom poslovnom odnosu,
- SCADA sustavi sudionika čiji tehnološki sustavi su međusobno izravno povezani, npr. OTS i ODS.

Kod integracije sustava komercijalnog upravljanja treba koristiti najmodernije informatičke tehnologije, kao što su portali, internet, web sučelja, servisno orijentirana arhitektura, elektronička pošta i sl. SCADA sustavi se mogu povezivati na dvije razine – na razini tehnoloških objekata razmjenom procesnih signala i na razini dispečerskih centara korištenjem standardnih protokola, kao što je ICCP.

5. Zaključak

Nova energetska zakonska regulativa nametnula je operatorima sustava i opskrbljivačima čitav niz novih obveza. U području vođenja distributivnog sustava pojavljuje se obveza izgradnje SCADA sustava. U komercijalnoj domeni pojavljuje se čitavi niz potpuno novih obveza, kao što su: ishođenje energetske suglasnosti i priključenje na sustav, rezervacija i ugovaranje kapaciteta, nominiranje, alociranje, uravnoteživanje, trgovanje plinom i kapacitetima, mijenjanje opskrbljivača i dr. Dinamika poslovnog procesa značajno je ubrzana. Određene poslovne transakcije između sudionika u opskrbi moraju se svakodnevno izvoditi u strogo propisanim vremenskim rokovima. Bitno je povećana frekvencija mjerenja na ulazima u distributivni sustav i kod velikih distributivnih kupaca,



dok se istovremeno očitavanje potrošnje malih kupaca obavlja uglavnom na isti način kao i u razdoblju prije liberalizacije tržišta plina.

Sve navedeno ukazuje na potrebu izgradnje informacijskih sustava koji će omogućiti sudionicima u opskrbi distributivnih kupaca plinom podršku za neprekinuto odvijanje poslovnih procesa iz vlastite domene, ali i s mogućnošću komuniciranja sa sustavima drugih sudionika radi svakodnevne razmjene poslovnih informacija.

Opisan je SCADA sustav ProzaNet, rezultat vlastitog razvoja, koji predstavlja moderno koncipirano fleksibilno i skalabilno rješenje za nadzor i upravljanje različitim tehnološkim procesima. Sustav ProzaNet podržava različite komunikacijske medije i protokole. Sustav se može implementirati i rasti u fazama i na taj način se optimalno prilagoditi potrebama i mogućnostima korisnika. SCADA sustav, ovisno o potrebama i zahtjevima korisnika, može se nadograditi sustavom posebnih funkcija koji omogućava dinamičku simulaciju distributivnog sustava u realnom vremenu. Na taj način mogu se implementirati napredne funkcije kao što su estimacija stanja, look-ahead simulacija, otkrivanje istjecanja, obučavanje operatera i dr.

U području podrške za komercijalne poslovne procese Končar je razvio Sustav za komercijalno upravljanje opskrbom i distribucijom plina koji, na temelju zahtjeva zakonske regulative, omogućava izvođenje različitih aktivnosti u procesu opskrbe kupaca plinom, ovisno o potrebama individualnog sudionika tržišta plina. Navedeni sustav predstavlja optimalno poslovno rješenje koje opskrbljivačima odnosno operatorima distribucijskih sustava omogućava kvalitetnu informacijsku podršku za sve komercijalne poslovne procese propisane zakonskom regulativom. Ujedno se radi o centralnom repozitoriju odnosno bazi podataka koja objedinjuje sve poslovne informacije (tehnološke i komercijalne) na jednom mjestu.

Komunikacija sa sustavima drugih sudionika posebno je važna kod poslovnih transakcija koje se izvode svakodnevno, kao što su prognoziranje potrošnje i nominiranje, te obrada podataka mjerenja. Zbog toga SCADA sustav operatora distributivnog sustava treba povezati s komercijalnim IT rješenjima jednog ili više opskrbljivača koji opskrbljuju plinom kupce na tom distribucijskom sustavu.

6. Literatura

- [1] Mrežna pravila plinskog distribucijskog sustava, Narodne novine br. 50/2009, Zagreb, 2009.
- [2] Pravilnik o organizaciji tržišta prirodnog plina, Narodne novine br. 126/2010, Zagreb, 2010.
- [3] Directive 2009/73/EC of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Communities, Luxembourg, 2009.
- [4] The M-Bus: A Documentation Rev. 4.8, <http://www.m-bus.com/mbusdoc/default.php>
- [5] Interna tehnička dokumentacija, Končar – KET, Zagreb, 2011.



Energetska učinkovitost potrošnje prirodnog plina u kućanstvima Osječko baranjske županije

Energy Efficiency of Natural Gas Usage in Household of Osijek-Baranja County

Milan Ivanović ¹, Zlatko Tonković ², Hrvoje Glavaš ¹

¹ Elektrotehnički fakultet Osijek, ² HEP plin – Osijek

*Autor za korespondenciju. E-mail: milan.ivanovic@etfos.hr

Sažetak

Analizira se potrošnja prirodnog plina i električne energije u sektoru kućanstva na području OBŽ; dokazuje se manja potrošnja el. energije u kućanstvima plinificiranih naselja od kućanstava u naseljima koje su bez instalacija prirodnog plina. Korištenje prirodnog plina u kućanstvima povećava učinkovitost pretvorbe primarnih oblika energije s pozitivnim utjecajima na smanjenje stakleničkih plinova i onečišćenje prirodne sredine od korištenja drugih vrsta energenata ili el. energije za podmirenje toplinskih potreba. Na toj osnovi izračunate su i količine emisija stakleničkih plinova u sektoru kućanstva OBŽ.

Ključne riječi: kućanstva, potrošnja prirodnog plina, potrošnja električne energije,

Abstract

Analyzes the consumption of natural gas and electricity in the households sector in the Osijek-Baranja County area; argues the smaller consumption of electricity in households of gasified settlements from households in settlements without installation of natural gas. Utilization of natural gas in households increases the efficiency of transformation of primary forms of energy with positive impacts on the decrease of greenhouse gases and polluting the environmental from uses other kind of energy sources or electricity for the settling of thermal needs. On this basis have calculated and amounts CO₂ emission in the household sector in Osijek-Baranja County.

Key words: households, consumption of natural gas, consumption of electricity,

1. Uvod

Potrošnja prirodnog plina na području Osječko baranjske županije (OBŽ) se razvija već 35 godina, a distribuciju plina i razvoj plinskog sustava na području županije obavlja HEP Plin d.o.o. Osijek.¹ U ovom se radu analizira koliko potrošnja prirodnog plina utječe na potrošnju el. energije u kućanstvima na području OBŽ. Prethodno se, radi uvida u cjelinu, daje pregled broja potrošača i potrošnje prirodnoga plina u RH i OBŽ u 2010. g. po sektorima (tablica 1 i 2), a broj potrošača i potrošnju plina u kućanstvima u posljednjih 10 godina prikazuju grafikoni 1 i 2.

¹ Proces plinifikacije područja slavonsko-baranjske regije započeo je 1976. g. - nekoliko godina nakon otkrivanja nalazišta nafte i plina u Slavoniji. [1] - [3]

Tablica 1. Potrošnja prirodnog plina u RH i OBŽ po sektorima u 2010. g.

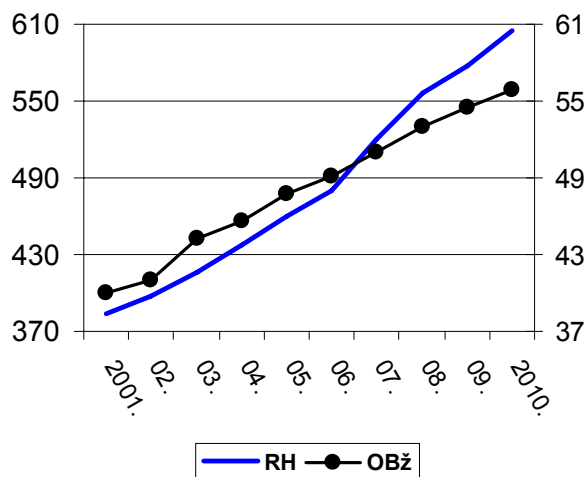
(000 m ³)	Kućanstva	Usluge	Industrija	Poljoprivreda	Toplane	Ukupno
RH	769.857	193.151	288.838	22.045	60.409	1.355.610
OBŽ	79.122	17.569	27.033	3.551	794	128.069
Udio OBŽ (%)	10,3	9,1	9,4	16,1	1,3	9,4

Izvor: [4] [5]

Tablica 2. Broj potrošača prirodnog plina u RH i OBŽ po sektorima u 2010. g.

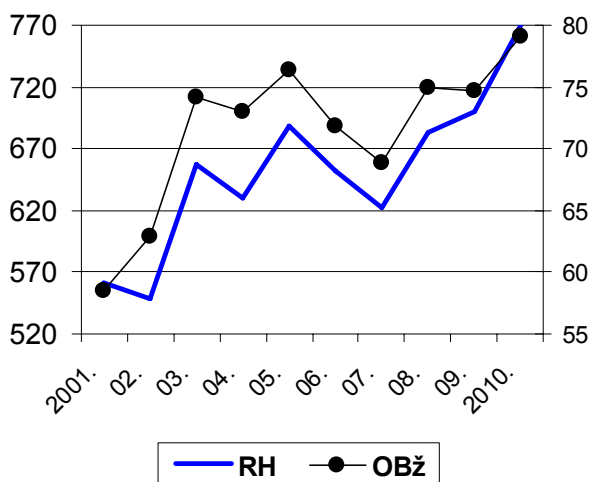
Br. potrošača	Kućanstva	Usluge	Industrija	Poljoprivreda	Toplane	Ukupno
RH	605.568	39.605	3.853	785	382	1.455.124
OBŽ	55.195	3.094	714	43	14	111.392
Udio OBŽ (%)	9,1	7,8	18,5	5,5	3,7	7,7

Izvor: [4] [5]



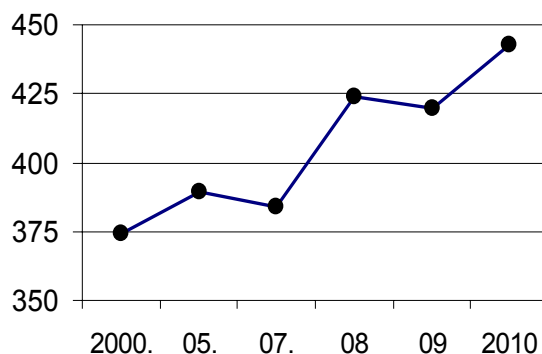
Slika 1. Broj potrošača prirodnog plina u kućanstvima RH i OBŽ (u 000); Izvor: [4] [5] [6]

Napomena: podaci za RH očitavaju se na lijevoj, a za OBŽ na desnoj strani grafikona



Slika 2. Potrošnja prirodnog plina u kućanstvima RH i OBŽ (10⁶ m³); izvor: [4] [5] [6]

Kućanstva su u ukupnoj potrošnji plina u RH 2010. g. zastupljena s 56,8% (2003. g. 59,9%), a kućanstva OBŽ u ukupnoj potrošnji na području županije s 61,8% (2003. g. 57%). Sektor kućanstva OBŽ je u potrošnji plina kućanstava RH u 2010. g. zastupljen s 10,3%. U razdoblju 2001. – 2010. g. potrošnja plina u kućanstvima OBŽ raste prosječnom godišnjom stopom od 3,4%, a u istom sektoru RH stopom 3,6% godišnje. U potrošnji električne energije kućanstva OBŽ u 2007. g. sudjelovala su u ukupnoj potrošnji Županije na niskom naponu s 57,2% i taj udio raste svake godine da bi 2010. g. dostigao 68,2%; ova potrošnja raste od 2000.-2010.g. prosječnom stopom od 1,7% godišnje (slika 3).



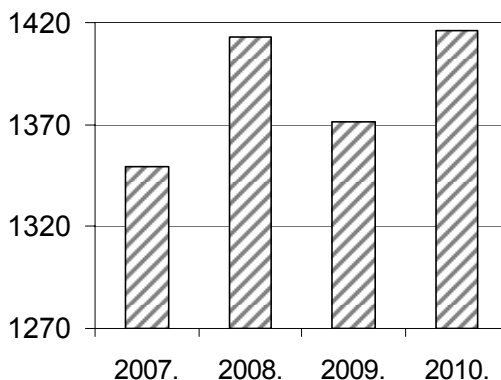
Slika 3. Potrošnja el. energije u kućanstvima OBŽ
(10⁶ kWh); izvor: [7] [8]

2. Analiza potrošnje prirodnog plina i el. energije u kućanstvima na području OBŽ

Korištenje prirodnog plina u kućanstvima je energetski i ekonomski promatramo bolji način od korištenje drugih primarnih oblika energije i el. energije u podmirenju toplinskih potreba kućanstava. [9] Analiza potrošnje prirodnog plina i el. energije u kućanstvima provest će se preko potrošnje prirod. plina i el. energije u kućanstvima OBŽ za razdoblje 2007.- 2010. g.

2.1. Prosječna potrošnja plina u kućanstvima OBŽ

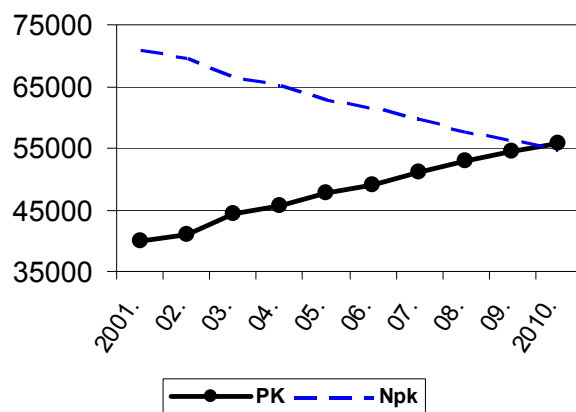
Prosječna potrošnja prirodnog plina u plinificiranim naseljima (115 naselja) izračunata je prema broju potrošača i ukupne potrošnje plina pojedinog naselja u godini (tablica 3 – na kraju rada). Prosječna potrošnja kućanstava raste od 1.349 do 1.416 m³ prirodnog plina godišnje; slika 4.



Slika 4. Prosječna potrošnja prirodnog plina u kućanstvima OBŽ
(m³); Izvor: [6] Izračun autora

2.2. Izračun prosječne potrošnje el. energije u kućanstvima OBŽ

Prema popisu stanovništva 2001.g. na području OBŽ je bilo 110.954 kućanstava.[10] Broj kućanstava-potrošača prirodnog plina na području OBŽ u razdoblju 2001.-2010. g. raste po stopi od 3,8% i 2009. g. prerastao je broj neplinificiranih kućanstava (slika 5).



Slika 5. Broj plinificiranih i neplinificiranih kućanstava na području OBŽ

Izvor: [5]

Na temelju podataka za područje OBŽ o: (a) potrošnji el. energije u kućanstvima po naseljima, (b) broju kućanstava po naseljima prema popisu stanovništva 2001. g. i (c) broju kućanstava-potrošača prirodnog plina po naseljima – izračunata je prosječna el. energije po kućanstvima za svako od 263 naselja na području OBŽ;

- Prosječna potrošnja el. energije u plinificiranim naseljima (115 naselja) razdvojena je na: (a) plinificirana kućanstva (PK) i (b) neplinificirana kućanstva (Npk), a prema godišnjem broju potrošača plina (tablica 4 – na kraju rada).
- Prosječna potrošnja el. energije u neplinificiranim naseljima (148 naselja) izračunata je prema broju kućanstava iz 2001.g.²
- Iz ukupnog broja plinificiranih kućanstava u svim plinificiranim naseljima – ponderiranim vrijednostima - izračunata je prosječna potrošnja el. energije za plinificirana kućanstva (PP_PK) za cijelo područje OBŽ.
- Iz ukupnog broja kućanstava koja nemaju priključak na plinsku mrežu iz plinificiranih i neplinificiranih naselja – ponderiranim vrijednostima – izračunata je prosječna potrošnja el. energije za neplinificirana kućanstva (PP_Npk).

2.3. Korelacijska veza prosječne potrošnje plina i el. energije u kućanstvima

Regresijskom analizom (izraz 1) istražena je veza između prosječne potrošnje plina i el. energije u kućanstvima na području OBŽ; rezultati u tablici 5;

$$y_i = a + \beta x_i + e_i \quad (1)$$

² Prema prvim rezultatima popisa stanovništva iz 2011.g. na području OBŽ je bilo 110.879 kućanstava dakle samo 75 kućanstava manje nego prema popisu iz 2001.g. [10]



pri čemu je:

$i = 1, 2, \dots, n$;

y_i = i-ta vrijednost zavisne varijable

x_i = i-ta vrijednost nezavisne varijable

a i β = nepoznati parametri

e_i = i-ta nepoznata vrijednost slučajne varijable

Tablica 5. Koeficijenti korelacije prosječne potrošnje el. energije i plina u kućanstvima na području OBŽ

Godina	2007.	2008.	2009.	2010.
Koeficijent korelacije	0,174	0,465	0,362	0,158

Izvor: Izračunato iz podataka u tablici 4:

Budući da vrijednosti koeficijenata korelacije ne prelaze 0,500 - ovim je utvrđeno da ne postoji povezanost između potrošnje plina i el. energije u kućanstvima na području OBŽ..

2.4. Razlog porasta prosječne potrošnje el. energije u kućanstvima

Prosječna potrošnja el. energije po kućanstvima na području OBŽ u razdoblju od 2007. do 2010.g. raste svake godine, ali varira po naseljima - bez obzira radi li se o plinificiranim ili neplinificiranim kućanstvima - što ukazuje da na porast potrošnje utječu neki drugi faktori; primjer u tablici 6.

Tablica 6. Prosječna potrošnja el. energije u kućanstvima na području OBŽ (kWh)

Rb	Naselje	Br. kućanstava	2007.	2008.	2009.	2010.
Plinificirana kućanstva						
1.	Bizovac	535	3.735	3.759	3.777	4.090
2.	D. Miholjac	2002	3.044	3.579	3.475	3.555
3.	P. Moslavina	50	3.347	3.462	3.425	3.481
Neplinificirana kućanstva						
1.	Bijelo Brdo	709	4.144	3.648	4.273	4.349
2.	Dalj	1.485	3.629	3.932	3.993	4.273
3.	Klokočevci	161	2.652	2.719	2.699	2.746

Izvor: tablica 4

Uvid u tablicu 7 i slike 6 i 7 pojašnjava razloge porasta prosječne potrošnje el. energije u svim kućanstvima - bez obzira na plinificiranost kućanstava.

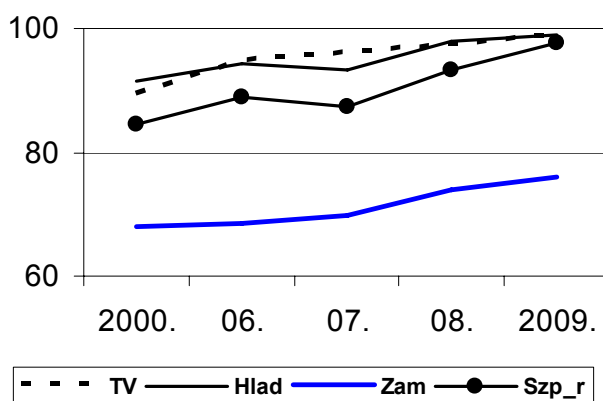
Izračunati koeficijenti korelacije za broj kućanskih uređaja i ukupnu potrošnju el. energije u OBŽ (u tablici 6 - Kf_korel) su izrazito visoki (iznad 0,800) i potvrđuju snažnu povezanost vezu porasta broja kućanskih uređaja i ukupne potrošnje el. energije u kućanstvima na području OBŽ.

Budući da je opskrbljenost kućanstava u RH kućanskim aparatima na električni pogon svake godine rasla visokim stopama – ostvaren je i rast potrošnje el. energije u kućanstvima.

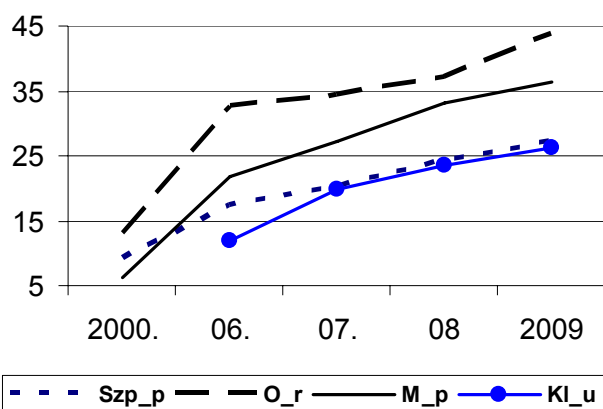
Tablica 7. Opskrbljenost kućanstava u RH trajnim dobrima (%)

Rb	Trajno dobro	2000.	2006.	2009.	Kf_kor.
1.	TV u boji	89,4	94,9	99,0	0,875
2.	Drugi TV	7,9	16,6	19,5	0,801
3.	Hladnjak	91,5	94,2	99,0	0,960
4.	Zamrzivač	68	68,5	76,1	0,956
5.	Stroj za pranje rublja	84,4	88,9	97,8	0,915
6.	Stroj za pranje posuđa	9,1	17,3	27,1	0,934
7.	Radioaparat	...	...	89,4	...
8.	Glazbena linija	26,5	35,6	46,3	0,866
11.	Osobno računalo	13,2	32,7	43,8	0,827
12.	Mikrovalna pećnica	6,2	21,8	36,3	0,917
13.	Klimatizacijski uređaj	...	12,0	26,3	0,908

Izvor: [11] [12]; koeficijenti korelacije – izračun autora



Slika 6. Opskrbljenost kućanstava u RH trajnim dobrima (%); Izvor: tablica 7



Slika 7. Opskrbljenost kućanstava u RH trajnim dobrima (%); Izvor: tablica 7

2.5. Razlike u prosječnoj potrošnji el. energije plinificiranih i neplinificiranih kućanstava

U tablici 8 je prikazana izračunata ponderirana prosječna potrošnja el. energije u plinificiranim i neplinificiranim kućanstvima; uočava se razlika u prosječnoj potrošnji koja raste od 10 kWh u 2007. g. na 69 kWh u 2010. g. No, ove su razlike ustvari i veće – te su potrebne korekcije. Naime, Zbog ograničenosti raspoloživih podataka prosječna potrošnja kućanstava u plinificiranim naseljima izračunata je iz ukupne potrošnje naselja za PK i Npk, a prema broju plinificiranih kućanstava – tako je u tim naseljima prosječna potrošnja kućanstava jednaka za PK i Npk.

- Kod kućanstava u neplinificiranim naseljima (kako se vidi iz tablice 8) prosječna potrošnja je veća - pa se zbog toga, za taj iznos razlike, treba umanjiti prosječna potrošnja u plinificiranim kućanstvima – što je učinjeno u tablici 9; slika 8.

Tablica 8. Izračunata prosječna potrošnja el. energije po kućanstvu u OBŽ

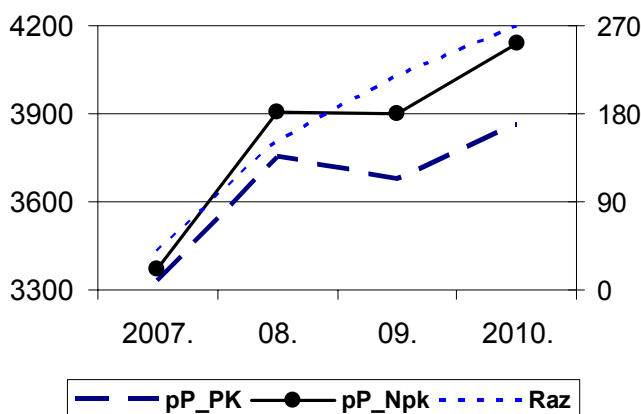
Sektor kućanstava	2007.	2008.	2009.	2010.
PP_PK (kWh)	3.346	3.811	3.761	3.965
PP_Npk (kWh)	3.356	3.849	3.817	4.034
Razlika (kWh)	10	39	56	69

Izvor: [7] [8] _ Izračun autora

Tablica 9. Realna prosječna potrošnja el. energije po kućanstvu u OBŽ

Sektor kućanstava	2007.	2008.	2009.	2010.
PP_PK (kWh)	3.331	3.753	3.677	3.861
PP_Npk (kWh)	3.371	3.906	3.901	4.138
Razlika (kWh)	39	153	220	270
Razlika PK/Npk (%)	1,2	3,9	5,6	6,5

Izvor: Izračun autora



Slika 8. Korigirana prosječna potrošnja el. energije po kućanstvu (kWh); Izvor: Izračun autora

Kako se vidi iz tablice 9 i slike 8 - plinificirana kućanstva ostvaruju manju potrošnju el. energije od neplinificiranih; razlika te potrošnje u 2010. g. iznosi 6,5% od potrošnje PK.

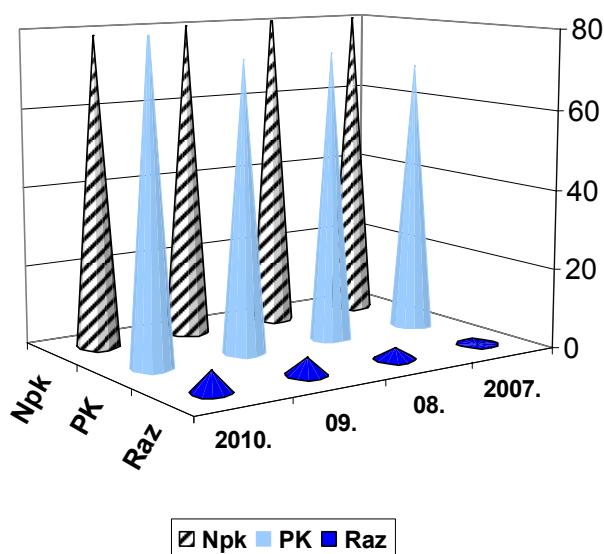
2.5. Emisije CO₂

Na temelju prosječne i ukupne potrošnje prirodnog plina i električne energije u kućanstvima prema propisanoj metodologiji [13] [14] [15] izračunate su emisije CO₂;

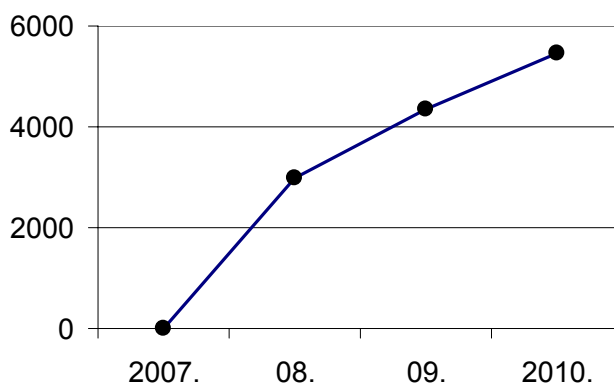
Tablica 10. Emisije CO₂ u potrošnji el. energije u kućanstvima OBŽ (tona)

Sektor	2007.	2008.	2009.	2010.
PK_kWh	68.781	73.351	73.246	78.502
Npk_kWh	81.559	83.122	80.120	82.499
Razlika	835	2.977	4.345	5.457

Izvor: Izračun autora



Slika 8. Emisije CO₂ u potrošnji el. energije u kućanstvima OBŽ (000 tona)
(000 tona); Izvor: Izračun autora



Slika 9. Emisije CO₂ iz razlike u potrošnji el. energije između plinificiranih i neplinificiranih kućanstva u OBŽ (tona)
(tona); Izvor: Izračun autora

Kako se vidi u tablici 10 (slika 9) - emisije CO₂ iz neplinificiranih kućanstava veće su za 5.457 tona u 2010.g. zbog nekorištenja prirodnog plina u podmirivanju toplinskih potreba.



3. Zaključak

1. Potrošnja prirodnog plina na području Osječko baranjske županije je razvijena, a posebno u sektoru kućanstava; kućanstva OBŽ su u ukupnoj potrošnji na području županije u 2010.g. zastupljena s 61,8%, a u potrošnji sektora u RH s 10,3%. U razdoblju 2001. – 2010. g. potrošnja plina u kućanstvima OBŽ raste prosječnom godišnjom stopom od 3,4%. Prosječna potrošnja prirodnog plina u kućanstvima OBŽ raste od 1.349 (2007.g.) do 1.416 m³ plina godišnje.

2. U potrošnji električne energije kućanstva OBŽ u 2007. g. sudjelovala su u ukupnoj potrošnji Županije na niskom naponu s 57,2% i taj udio raste svake godine da bi 2010. g. dostigao 68,2%; ova potrošnja raste od 2000.-2010.g. prosječnom stopom od 1,7% godišnje. Prosječna potrošnja el. energije u kućanstvima na području OBŽ u razdoblju od 2007. do 2010.g. raste svake godine, ali varira po naseljima - bez obzira radi li se o plinificiranim ili neplinificiranim kućanstvima.

3. Regresijskom analizom je utvrđeno da ne postoji povezanost između prosječne potrošnje plina i el. energije u kućanstvima na području OBŽ. Izračunati koeficijenti korelacije za broj kućanskih uređaja i ukupnu potrošnju el. energije potvrđuju snažnu vezu porasta broja kućanskih uređaja i ukupne potrošnje el. energije u kućanstvima na području OBŽ.

4. Nagli rast opremljenosti kućanstava kućanskim uređajima u RH (pa tako i u OBŽ pridonose posljednjih godina visokim stopama rasta potrošnje el. energije u kućanstvima: od 2006. do 2009. g. opremljenost kućanstava je dostigla vrlo visoke postotke: TV u boji ima 99% kućanstava, drugi TV ima 19% kućanstava, a slijede: hladnjak (99%), zamrzivač (76%), stroj za pranje rublja (98%), stroj za pranje posuđa (27%), mikrovalna pećnica (36%), osobno računalo (44%) i klima uređaj 26% kućanstava.

5. Posebnom istraživačkom metodom je utvrđena razlika u prosječnoj potrošnji el. energije u plinificiranim i neplinificiranim kućanstvima; plinificirana kućanstva ostvaruju manju potrošnju el. energije od neplinificiranih; razlika te potrošnje u 2010. g. iznosi 6,5% od potrošnje plinificiranih kućanstava, odnosno polovice broja kućanstava na području županije.

6. Na toj osnovi izračunate su i emisije CO₂ koje nastaju korištenjem električne energije. Utvrđeno je da samo po osnovi razlike u korištenju električne energije u neplinificiranim u odnosu na plinificirana kućanstva - emisija CO₂ u 2010. godini iznosi gotovo 6.000 tona.

7. Korištenje prirodnog plina u kućanstvima je energetski i ekonomski promatramo bolji način od korištenje drugih primarnih oblika energije i el. energije u podmirenju toplinskih potreba kućanstava. S tog naslova – važno je i dalje razvijati plinsku infrastrukturu i stimulirati razvoj potrošnje prirodnog plina na području OBŽ.



Tablica 10. Broj plinificiranih kućanstava i prosječna potrošnja prirodnog plina u naseljima Osječko-baranjske županije u razdoblju 2007.- 2010.g.³

Rb	Naselje	Br. plinificiranih kućanstava				Prosječna potrošnja plina (m ³)			
		2007.	2008.	2009.	2010.	2007.	2008.	2009.	2010.
Prvih deset naselja s najvećom prosječnom potrošnjom plina u kućanstvima									
1.	Marjančaci	39	42	42	45	3.066	3.273	3.135	2.978
2.	Brijest	280	284	285	282	1.831	1.880	1.875	1.974
3.	Beli Manastir	141	335	422	486	887	1.410	1.962	1.944
4.	Livana	165	163	164	170	1.665	1.804	1.818	1.886
5.	Vučevci	24	24	25	27	2.213	2.396	2.347	1.865
6.	Šećerana	11	23	29	33	759	1.443	1.673	1.854
7.	Forkuševci	37	38	40	40	1.816	1.940	1.835	1.841
8.	Koritna	77	79	82	83	1.715	1.843	1.676	1.826
9.	Višnjevac	1.992	2.009	2.012	2.041	1.677	1.785	1.736	1.793
10.	Antunovac	480	510	524	530	1.685	1.768	1.719	1.792
Prvih deset naselja s najvećim brojem kućanstava-potrošača plina									
1.	Osijek	21.020	21.858	22.490	23.027	1.249	1.284	1.245	1.290
2.	Đakovo	3.978	4.191	4.294	4.390	1.644	1.706	1.649	1.657
3.	Čepin	2.495	2.532	2.565	2.550	1.472	1.556	1.525	1.594
4.	Našice	2.368	2.448	2.471	2.513	1.335	1.405	1.368	1.429
5.	Višnjevac	1.992	2.009	2.012	2.041	1.677	1.785	1.736	1.793
6.	Donji Miholjac	1.979	1.981	1.993	2.002	1.287	1.374	1.316	1.372
7.	Valpovo	1.799	1.884	1.889	1.940	1.465	1.519	1.492	1.544
8.	Tenja	1.727	1.772	1.795	1.831	1.492	1.581	1.553	1.603
9.	Belišće	1.742	1.780	1.794	1.826	1.189	1.303	1.233	1.270
10.	Josipovac	1.114	1.135	1.154	1.159	1.670	1.781	1.723	1.783
Prvih deset naselja s najmanjom prosječnom potrošnjom plina u kućanstvima									
1.	Marjanci	111	113	114	114	394	443	435	463
2.	Lug Subotički	53	54	56	56	729	746	703	712
3.	Lacići	67	67	67	68	742	771	729	748
4.	Malinovac	19	19	20	20	1.005	1.115	746	781
5.	Valenovac	23	23	22	22	746	808	778	782
6.	Beničanci	109	108	111	110	767	836	768	786
7.	Ordanja	15	16	15	16	666	724	723	811
8.	Lađanska	20	23	23	25	760	961	1.029	833
9.	Kućanci	69	71	70	72	909	902	867	904
10.	Bokšić	22	22	23	23	828	860	838	927

Izvor: [6] _ Izračun autora

³ Iz analize potrošnje plina izostavljena su naselja koja su plinificirana 2008.-2010. g. (Bilje, Branjin Vrh, Čeminac, Divoš, Ernestinovo, Josip Punitovački, Jurjevac Punitovački, Karanac, Kelešinka, Kn. Vinogradi, Kozarac, Laslovo, Punitovci, Stipanovci, Široko Polje i Šumarina) - zbog nerazvijene potrošnje.



Tablica 11. Broj kućanstava i prosječna potrošnja električne energije u naseljima na području Osječko-baranjske županije u razdoblju 2007.- 2010.g.⁴

Rb	Naselje	Br. kuć.	Br. potrošača plina				Prosječna potrošnja el_kWh				% PK
			2007.	2008.	2009.	2010.	2007.	2008.	2009.	2010.	
Prvih deset naselja s najvećim postotkom plinificiranih kućanstava											
1.	Višnjevac	2.235	1.992	2.009	2.012	2.041	3.927	4.050	3.900	4.039	91
2.	Briješće	391	310	331	340	354	3.971	4.262	4.077	4.217	91
3.	D. Miholjac	2.218	1.979	1.981	1.993	2.002	3.044	3.579	3.475	3.555	90
4.	Našice	2.855	2.368	2.448	2.471	2.513	2.229	3.196	3.137	3.193	88
5.	Josipovac	1.376	1.114	1.135	1.154	1.159	3.865	4.022	3.918	4.078	84
6.	Kitišanci	52	43	43	43	43	4.295	4.297	4.095	4.320	83
7.	Čepin	3.149	2.495	2.532	2.565	2.550	3.997	4.001	3.826	4.136	81
8.	Magaden	36	29	29	30	29	3.510	3.731	3.709	3.822	81
9.	Podravlje	124	95	99	98	99	3.792	4.294	4.121	4.001	80
10.	Livana	214	165	163	164	170	4.275	4.364	4.189	4.708	79
Prvih deset naselja s najvećom prosječnom potrošnjom el. energije u kućanstvima											
1.	Šećerana	203	11	23	29	33	2.336	4.346	3.982	5.014	16
2.	Livana	214	165	163	164	170	4.275	4.364	4.189	4.708	79
3.	Vučevci	93	24	24	25	27	4.451	4.537	4.453	4.534	29
4.	Darda	1.897		29	137	178		4.008	3.970	4.488	9
5.	Forkuševci	137	37	38	40	40	4.058	4.427	4.234	4.460	29
6.	Samatovci	192	135	142	144	145	4.460	4.638	4.425	4.453	76
7.	Mece	307		15	50	64		4.054	4.002	4.439	21
8.	Ivanovo	93	4	5	4	4	4.316	4.276	4.712	4.432	4
9.	Piškorevci	568	61	75	82	89	4.524	4.403	4.528	4.422	16
10.	Veliškovci	221	137	144	145	147	3.584	3.629	3.803	4.360	67
Prvih deset naselja s najmanjom prosječnom potrošnjom el. energije u kućanstvima											
1.	Sušine	112	50	52	53	54	2.060	2.336	2.413	2.242	48
2.	Teodorovac	29	2	3	2	2	2.072	2.135	2.188	2.372	7
3.	Zoljan	241	68	70	74	75	2.046	2.253	2.243	2.430	31
4.	Brezovica	24	2	2	4	4	3.209	3.195	2.804	2.639	17
5.	Kapelna	128		1	1	1		2.598	2.468	2.641	1
6.	Valenovac	72	23	23	22	22	2.895	2.867	2.544	2.715	31
7.	Gradac Naš.	58	3	3	3	3	2.375	2.846	2.744	2.722	5
8.	Ribnjak	19	3	3	3	3	2.509	2.791	2.717	2.736	16
9.	Ličko N.Selo	41	8	9	9	9	2.435	2.782	2.786	2.737	22
10.	Klokočevci	161	44	45	47	44	2.652	2.719	2.699	2.746	27

Izvor: [6] [7] _ Izračun autora

⁴ Iz analize potrošnje električne energije izostavljena su naselja koja broje manje od 10 kućanstava kao i vikend naselja (naselja koja nisu stalno nastanjena kao npr. Aljmaš planina, Dalj planina, itd.).



6. Literatura i izvori podataka

- [1] Ivanović, Milan. Ekonomske osnove za koncepciju programa supstitucije djela potrošnje el. energije u domaćinstvima s prirodnim plinom; III. Međunarodni susret plinskih stručnjaka, Opatija, 29.08.-1.9.1987; s. 02-1-02-11 **(rad u zborniku)**
- [2] Ivanović, Milan. Plinifikacija domaćinstava u Slavoniji i potrošnja električne energije; VII međunarodni susret stručnjaka za plin, Opatija 1991.(11.-14.5.1992.); Zbornik, str. 2.1–2.9 **(rad u zborniku)**
- [3] Ivanović Milan, Znanost i regionalna energetika - Istraživanja o razvoju energetike i korištenju energije u Slavoniji. ISBN 953-6032-502-3; Elektrotehnički fakultet Osijek, 2006. **(knjiga)**
- [4] Plinsko gospodarstvo Hrvatske' 2010. Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, 2011. (www.hsup.hr/) **(statistički podaci)**
- [5] Plinsko gospodarstvo Hrvatske' 2003. Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, 2004. (www.hsup.hr/) **(statistički podaci)**
- [6] HEP Plin d.o.o. Osijek **(podaci o potrošnji)**
- [7] HEP ODS „Elektroslavonija“- Osijek **(podaci o potrošnji)**
- [8] HEP d.d. ODS Zagreb. Godišnje izvješće 2004.- 2009.; Zagreb, 2005. (-2010.)
- [9] Glavaš, Hrvoje; Antunović, Mladen; Lajos. Jozsa. Electrical energy versus gas for household heating purposes 21th International Scientific Conference Information Technology In Education of Informatics, Electrical and Mechanical Engineers 6,-8.5. 2004. pp 102-112, Subotica **(rad u zborniku)**
- [10] Državni zavod za statistiku. Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. Prvi rezultati po naseljima, Statistička izvješća 1441; ISSN 1332 – 0297, Zagreb, 2011.
- [11] Državni zavod za statistiku. Rezultati ankete o potrošnji kućanstava u 2008. Statistička izvješća 1441; ISSN 1333-1876, Zagreb, 2011. **(statistički podaci)**
- [12] Državni zavod za statistiku. Anketa o potrošnji kućanstava - osnovne karakteristike potrošnje i primanja kućanstava od 2006. do 2008. Priopćenje br 14.1.1. Zagreb, 2009. **(statistički podaci)**
- [13] Glavaš, Hrvoje; Stojkov, Marinko; Barić, Tomislav. Energetske učinkovitosti zgrada PLIN 2011. 2. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi; **(rad u zborniku)**
- [14] Ivanović, Milan; Blažević, Damir; Glavaš, Hrvoje. The Structure of Electricity Consumption and its Utilisation Efficiency in European Transition Countries; ISSN 1847-6996 IJECES, Vol.1; No.2, pp 112-126; **(rad u časopisu)**
- [15] Glavaš, Hrvoje; Ivanović, Milan. Potrošnja energije i energetska učinkovitost u zgradarstvu na području Osječko-Baranjske županije, Osijek, 2011. **(knjiga u rukopisu)**



Novi DVGW-TRGI 2008

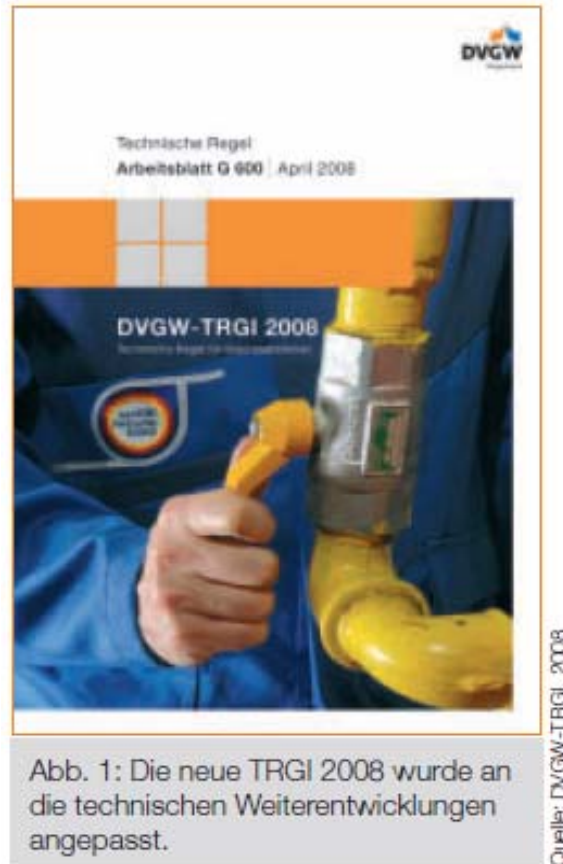
Kai-Uwe Schuhmann, Aida Bučo-Smajić

Radni list DVGW-a G 600 „Tehnička pravila za gasne instalacije“, DVGW-TRGI, je objavljen sa značajnim izmjenama i neophodnim prilagođavanjima.

Radni list DVGW TRGI iz 1986 godine je bio na snazi preko 20 godina. Prilagođavanje/aktualiziranje na inoviranu Uredbu o gradnji i Uredbu o ložištima, Europsku direktivu o gasnim aparatima, kao i funkcionalnom standardu DIN EN 1775:1996 je izvršeno 1996. godine. Dalje aktualiziranje je uslijedilo s korekturama, izmjenama i dopunama u augustu 2000. godine, kao i s izmjenama, odnosno dopunama dodatnog lista G 600-B, decembra 2003, s tematikom “Otežavanje manipulacija”.

Promjene i prilagođavanja na tehnički razvoj u području instalacija kao i promjene građevinsko-pravnih osnovnih uredbi, kao Urnek-Uredbe o gradnji, Urnek-Uredbe o ložištima i Urnek-Direktive o sistemima vodova zahtijevali su obimnu preradu TRGI-a. Tehnički komitet “Gasne instalacije” je s TRGI 2008 predočio rezultate dugogodišnjeg rada na bitnim inoviranjima i neophodnim prilagođavanjima.

Preradu je vodio Tehnički komitet uz uključivanje više projektnih grupa kao i stručnjaka iz relevantnih grupa. Uz to su provedena prateća naučna istraživanja u okviru projekata istraživanja i razvoja (npr. istraživanja primjene u praksi sigurnosnog prekidača strujanja gasa (*gas stop ventili*) GS, osiguranje vodova od plastičnih materijala i spojeva u gasnim instalacijama, kao i validiranje postupka dimenzioniranja). Rezultati ovih istraživanja su uvršteni u preradu TRGI-a.



Slika 1: Novi TRGI 2008 je prilagođen tehničkom razvoju

Novi TRGI 2008 je podijeljen u 5 poglavlja uz obimne priloge:

- Poglavlje I Općenito i pojmovi
- Poglavlje II Sistemi vodova
- Poglavlje III Dimenzioniranje sistema vodova
- Poglavlje IV Postavljanje gasnih aparata
- Poglavlje V Pogon i održavanja
- Prilozi 1-10

TRGI je urađen kao kompedium svih pet poglavlja u formi knjige.

Značajni noviteti / izmjene

U **poglavlju I** „Općenito i pojmovi“ je kao i uobičajeno opisano područje primjene TRGI-a. Na osnovu trenutno raspoložive regulative DVGW-a za područje polaganja vodova na industrijskom i zanatskom zemljištu (pogledaj radni list DVGW G 614), ovaj dio je izuzet iz područja primjene TRGI-a.

Novo je pozivanje na radni list G 1020 “Osiguranje kvaliteta prilikom izvođenja i pogona gasnih instalacija”, koji reguliše područje zadataka i odgovornosti, kao i suradnju između operatera, ugovorenog instalaterskog poduzeća i dimnjačara. U ovom kontekstu je također



uvršten i TRGI ekspert prema radnom listu DVGW G 648 (dosadašnji VP 633), koji po nalogu operatera može izvršiti procjenu gasne instalacije.

U dijelu „Pojmovi“ preuzeti su novi pojmovi, kao npr. novi pojam je „gasna instalacija“ umjesto „gasnog postrojenja“ ili također nove vrste gasnih aparata B₄ i B₅
- gasni aparati ovisni o zraku prostorije postavljanja s pripadajućim vodovima odlaznih gasova kao sistemi -, također su pojmovi kao npr. korisnički i razvodni vod prilagođeni novom postupku dimenzioniranja i time novodefinirani.

Radi unificiranja crteža i dokumentacije gasnih instalacija uvedeni su grafički simboli i skraćenice (Tabela 1).

Tabela 1. Korišteni simboli i skraćenice (izvodi iz Tabele 1 TRGI)

Br	Naziv	Grafički simbol	Skraćena oznaka	Napomena
3	Ogranak			
4	Prelaz na drugi nazivni prečnik			Kod čeličnih cijevi u DN Kod bakra, plemenitog čelika i plastičnih materijala u d _a
13	Prolaz kroz zid ili ploču sa zaštitnom cijevi i protivpožarnom manžetom			* = R60, R90, R120
20	Sigurnosna gasna utičnica		GSD	Moguće takođe do 13 kW *zamjenjuje se sa AP = nadžbuk utičnica UP = podžbuk utičnica
30	Zaporni organ u kombinaciji sa GS			Ravni tip
38	Gasni kotao za grijanje		K (HK)	
39	Gasna zračea grijalica		ZG (HS)	
41	Gasni grijač zraka		GTZ (WLE)	
42	Gasni štednjak		Š (H)	

Izvor: DVGW TRGI 2008

Poglavlje II „Sistemi vodova“ opisuje zahtjeve za cijevi, fazonske i spojne komade. U odnosu



na dosadašnje izdanje TRGI-a korisnik nalazi dozvoljene cijevi, izradu spojeva i konstrukcione djelove vodova za sve različite namjene (unutrašnji vod, spoljašni vod, nadzemni, podzemni, za niski pritisak, za srednji pritisak). Pored njihovog detaljnog tekstualnog navođenja, za brzu orijentaciju također je dat i pregledan tabelarni prikaz (Tabela 2).

Tabela 2. Područja primjene cjevnih spojeva (Izvod iz tabele 6, TRGI)

Izvod iz TRGI-a	Tehnička pravila odn. DIN / DIN EN	Radni tlak do 100 mbar	Radni tlak preko 100 mbar do 1 bar	spoljni vod		Unutrašnji vod	Napomena	
				Nadzemni vod	Podzemni vod		Priključni vod gasnog aparata	
navojni spoj za cijevi s navojem od čelika (5.2.6.1)	DIN EN 10226-1 (DIN 2999) bis DN 50	x	x	x	x	x	x	
zaptivno sredstvo za navoje (5.2.6.1)	DIN EN 751-2 -3 DVGW VP 402 (P)	x	x ¹⁾	x	x	x	x	x ¹⁾ do max. 5 bar
press spoj metalne cijevi (5.2.6.1)	DVGW VP 614 (P)	x	x	x	x ¹⁾	x	x	x ¹⁾ samo priključak s GG za upotrebu na otvorenom

Izvor: DVGW TRGI 2008

Pored novih materijala za cijevne vodove i tehnike spajanja, kao npr. savitljivi gasni vodovi od nehrđajućeg čelika ili presspoj, glavni novitet predstavljaju gasni unutrašnji vodovi od plastičnog materijala (višeslojne kombinovane cijevi i PE-X- cijevi). Dodatno, uz zahtjeve za polaganje za već postojeće metalne cijevi, opisani su zahtjevi za polaganje za novo uvedene plastične cijevi. U kontekstu neophodne „povećane termičke izdržljivosti“ (HTB-kvalitet) kao sigurnosni element za ove sisteme vodova, potrebni sigurnosni prekidač protoka gasa (GS tip K) je već s objavljivanjem dodatnog lista uz G 600, u decembru 2003. godine - Tematika



otežavanja manipulacija - uvršten u TRGI (GS tip K ili M). S obzirom na važnost tematike otežavanja manipulacija/zaštita od zahvata neovlaštenih lica, zahtjevi su obrađeni u novoj tački 5.3.9. Posebno je jasno definiran cilj zaštite „otvaranje slobodnog presjeka cjevi svakog nazivnog prečnika, odnosno svakog izlaza koji pripada GS-u“.

Poglavljja „Ispitivanje sistema vodova“, „Stavljanje u pogon sistema vodova“ i „Radovi na sistemu vodova“ su nanovo uređeni i ponovo daju procedure za date faze izrade ili radova na sistemima vodova. Na osnovu evropskih zahtjeva povećan je ispitni pritisak za provjeru zaptivenosti sa 110 mbar na 150 mbar. Prilozi 5A i 5B sadrže podloške za dokumentaciju provjere zaptivenosti i puštanja u pogon gasne instalacije.

Kao ispit kvaliteta za sistem vodova do 100 mbar koji se nalazi u pogonu, preuzeto je ispitivanje upotrebljivosti iz G 624 u proširenom poglavlju „Ispitivanje sistema vodova“. Isto tako su preuzeti podaci za ispitivanje sistema vodova preko 100 mbar do 1 bar koji se nalaze u pogonu.

U **Poglavljju III** je drugačije struktuiran postupak dimenzioniranja sistema vodova a u obzir su više uzeti zahtjevi primjene. Ovome je dat doprinos putem integrisanog izbora tipa, veličine i mjesta ugradnje sigurnosnog prekidača strujanja gasa GS, kao i generalnoj situaciji sa, u međuvremenu izmjenjenim tehnikama instalacija i ugradbenim djelovima, kao i promjenjenim karakteristikama korištenja gasnih aparata (izmjenjeni faktori istovremenosti).

Pored ostalog, na osnovu uzimanja u obzir gubitaka pritiska novo uvedenih ugradbenih dijelova, npr. GS-ova, kao i također u međuvremenu prilagođene Zeta-vrijednosti zapornih armatura, s preradom postupka dimenzioniranja uveden je višoj dozvoljeni gubitak pritiska od 300 Pa (do sada 2,6 mbar). Iz toga proizilazi da je ubuduće potreban nazivni izlazni pritisak na regulatoru pritiska gasa od 23 mbar.

Za područje pogonskih pritisaka do 100 mbar razvijen je i uveden tabelarni postupak i postupak s dijagramom. U postupak dimenzioniranja su integrisani faktori istovremenosti kada je instalirano više gasnih aparata kao i dinamičko uzimanje u obzir gubitaka pritiska ugradbenih dijelova, npr. mjerača potrošnje gasa i sigurnosnih prekidača protoka gasa. Isto tako je eventualno upoređivanje GS-ova sastavni dio postupka dimenzioniranja.

Prema postupku s dijagramom (slika 2.) se dimenzioniraju sistemi vodova sa samo jednim pojedinačnim vodom – vodovi od glavnog zapornog organa ka samo jednom gasnom aparatu – ili u slučaju razdjeljničkih instalacija od npr. plastičnih vodova se kod zadatih komponenti dimenzioniraju u odnosu na opterećenje, npr. GS sigurnosnih prekidača strujanja gasa i priključne armature gasnog aparata.

Svi drugi sistemi vodova i također kompleksniji sistemi vodova u višespratnicama se mogu dimenzionirati prema modularno strukturiranom tabelarnom postupku.

Detaljni primjeri dimenzioniranja prema tabelarnom postupku, odnosno postupku s dijagramom su navedeni u prilogima 6 i 7.

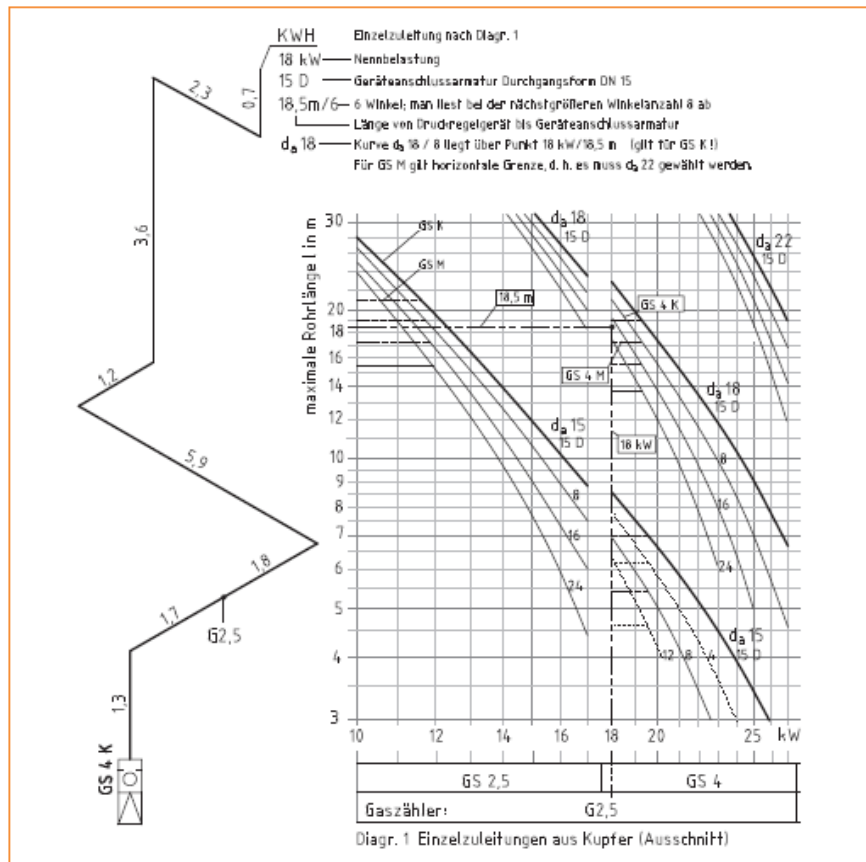


Abb. 2: Beispiel Diagrammverfahren Einzelzuleitung

Slika 2. Primjer postupka s dijagramom za pojedinačni vod

Nakon prestrukturiranja **Poglavlja IV** „Postavljanje gasnih aparata“ korisnicima TRGI se uz podjelu gasnih aparata na aparate vrste A (bez sistema odlaznih gasova, ovisnih o prostoriji postavljanja), B (sa sistemom odlaznih gasova, ovisnih o prostoriji postavljanja) i C (sa sistemom odlaznih gasova, neovisnih o prostoriji postavljanja), se prenose dati zahtjevi za prostoriju postavljanja, opskrbu zrakom za sagorjevanje i odvođenje odlaznih gasova.

Promjene sadržaja i dopune proizilaze iz noviteta danas važeće Urnek-Uredbe o ložištima (Muster-Feuerungsverordnung (MFeuV)), kao i iz uzimanja u obzir svih mogućih evropskih tipova gasnih aparata i načina ugradnje.

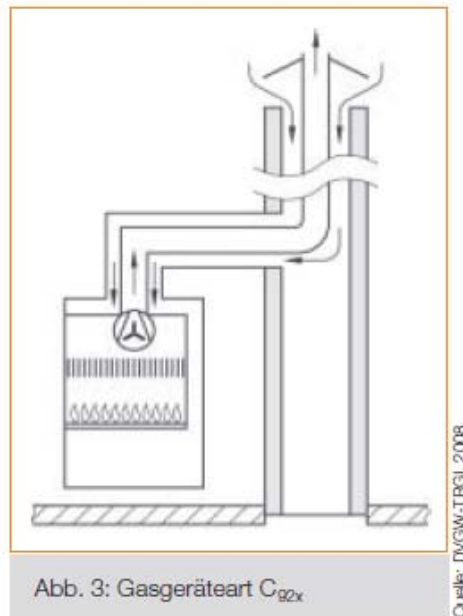
U prilagođavanju na Uredbu o ložištima ograničavanja korištenja prostorija postavljanja, posebne vrste gasnih ložišta je podignuto sa dosadašnjih 50 kW na 100 kW i time pojednostavljeni uvjeti postavljanja.

Uvršteni su novi gasni aparati ovisni o zraku prostorije postavljanja s pripadajućim sistemima odlaznih gasova, gasni aparati vrste B₄ i B₅. Isto tako su dosadašnji gasni aparati C_{3S} (posebna forma C₃) oficijelno uvedeni kao vsta C₉ – gasni aparati neovisni o zraku prostorije postavljanja s odvođenjem odlaznih gasova okomito preko krova; dovođenje zraka za sagorjevanje slijedi preko postojećeg okna koji je sastavni dio zgrade (slika 3).

Slijedeći karakter kompendija u TRGI je integriran ranije odvojeni radni list G 670



„Postavljanje gasnih ložišta u prostorije, stanove i slične korisničke jedinice s mehaničkim uređajima za ventilaciju“; mogućnosti električnog regulisanja za istovremeni ili naizmjenični rad je povezan u prilogu 8 TRGI-a.



Slika 3. Gasni aparati vrste C_{92x}

Dosadašnje uputstvo G 600/II „Pogon i održavanje“ je integrisano u TRGI kao **Poglavlje V**, čime je dobio više na važnosti. Pored ugovorenog instalatera (ugovorenog izvođača radova) kao korisnika TRGI-a, s prerađenim TRGI-om se posebno obraća i operateru mreže kao adresantu. Ovo poglavlje sadrži važne podatke za pogon i održavanje gasne instalacije i služi kao podloga za izradu informacija za operatera gasne instalacije. U poglavlju „Općenito“ je jasno predstavljena odgovornost (obaveza sigurnosti u prometu) operatera gasne instalacije pozivajući se na § 13 Uredbe o priključku na mrežu niskog pritiska (NDAV). U daljem tekstu su u tačkama navedene pogonske mjere i mjere održavanja koje se s tehničkog aspekta smatraju potrebnim. Da bi se godišnji pregled kućne instalacije - godišnji vizuelni pregled bez posebnih tehničkih znanja (pregled kuće) – od strane operatera gasne instalacije uključio u zadatke pogona i održavanja kao adekvatna mjera, dopunjena je definicija pojma održavanja „Inspekcija (kontrola)“, „Održavanje“ i „Popravak“ sa „Vizuelnom kontrolom“ od strane operatera gasne instalacije. Prilog 5C sadrži listu, koje mjere tko treba da sprovodi i u kojem vremenskom periodu.

Zaključno se može ustvrditi da je radno tijelo DVGW-a tehnički komitet „Gasne instalacije“ s novim TRGI-om pružio detaljnu prerađenu regulativu koja odgovara najnovijem stanju tehnike i koja sadrži mnogobrojne novosti i promjene, pri čemu je s nabrojanim novostima predstavljen samo jedan dio.



Aktuelni pregled aktivnosti na projektu „Harmonizacija tehničke regulative za gasni sektor u zemljama jugoistočne Evrope“

The current overview of the activities on the project „Harmonization the technical regulations for the gas sector in countries of Southeast Europe“

Aida Bučo-Smajić¹, H. Ibrahimović²

¹DVGW Njemačko stručno udruženje za gas i vodu, predstavništvo Sarajevo, Gradačaka 142, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

²IGT, Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku, Gradačaka 142, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

*Aida Bučo-Smajić. E-mail: aidabs.dvgw@bih.net.ba

Sažetak

Zemlje jugoistočne Evrope ulažu napore za članstvo u Evropskoj uniji i dodatno se suočavaju s procesom harmonizacije i implementacijom zahtjeva Evropske komisije i Energetske zajednice. Od osnovne je važnosti izgradnja i održavanje stabilne strukture u gasnom sektoru. Usklađen i dokazan sistem tehničkih pravila i normativnih dokumenata pruža bazu neophodnu za uspostavu standarda i garantovanje tehnički sigurnog i pouzdanog snabdijevanja potrošača gasom.

Koordinacioni odbor projekta „Harmonizacija tehničke regulative za gasni sektor u zemljama jugoistočne Evrope“, zajedno sa radnim grupama, je velikim zalaganjem stručnjaka koji su u projekat uključeni tokom posljednjih godina, ne samo razvio veliki dio ove baze, već je u isto vrijeme stvorio radne strukture i strukture odlučivanja koje su sistem tehničkih pravila učinile održivim i u budućnosti.

Abstract

The South-Eastern European countries which strive for a membership in the European Community are additionally faced with harmonization process and implementation of requirements of the European Commission and Energy Community. It is crucial to build up and maintain stable structures in the gas sector. A coherent and proven system of technical rules and normative documents offers the basis necessary for the establishment standards and ensures a technically secure and reliable gas supply to consumers.



The coordination committee the project „Harmonisation the technical regulations for the gas sector in countries of Souteast Europe“, together with its working groups has, by the great dedication of all persons involved over the past years, not only developed a great part of this basis but at the same time has created working and technical and decision structures which have made the system of technical rules sustainable for the future.

Ključne riječi: tehnička pravila, harmonizacija, gas, stručnjaci

1. Uvod

Rad na projektu „Harmonizacija tehničke regulative za gasni sektor u zemljama jugoistočne Evrope“ započeo je 2002. godine. U projektu su aktivno uključeni stručnjaci iz Udruženja za gas Bosne i Hercegovine, Udruženja za gas Srbije, kompanije GAMA iz Makedonije i DVGW – Njemačkog stručnog udruženja za gas i vodu, a Hrvatska stručna udruga za plin u svojstvu posmatrača. Sekretarijat projekta se nalazi u IGT – Istraživačko razvojnom centru za gasnu tehniku iz Sarajeva. DVGW je za potrebe projekta na raspolaganju stavio tehničku regulativu DVGW-a koja je harmonizirana sa zahtjevima Evropske unije, Evropskim direktivama i EN standardima. Pored toga, DVGW pruža stručnu podršku radnim grupama projekta i predsjedava Koordinacionim odborom projekta. Sekretarijat projekta IGT, je zadužen za pripremu radnih materijala za diskusiju na radnim grupama, kao i za konačno usvajanje od strane Koordinacionog odbora projekta. U okviru projekta aktivne su tri radne grupe „Primjena gasa“, „Distribucija gasa“ i „Transport gasa“ u kojima stručnjaci iz regiona zajedno s ekspertima DVGW-a pripremaju „regionalnu“ tehničku regulativu za gas. U narednom koraku se vrši harmonizacija „regionalne“ tehničke regulative s legislativom i regulativom svake pojedinačne države.

2. Tehnička regulativa

2.1. Područja primjene tehničke regulative za gas

Tehnička regulativa DVGW-a za gas obuhvata tehnička pravila za projektovanje, gradnju, ispitivanje i puštanje u rad, rad i održavanje postrojenja, uređaja i proizvoda za opskrbu gasom, kvalitet gasa, kao i zahtjeva u pogledu kvalificiranosti preduzeća i osoba koji se bave poslovima opskrbe gasom, kao i podloga za ispitivanje i certificiranje osoba, stručnih preduzeća i proizvoda. Tehnička regulativa je mjerilo za tehnički primjereno djelovanje i dopunjuje evropske (EN) i nacionalne (DIN) standarde za gas, te predstavlja veliku pomoć u radu gasnim kompanijama, projektantima, izvođačima, nadzornim inženjerima, ali i proizvođačima.



U okviru projekta „Harmonizacija tehničke regulative za gasni sektor u zemljama jugoistočne Evrope“ do sada je urađeno 152 tehničkih pravila.



Slika 1. Tehnička pravila IGT-DVGW za projektovanje, gradnju, pogon (eksploataciju) i održavanje postrojenja za transport, distribuciju, mjerenje i regulaciju, kao i za industrijsku i energetska primjenu gasa, te primjenu gasa u širokoj potrošnji

U radu ćemo se osvrnuti detaljnije na tehnička pravila urađena u zadnjih 12 mjeseci u okviru radnih grupa projekta po tematskim oblastima.

2.2 Radna grupa „Primjena gasa“ (RG 10)

U periodu od septembra 2010. do septembra 2011. godine radna grupa „Primjena gasa“ je održala 5 sastanaka, uradila 6 tehničkih pravila (Tablica 1), koji su i usvojeni na koordinacionom odboru Projekta. U radu je posebna pažnja bila posvećena obradi novog izdanja tehničkog pravila G 600 TRGI – koji zbog svoje važnosti i obima zauzima posebno mjesto u tehničkoj regulativi. U sklopu obrade ovog tehničkog pravila članovi radne grupe su posjetili i direkciju DVGW-a u Bonn-u, gdje su s ekspertom DVGW-a za ovu oblast, gosp. Schuhmann-om diskutirali o eventualnim odstupanjima od izvornog tehničkog pravila DVGW i primjenjivost svih zahtjeva tehničkog pravila G 600 u zemljama regiona. Sekretarijat Projekta, IGT je također izvršio prevod i tehničku obradu Komentara tehničkog pravila G 600, što će u velikoj mjeri olakšati primjenu u praksi.



Tablica 1. Tehnička pravila urađena u radnoj grupi za primjenu gasa

Br.	Oznaka	Naslov i područje primjene
1	G 1020	<p>Osiguranje kvaliteta pri projektovanju, izgradnji, izmjeni, održavanju i pogonu gasnih instalacija</p> <p><i>Područje primjene</i></p> <p>Ovo tehničko pravilo važi za osiguranje kvaliteta projektovanja, izgradnje, izmjene, održavanja i pogona gasnih instalacija. Tehničko pravilo predstavlja zahtjeve i područja zadataka operatera mreže (NB), ugovornog izvodaca (VIU), preduzeca za kontrolu sistema odlaznog gasa i sistema opskrbe zrakom za sagorijevanje) i operatera mjernog mjesta (MSB).</p>
2	G 600 TRGI	<p>Tehnička pravila za gasne instalacije DVGW TRGI</p> <p><i>Područje primjene</i></p> <p>Tehničko pravilo za gasne instalacije (TPGI) važi za projektovanje, izradu, prepravke, održavanje i pogon gasnih instalacija¹ u zgradama i na zemljištima/posjedima koja koriste gasove prema TP G 260 – osim tečnih gasova – pogonskog pritiska do 1 bar. Ovo tehničko pravilo važi za područje iza glavnog zapornog organa (GZO) do odvođenja odlaznog gasa u slobodnu atmosferu.</p> <p>Ovo tehničko pravilo se sastoji iz 5 poglavlja:</p> <ul style="list-style-type: none"> I općenito, pojmovi II sistem vodova III dimenzioniranje sistema vodova IV postavljanje gasnih aparata V pogon i održavanje <p>Pored ovog tehničkog pravila potrebno se pridržavati važećih pravnih propisa kao što su propisi o građenju, zakoni o sigurnosti tehničkih aparata, kao i tehničkih pravila npr. tehnička pravila za parne kotlovnice.</p>

¹ Za nadzemne gasne vodove na industrijskom zemljištu važi tehničko pravilo G 614. Pored toga potrebno je uvažiti Stručnu informaciju «Postrojenja prirodnog gasa na industrijskom zemljištu i u području pogonske primjene gasa» (DVGW Informacija br.10, izdanje 2005)



3	G 459-2	<p>Regulacija pritiska gasa u priključnim vodovima ulaznog pritiska do 5 bar</p> <p>Područje primjene</p> <p>Ovo tehničko pravilo važi za projektovanje, ugradnju, ispitivanje i puštanje u pogon sistema regulacije pritiska gasa u području primjene G 459-1 sa ulaznim pritiscima do 4 bar¹⁾ i izlaznim pritiscima od najviše 1 bar, koji služe za snabdijevanje stanova, uredskih prostora i društvenih zgrada ili objekata javne, kulturološke i obrtničke namjene, ukoliko je ta namjena uporediva sa stambenim korištenjem, i ako se ti sistemi snabdijevaju gasom iz javne opskrbe, i ukoliko sastav i osobine gasa odgovaraju G 260 izuzimajući tečni naftni gas²⁾.</p> <p>Sistemi regulacije pritiska gasa u području primjene G 459-1 pripadaju^{*)} pogonskim uređajima preduzeća za snabdijevanje gasom. Dodatno treba obratiti pažnju na tehničko pravilo G 600. Zahtjevi ovog tehničkog pravila važe i za sisteme regulacije pritiska gasa koji se projektuju i grade u okviru korisničke instalacije. U ovom tehničkom pravilu sve navedene veličine pritiska, odnosno vrijednosti pritisaka su nadpritisci iznad vladajućeg atmosferskog pritiska. Za tečni naftni gas važe posebna tehnička pravila</p> <p>¹⁾ U originalnom dokumentu DVGW G 459-2 stoji još: prema AVBGasV, §10 poglavlje 1 i 4</p>
4	G 620	<p>Instalisanje kompresora gasa sa pogonskim pritiskom do 1 bar i pogonskom snagom do 50kW za uređaje koji koriste gas</p> <p>Područje primjene:</p> <p>Ovo tehničko pravilo važi za instaliranje kompresora gasa sa pogonskim nad pritiskom do 1 bar i pogonskom snagom do 50 kW za uređaje koji koriste gas prema tehničkom pravilu G 260 – osim tečnog gasa. Sve druge odredbe iz ostalih tehničkih pravila (npr. TPGI) treba uvažavati.</p> <p>Ovo tehničko pravilo ne utiče na obavezu primjene važećih zakonskih propisa i odredbi iz oblasti građenja, zanatstva, zaštite na radu, kao i elektropropisa. Za kompresore gasa sa pogonskim pritiskom većim od 1 bar ili pogonskom snagom većom od 50 kW važi radni list G 497.</p>
5	G 690	<p>Mjerenje azotnih oksida u odlaznim gasovima uređaja koji koriste gas</p> <p>Područje primjene</p> <p>Poglavlje 1. važi za kontinuirano i diskontinuirano uzimanje uzoraka odlaznih gasova iz gasnog ložišta u svrhu mjerenja sadržaja azotnih oksida.</p>



2.3 Radne grupe „Distribucija gasa“ i „Transport gasa“ (RG 6.1 i 6.2)

U periodu od septembra 2010. do septembra 2011. godine radne grupe za transport i distribuciju gasa su održale šest zajedničkih sastanaka, a na programu rada se našlo 17 tehničkih pravila (Tablica 2), a Koordinacioni odbor projekta je usvojio 11 tehničkih pravila.

Urađena tehnička pravila pripadaju slijedećim stručnim oblastima:

- gradnja i obnavljanje gasovodnih mreža nekonvencionalnim postupcima (bez kopanja rovova za cjevovode: GW 304, G 478, GW 320-2, GW 320-2, GW 321, GW 323, i GW 329);
- regulacija pritiska gasa: G 491;
- informacioni i geo-informacioni sistemi, komunikacijska tehnika: GW 117, GW 119, G 485;
- gradnja, pogon i održavanje gasovoda i postrojenja: G 414, G 496, G 495, G 468-2, G 465-4 B1, GW 350.

Za članove radnih grupa je također u Novom Sadu organizirana radionica na temu „Stanje evropske standardizacije/Aktuelni razvoj DVGW-regulative u oblasti transporta i distribucije gasa“. Predavač na radionici je bio gosp. Jagodzinski, ekspert DVGW-a za područje transporta i distribucije gasa.

Tablica 2. Tehnička pravila iz oblasti transporta i distribucije gasa

Br.	Oznaka	Naziv i područje primjene
1.	G 478	Saniranje gasovoda Relining metodom pomoću crijeva od tekstilnih vlakana Područje primjene Ovaj radni list se primjenjuje na saniranje u zemlju položenih gasovoda od sivog liva ili čelika za javno snabdijevanje gasom s dozvoljenim pogonskim pritiscima do 4 bar pomoću „relining“ postupka sa cijevima od pletenog materijala ako se distribuiraju gasovi prema G 260 (osim tečnih gasova u tečnoj fazi). Ovaj radni list se može primjenjivati i na „relining“ sa cijevima od pletenog materijala za gasovode koji ne služe za javno snabdijevanje. Dalje opisane mjere za ispunjenje postavljenih zahtjeva za kvalitet za sanirani gasovod važe za postupke uvlačenja cijevi od pletenog materijala koji su svoju principijelnu podobnost dokazali važećom registracijom Udruženja za gas.
2.	GW 321	Navođeni horizontalni postupci bušenja s ispiranjem za gasovode – Zahtjevi, osiguranje kvaliteta i ispitivanje Područje primjene Ovaj Radni list važi za polaganje bez kopanja podzemnih cjevovoda pod pritiskom za javno snabdijevanje gasom uz pomoć navođenog horizontalnog bušenja s ispiranjem, u nastavku pod imenom postupak bušenja s ispiranjem.



		Ovaj Radni list se također može koristiti za polaganje bez kopanja cjevovoda koji ne služi za javno snabdijevanje gasa.
3.	GW 329	<p>Stručni nadzor i stručno osoblje ua navođene horizontalne postupke bušenja s ispiranjem; Nastavni plan i plan ispitivanja</p> <p>Područje primjene Ovaj Radni list utvrđuje postupak za priznavanje potrebnih sposobnosti i znanja odgovornih lica za stručni nadzor i stručnog osoblja kod navođenih horizontalnih postupaka bušenja s ispiranjem prema GW 321. Primjena ovog Radnog lista osigurava da se školovanje i ispitivanje odgovornih lica za stručni nadzor i stručnog osoblja vrši prema jedinstvenom postupku i sadržajima i da odgovorno lice za stručni nadzor, odnosno stručno osoblje nakon položenog ispita posjeduje stručna znanja koja su neophodna za kvalitetno izvođenje i kontrolu radova.</p> <p>Školovanje odgovornih lica za stručni nadzor i stručnog osoblja i završno ispitivanje znanja je jedan od uslova za dalje certificiranje preduzeća koja grade cjevovode/stručnih firmi na osnovu GW 301, odnosno GW 302 u grupi GN 2 „Navođeni horizontalni postupci bušenja s ispiranjem“, od strane Udruženja za gas²).</p>
4.	GW 320-1	<p>Obnavljanje gasovoda putem uvlačenja ili postiskivanja cijevi s prstenastim prostorom</p> <p>Područje primjene Ovaj Radni list važi za projektovanje i izgradnju podzemnih cjevovoda za javno snabdijevanje gasom putem uvlačenja ili potiskivanja cijevi od polietilena, duktilnog železnog liva ili čelika u postojeće cjevovode u kojima ostaje prstenasti prostor.</p> <p>Ovaj Radni list se može primjenjivati isto tako na cjevovode koji ne služe za javno snabdijevanje gasom.</p>
5.	GW 320-2	<p>Rehabilitacija gasovoda pomoću PE-relininga bez prstenastog prostora; Zahtjevi, osiguranje kvaliteta i ispitivanje</p> <p>Područje primjene Ovaj Radni list važi za rehabilitaciju podzemnih cjevovoda pod pritiskom za javno snabdijevanje gasom pomoću Relining-postupka sa cijevima od PE (PE 80, PE 100) bez prstenastog prostora. Primjena se proširuje na postojeće cjevovode od svih materijala za cijevi.</p> <p>Nakon ugradnje „Inlinera“ ne ostaje nikakav prstenasti prostor. Zato cijevi, zavisno od postupka, mogu odstupati od standardnih dimenzija.</p>

²) U originalnom dokumentu DVGW GW 329 na ovom mjestu je navedeno „DVGW – certificiranje preduzeća“



		<p>Između "Inlinera" i stare cijevi se ne postiže spoj nepropustan za gas.</p> <p>Opisane mjere u nastavku služe za ispunjavanje postavljenih zahtjeva za kvalitet rehabilitiranog cjevovoda.</p> <p>Ovaj Radni list se može primjenivati isto tako za rehabilitaciju cjevovoda koji ne služe za javno snabdijevanje gasom ukoliko se distribuiraju gasovi prema G 260 „Kvalitet gasa“ (osim tečnih gasova u tečnoj fazi).</p>
6.	GW 323	<p>Obnavljanje gasovoda bez kopanja koristeći metodu „Berstlininga“; Zahtjevi, osiguranje kvaliteta i ispitivanje</p> <p>Područje primjene Ovaj Radni list važi za obnavljanje bez kopanja rova, podzemnih cjevovoda pod pritiskom od sivog liva, duktilnog livenog gvožđa, čelika, PE, PVC, GFK, faser cementa i betona (prenapregnut ili neprenapregnut) za javno snabdijevanje, koristeći metodu „Berstlininig“ (lomljenje cijevi), sa novim cijevima od PE 100, PE-Xa, duktilnog livenog gvožđa i čelika sa pogonskim pritiscima do 16 bar. Dinamički postupci ne važi za nove cijevi od duktilnog livenog gvožđa i čelika.</p> <p>Ovaj podsjetni list važi bez ograničenja na materijal takođe i za odgovarajuće uvlačenje zaštitnih cijevi (za uvlačenje zaštitnih cijevi važi GW 320-1).</p> <p>Ovaj podsjetni list se može u svakom slučaju koristiti za obnavljanje gasovoda koji ne služe u javnom snabdijevanju.</p>
7.	GW 117	<p>Upravljanje adresama u preduzećima za snabdijevanje</p> <p>0 Uvod</p> <p>U preduzećima za snabdijevanje adrese su potrebne za obavljanje različitih zadataka. Adrese, npr. poštanske adrese ili oznake mjesta za označavanje položaja mrežnih objekata koriste se u poslovnim procesima, između ostalog tokom izrade novih priključaka, za dokumentaciju postojećeg stanja cjevovoda, prilikom radova održavanja, za obradu slučajeva smetnji, za obračun potrošačima itd. (vidjeti sliku 1).</p> <p>U gore pomenutim poslovnim procesima adrese su potrebne za jedan isti mrežni objekt, npr. priključak, na više mjesta u preduzeću. Baze podataka o adresama, koje su za ovo potrebne, često se vode paralelno. Izolovano vođenje podataka u određenim područjima rada, na analogan način ili podržano obradom podataka, omogućava nastajanje neusaglašenih baza podataka. Razjašnjenje neusaglašenosti u pojedinom slučaju može biti povezano sa znatnim troškovima.</p>



		<p>Osim toga, redundantno vođenje podataka zahtijeva odgovarajuće dodatne troškove u toku prvog prikupljanja podataka kao i pri održavanju podataka.</p> <p>U interesu minimiziranja troškova kako pri prvom prikupljanju i održavanju podataka tako i s obzirom na neometanu komunikaciju involviranih organizacionih područja, cilj preduzeća mora biti da se omogući jedinstveno adresiranje u preduzeću koje omogućava povezivanje informacija iz raznih stručnih područja bez ikakvih problema. Aktuelni radovi na integraciji podataka o potrošačima, podataka o pogonskim sredstvima ili podataka o ekonomici preduzeća, u svakom slučaju u području podataka o adresama zahtijevaju čišćenje višestrukih postojećih redundansi i kontradiktornosti. U daljem tekstu se opisuje koji referentni izvori stoje na raspolaganju preduzećima za snabdijevanje za izradu baza podataka o adresama i koje vrste adresa se koriste u odgovarajućim poslovnim procesima. Dalje su navedeni primjeri za upravljanje adresama i mogućnosti za optimizaciju. Cilj izvedbi koje slijede nije da se unaprijed zadaju strukture podataka za upravljanje adresama u preduzeću za snabdijevanje, nego da se objasne mogući referentni izvori, sadržaji i organizacija kao i forme upravljanja adresama.</p>
8.	GW 119	<p>Poboljšanje poslovnih procesa uvođenjem GIS sistema</p> <p>Područje primjene: Uvođenje geografskih informacionih sistema (GIS), odnosno mrežnih informacionih sistema (NIS) se u mnogim preduzećima nalaze u odlučujućoj fazi. Za to potrebni projekti zahtijevaju velike finansijske troškove i angažovanje osoblja. Nasuprot tome, sve više se postavlja pitanje koristi, stvaranja vrijednosti, odnosno dodatne vrijednosti koja nastaje. Opća pristupačnost i raspoloživost podataka ili mogućnost uvezivanja u odvijanju procesa specifičnih za preduzeće, a koje podržava obrada podataka, su bitan preduslov za korištenje koje prevazilazi postojeću baznu dokumentaciju.</p> <p>Uputstvo GW 119 treba da pokaže koliko višestruko može da bude uvezivanje GIS-sistema u organizaciju orijentisanu na poslovne procese u jednom preduzeću za snabdijevanje i koje prednosti proizilaze iz toga.</p> <p>Slijedeća uputstva treba da predstave preduzećima kako GIS-sistemi ulaze u poslovne procese i za koje djelomične procese ne bi trebalo odustati od GIS-aplikacije. Na primjerima se predstavljaju i objašnjavaju neki odabrani poslovni procesi koje podržava GIS.</p> <p>Predviđeno je da se niz primjera proširuje u vremenskim razmacima. Prikazani poslovni procesi se pojednostavljaju koliko je to moguće i prikazuju sažeto, osim funkcije koja je relevantna za GIS. Svjesno se odustaje od predstavljanja i objašnjenja pripadajućih tehnologija (na primjer, „workflow“), komponenti hardware-a i software-a zbog brzog</p>



		razvoja u ovim područjima.
9.	G 414	<p>Nadzemni gasni vodovi</p> <p>Područje primjene:</p> <p>Ovo tehničko pravilo se primjenjuje na projektovanje, izgradnju i pogon nadzemnih gasnih vodova u području javnog prometa i na fabričkom terenu do mjesta predaje, u kojima se gasovi prema DVGW G 260 (A) - izuzimajući tečne gasove u tečnoj fazi - dalje prenose. Gasni vodovi na fabričkom terenu i u zgradi prema definiranom mjestu predaje se opisuju u DVGW G 614 (A). Ono se ne primjenjuje za gasne cjevovode u uređajima prema DVGW G 491 (A), G 492 (A). Za izgradnju gasnih vodova koji ne služe za opće snabdjevanje gasom, ili za gasove koji ne odgovaraju odredbama DVGW G 260, ova tehnička pravila se mogu primjenjivati ako se vodi računa o specifičnim karakteristikama gasova i eventualno drugim postojećim odredbama. Ovaj radni list se smatra dopunom važećih tehničkih pravila DVGW G 492 (A), G 463 (A) i G 472 (A) za projektovanje, izgradnju i pogon gasnih cjevovoda. U ovom radnom listu se opisuju dodatni zahtjevi za nadzemne gasne vodove za:</p> <ul style="list-style-type: none"> • gasne vodove za javno snabdjevanje gasom (energetska postrojenja u smislu Zakona o energetske privredi); • gasne vodove za snabdjevanje gasom na fabričkom terenu do definisanog mjesta predaje.
10.	G 496 (update)	<p>Cijevni vodovi u kompresorskim i ekspanzionim postrojenjima</p> <p>Područje primjene:</p> <p>Ovo tehničko pravilo važi za projektovanje, gradnju, montažu i održavanje gasnih cjevovoda u postrojenjima prema radnim listovima G 487 i G 497, u skladu s navedenim primjerima u EN 12583, dio 1. Ovdje takođe mogu pripadati priključni vodovi za postrojenja s dužinom do maksimalno 100 m, uključujući gasni transportni vod.</p>
11.	GW 304	<p>Provlačenje cijevi i srodni postupci</p> <p>Područje primjene:</p> <p>Ovaj radni list obrađuje podzemnu ugradnju predgotovih cijevi različite geometrije poprečnog presjeka, pri čemu se putem potiskivanja, proboja, bušenja, utiskivanja ili na drugi način u tlu stvara šuplji prostor, u koji se cijevi uvlače, guraju ili utiskuju, ili se kroz postojeće kanale ili cjevovode vrši provlačenje ili zamjena cijevi.</p> <p>Za postupke provlačenja s oklopom/štitom (npr. gradnja tubusa i špic-betona) koji nisu opisani u radnom listu, ovaj radni list se može primijeniti prema smislu. Ovaj radni list ne važi za rudarske postupke gradnje.</p> <p>Ovaj radni list ne važi za postupke srodne postupku provlačenja cijevi,</p>



		<p>ukoliko su za njih dati zahtjevi u posebnim radnim ili podsjetnim listovima Udruženja za gas³). Ovaj izuzetak ne važi kod prolaska ispod saveznih željeznica, saobraćajnica i plovnih vodotokova.</p> <p>Ukoliko se srodni postupci postupku provlačenja cijevi koriste u druge svrhe osim za javno snabdjevanje gasom i vodom, odnosno za kanalizaciju, preporučuje se primjena radnih ili podsjetnih listova za te postupke.</p> <p>Poglavlje 9 važi samo za vodove i kanale kanalizacije. Kada se gasovodi i vodovodi ugrađuju ispod saveznih saobraćajnica, primjenjuju se sadržaji ugovora o naknadama ili tehničke odredbe koje su navedene u njemu.</p>
12.	G 485	<p>Digitalni interfejs za uređaje za mjerenje gasa</p> <p>Područje primjene: Ovo tehničko pravilo važi za uređaje u postrojenjima⁴ za mjerenje količine gasa u javnom snabdjevanju gasom. Uređaji su detaljnije opisani u slijedećem poglavlju.</p>
13.	G 495 (update)	<p>Gasna postrojenja – Održavanje</p> <p>Područje primjene: Ovo tehničko pravilo važi za održavanje instalacija i postrojenja koja su izgrađena i koja su u pogonu prema sljedećim tehničkim pravilima:</p> <p>G 213 Postrojenja za proizvodnju smjesa gorivih gasova G 280-1 Odorizacija gasa</p> <p>G 280-2 Promjena (prebacivanje) odorizacije gasova u javnom snabdjevanju</p> <p>G 491 Postrojenja za regulaciju pritiska gasa do uključujući 100 bar – projektovanje, proizvodnja, montaža, ispitivanje, stavljanje u pogon i pogon</p> <p>G 492 Postrojenja za mjerenje gasa za pogonski pritisak do uključivo 100 bar - projektovanje, proizvodnja, montaža ispitivanje, stavljanje u pogon i pogon</p> <p>G 496 Cjevovodi u gasnim postrojenjima</p> <p>G 498 Rezervoari pod pritiskom (posude pod pritiskom, protočne posude pod pritiskom)</p> <p>G 499 Predgrijavanje prirodnog gasa u gasnim postrojenjima</p> <p>G 600 Tehnička pravila za gasne instalacije (TPGI)</p> <p>G 685 Obračun gasa</p> <p>Dalje opisani zahtjevi za održavanje postrojenja i instalacija mogu se</p>

³) U originalnom dokumentu DVGW GW 304, na ovom mjestu je navedeno: DVGW-a, odnosno DWA-a

⁴ Postrojenje – u smislu ovog lista postrojenje predstavlja mjernu stanicu u svom kompletnom obliku.



		primjenjivati samo u obimu koji se zahtijeva u odgovarajućim tehničkim pravilima za izgradnju.
14.	G 468-2 (update)	<p>Osobe koje obavljaju detekciju gasa; Plan školovanja</p> <p>Područje primjene: Ovo tehničko pravilo služi kao osnova za obuku i provjeru nivoa znanja stručnih kvalifikovanih osoba (osoba koje vrše detekciju gasa) koji vrše praktičnu provjeru gasne cijevne mreže pomoću aparata za detekciju gasa. Ovim se ne zamjenjuju godišnja školovanja koja se zahtijevaju u G 468/l, poglavlje 3.5 koja će vršiti Udruženje za gas, odnosno distributer gasa do uspostavljanja administrativno-tehničke funkcije udruženja¹⁾. ¹⁾ U originalnom dokumentu DVGW G 468-2 stoji: "DVGW i Služba za stručno usavršavanje Udruženja za cjevovode zajedno vrše obuku i ispitivanje"</p>
15.	G 491 (update)	<p>Postrojenja za regulaciju pritiska gasa za ulazne pritiske do uključujući 100 bar; Projektovanje, proizvodnja, montaža, ispitivanje, stavljanje u pogon, i pogon</p> <p>Područje primjene: Ovo tehničko pravilo važi za projektovanje, proizvodnju, montažu, ispitivanje, stavljanje u pogon, i pogon postrojenja za regulaciju pritiska gasa za ulazne pritiske do uključujući 100 bar¹⁾ u gasnim transportnim i distributivnim sistemima, kao i za postrojenja za snabdijevanje obrta i industrije gasom koji se koristi u procesu. Ova postrojenja rade sa gasovima prema G 260 sa izuzetkom tečnog naftnog gasa²⁾ (3. gasna familija). U smislu područja primjene EN 12186 ovo je detaljno tehničko pravilo. Ovo tehničko pravilo također važi za postrojenja za regulaciju pritiska gasa koja su priključena iza postrojenja za miješanje tečnog naftnog gasa i zraka, radi regulacije gasovite faze. Ovo tehničko pravilo treba primjenjivati po smislu za postrojenja za regulaciju pritiska gasa sa ulaznim pritiscima iznad 100 bar. Ako je ulazni vod u postrojenje priključni vod i ako je ulazni pritisak < 5 bar, a projektovani protok nije veći od 200 Nm³/h, važi G 459-2. Za ulazne pritiske < 5 bar i projektovane protoke < 650 Nm³/h važi pojednostavljeno postavljanje prema tački 8.1.1 ovog tehničkog pravila. Inače treba voditi računa o zahtijeva ovog tehničkog pravila. Ovo tehničko pravilo se ne primjenjuje na pomoćne uređaje postrojenja za regulaciju pritiska i mjerenje gasa, na primjer, kalorimetar, uređaj za mjerenje gustine, uređaje za odorizaciju. Uređaji za regulaciju pritiska gasa za snabdijevanje postrojenja za grijanje ne spadaju u ove pomoćne uređaje. Kod standardnih postrojenja koja kompetentni stručnjaci primaju na mjestu postavljanja, ovaj tehničko pravilo važi za tehničku opremu postrojenja, a za ispitivanje važi Poglavlje 12, Dodatak 1. Za kombinovana regulaciono-mjerna postrojenja dodatno treba uzeti u obzir G 492. Ovo tehničko pravilo ne važi za postrojenja za regulaciju pritiska gasa koja su stavljena u pogon prije objavljivanja ovog tehničkog pravila. Za održavanje postrojenja za regulaciju pritiska gasa koja su u pogonu,</p>



		<p>a također i onih koji su u kombinaciji sa postrojenjima za mjerenje količine gasa dodatno važi G 495.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Sve veličine pritiska, odnosno vrijednosti pritiska koje su navedene u ovom radnom listu su nadpritisci iznad vladajućeg atmosferskog pritiska 2) Za postrojenja sa tečnim naftnim gasom važe Tehnički pravilnici za tečni naftni gas - TRF 1996
16.	G 465-4 B1	<p>Aparati za mjerenje koncentracije gasa</p> <p>Područje primjene: Ova Uputa se odnosi na mobilne aparate: - za utvrđivanje mjesta curenja na postrojenjima javnog snabdijevanja gasom, kao i na postrojenjima u vlasništvu korisnika koji služe transportu gasova prema radnom listu G 260; - za određivanje opasnosti od eksplozije u prostorijama, kao i za - određivanje pojedinih komponenti gasa. Uređaji koji daju upozorenja o gasu na licu mjesta su opisani u Uputi G 110.</p>
17.	GW 350 (update)	<p>Zavareni spojevi na cjevovodima od čelika kod snabdijevanja gasom – Izrada, ispitivanje, ocjenjivanje</p> <p>Područje primjene: Ovo tehničko pravilo se primjenjuje zajedno sa EN 12732 za zavarivanje, kao i za ispitivanje i ocjenjivanje izvedenih zavarenih spojeva na čeličnim cijevima koji služe za javno snabdijevanje gasom ili su sastavni dio energetskih postrojenja u fabričkom krugu koji su sa njima povezani, i u području industrijskog korištenja gasa, i koji bi trebali biti u pogonu sa gasovima 1. ili 2. grupe gasova prema radnom listu G 260. Za gasovode s gasovima koji ne odgovaraju odredbama radnog lista G 260 ovo tehničko pravilo se može primjenjivati prema smislu, uz vođenje računa o specifičnim karakteristikama gasova i eventualno postojećim drugim odredbama. Pored ovog tehničkog pravila treba voditi računa o propisima i regulativi stručnih udruženja/udruga. Tabela navodi područja primjene u zavisnosti od područja pritiska i/ili stepene zahtjeva za kvalitet kojeg određuje korišteni materijal za cijevi.</p>

3. Zaključak

Izrada tehničke regulative je posao od općeg interesa i velikog opsega te je potreban izniman angažman na njenoj pripremi i izradi, kao i uključenje šire stručne javnosti. Projekt „Harmonizacija tehničke regulative za gasni sektor u zemljama jugoistočne Evrope“ je prilično zahtjevan i zaista jedinstven projekat u regionu. Za uspješnu realizaciju projekta i implementaciju tehničkih pravila u praksi potrebna je podrška svih subjekata gasne privrede, prije svega nadležnih državnih institucija, gasnih kompanija i izvođača radova.



4. Literatura

- [1] Statut DVGW-a
- [2] GW 100
- [3] Bilten Udruženja za gas u BiH, Januar/Juni 2011. Godište XI, Broj 22 (ISSN 1512-7117)
- [4] Tehnička regulativa IGT-DVGW