HEP-GRUPA/HEP-GROUP
HEP - PLIN d.o.o.
HR - OSIJEK, Cara Hadrijana 7

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU
MECHANICAL ENGINEERING FACULTY
HR - SLAVONSKI BROD, Trg I. B. Mažuranić 2

uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa
Trg hrvatskih velikana 6, Zagreb

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS



6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
6th NATURAL GAS CONFERENCE

OSIJEK, 15.-17.10.2008.

U suradnji s:

HRVATSKOM KOMOROM
ARHITEKATA I INŽENJERA
U GRADITELJSTVU

VODITELJI KONFERENCIJE:

Nikola LIOVIĆ, HEP-Plin d.o.o., Osijek
Pero RAOS, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod

PROGRAMSKI ODBOR:

Ivan SAMARDŽIĆ, SFSB*, Sveučilište u Osijeku, predsjednik
Božo UDOVIČIĆ, akademik
Antun GALOVIĆ, FSB**, Sveučilište u Zagrebu
Dražan KOZAK, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Pero RAOS, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Antun STOIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Marijo ŠAVAR, FSB, Sveučilište u Zagrebu
Mladen ŠERCER, FSB, Sveučilište u Zagrebu
Zdravko VIRAG, FSB, Sveučilište u Zagrebu
Marija ŽIVIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku

Trg Ante Starčevića u Osijeku



ORGANIZACIJSKI ODBOR:

Zlatko TONKOVIĆ, HEP-Plin d.o.o., predsjednik
Luka ČARAPOVIĆ, HKAIG***
Štefanija KLARIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Dražan KOZAK, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Leon MAGLIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Ivan SAMARDŽIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Marija SOMOLANJI, HEP-Plin d.o.o.
Antun STOIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku
Josip STOJŠIĆ, SFSB, Sveučilište u Osijeku

Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu



*SFSB - Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
**FSB - Fakultet strojarstva i brodogradnje
***HKAIG - Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu

Glavni sponzor:

HYPO GROUP ALPE ADRIA

SLAVONSKA BANKA

1896.

mijo OSIJEK

VODOVOD OSIJEK

SCHIEDEL PTMG

Vaillant

Europa Projekt Plin

Instos

DE-CERTO d.o.o. za trgovinu i usluge

reusinženjering

BERHE

AGRIA TOPLINA NAS SPAJA

ISBN: 978-953-6048-45-8

PROGRAM SKUPA
PROGRAMME

SRIJEDA / WEDNESDAY / 15.10.2008.	
17.00 – 19.00	**Registracija sudionika / Registration**
19.00	**Koktel dobrodošlice / Greeting Cocktail**

ČETVRTAK / THURSDAY / 16.10.2008.	
8.00 – 9.50	**Registracija sudionika / Registration**
10.00	**Uvodna riječ voditeljâ Skupa / Foreword – Pero Raos, Nikola Liović**
	Svečano otvaranje Skupa / Opening **- Ivan Samardžić –** dekan Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu **- Stjepan Tvrdinić** – član Uprave HEP-a d.d.
10.15	**Udovičić, Božo:** Perspektive razvoja energetike *Perspectives of energetics development*
10.30	**Slipac, Goran; Vujec, Nataša:** Uloga prirodnog plina u proizvodnji električne energije *The role of natural gas in producing electric energy*
10.45	**Berghaus, Vanessa:** *Piping systems and quality control in Gas applications*
11.00 – 11.15	**Pauza / Break**
11.15	**Köves, Tibor; Szávai, Szabolcs; Lenkey, Gyöngyvér Bíró:** *Failure analysis of cracked 3rd stage cylinder of giant compressor of ammonia factory*
11.30	**Brković, Zvonimir:** Schiedel sistem dimnjaka Advance *Schiedel chimney system advance*
11.45	**Kljajin, Milan:** Mogućnost primjene objektno orijentirane metodologije kod modeliranja mreže cjevovoda za prirodni plin *Possibility of applying the object-oriented methodology by natural gas pipeline network modelling*
12.00	**Ergić, Todor; Kljajin Milan; Ivandić Željko:** Neke značajke konstrukcije za montažu kuglastih spremnika *Some characteristics of design by assembly of spherical tanks*
12.15 – 12.30	**Pauza / Break**
12.30	**Topličanec, Boris:** Mikro kogeneracijsko postrojenje – ecoPOWER *Micro-cogeneration – ecoPOWER*
12.45	**Peljto, Džemal; Karišik, Emina; Peljto, Mensur:** Prva iskustva u primjeni kompresionih gasnih toplotnih pumpi za grijanje i hlađenje u gradu Sarajevu *First Experiences in the Application of Gas Compression Heat Pumps for Heating and Cooling in the City of Sarajevo*
13.00	**Lenkey, Gyöngyvér Bíró; Tóth, László; Fótos, Réka:** *Practical large-scale application of risk-based approaches in Hungarian industry: refineries, chemical plants, power plants and possible extension to neighbouring countries*
13.15	**Bučo-Smajić, Aida:** Uloga DVGW-a u njemačkom plinskom gospodarstvu *The role of DVGW in German Gas Industry*

13.30	**Klees, Alfred; Schülken, Hiltrud:** **Tehnička regulativa u europskom kontekstu** *Technical rules in the European context*
13.45 – 14.05	**Poster sekcija / Poster section**
14.05 – 15.05	**Ručak / Lunch**
17.00	**Polazak u Karanac / Getting off to Karanac**

PETAK / FRIDAY / 17.10.2008.

8.00 – 8.50	**Registracija sudionika / Registration**
9.00	**Sladović, Davor:** Nove generacije prijenosnih plinskih detektora *New generations of portable gas detectors*
9.15	**Škufca, Hajdina:** Edukacija u svrhu implementacije tehničke regulative *Education for the Purposes of Implementation of Technical Regulations*
9.30	**Pešut, Hrvoje; Pavić, Tomislav; Krklec, Željko:** Rokovi kontrole plinskih instalacija *Deadlines for Gas Installations Controls*
9.45	**Karahodžić, Ibrahim:** Uputstva za mjere zaštite postrojenja za snabdijevanje kod građevinskih radova *Instructions for Protection Measures of Supply Facilities during Construction Work*
10.00 – 10.15	**Pauza / Break**
10.15	**Hnatko, Emil:** Prirodni (zemni) plin kao gorivo za motore SUI *Natural gas as a fuel for Internal combustion engines*
10.30	**Bajto, Mario:** Primjena kružoka kvalitete u situacijama odlučivanja u plinarstvu *Application of quality circuit on choosing situations in gas business*
10.45	**Fistonić, Milan:** Postupci kod elektrofuzijskog i sučeonog zavarivanja u uvjetima rada na niskim temperaturama *Process of electrofusion and butt fusion welding in working conditions under low temperatures*
11.00	**Pavković, Branimir; Božunović, Aleksandar; Mrakovčić, Tomislav:** Primjena prirodnog plina i optimizacija sustava za energetsku opskrbu telekomunikacijskih centara *Application of Natural Gas and optimization of Energy Supply Systems for Telephone Communications Centres*
11.15 – 11.30	**Pauza / Break**
11.30	**Karahodžić, Ibrahim:** Osnovna načela i organizacija dežurne službe preduzeća za snabdijevanje gasom *Basic Principals and Organization of an On-Call Service of a Gas Supply Company*
11.45	**Galović, Antun; Živić, Marija:** Analiza procesa izgaranja prirodnog plina uzorka ˝Osijek˝ *Analysis of a natural gas combustion process of the sample ˝Osijek˝*
12.00	**Sekulić, Dragutin:** Ugljični monoksid – opasnost i zaštita *Carbon monoxide – danger and protection*
12.15	**Krklec, Željko; Pavić, Tomislav; Pešut, Hrvoje:** Kontrola plinovoda i kućnih priključaka *Control of gas pipelines and household gas connections*
12.30	**Kozak, Dražan; Konjatić, Pejo; Marković, Zlatko:** Numeričko modeliranje vrelovodnih cijevi s oštećenjem *Numerical modelling of hot water pipe with corrosion damage*
12.45 – 13.05	**Poster sekcija / Poster section**
13.05	**Zatvaranje Skupa / Closing – Pero Raos**
13.15 – 14.15	**Ručak / Lunch**

RADOVI U POSTER SEKCIJI / PAPERS IN POSTER SECTION

Raos, Pero; Stojšić, Josip; Ravlić, Anto:
Utvrđivanje oštećenja na polimernim plinovodnim cijevima i njihova sanacija
Determination of polymer gas pipes failures and their repairments

Pavić, Tomislav; Krklec, Željko; Pešut, Hrvoje:
Određivanje ugroženog prostora kod propusnosti plina
Determining of risk space at the porosity of gas

Pećar, Krešimir:
Računalno programiranje hidrauličkog modela plinske mreže
Programming hydraulic gasnet model

Tonković, Zlatko; Šercer, Mladen; Raos, Pero:
Pogreške prilikom građenja plinovoda
Failures while building gas pipelines

Samardžić, Ivan; Stoić, Antun; Klarić, Štefanija; Boduljak, Hrvoje:
Primjena MAG-STT postupaka za zavarivanje plinovodnih cijevi
Application of MAG-STT process for welding of steel gas pipes

Sladović, Davor:
Miješani plin UNP/zrak kao rezervno gorivo
Propane Air Mixing Systems - Industrial Back-up

PRIMJENA MAG-STT POSTUPKA KOD ZAVARIVANJA ČELIČNIH PLINOVODNIH CIJEVI

Prof.dr.sc. Ivan Samardžić, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Doc.dr.sc. Antun Stoić, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Mr.sc. Štefanija Klarić, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Boduljak Hrvoje, dipl.ing. INSTOS d.o.o., Osijek

1. Uvod

Čelične plinovodne cijevi zauzimaju značajno mjesto u udjelu plinovodne mreže. Iako se s vremenom značajno povećava udio polimernih materijala u plinovodnoj mreži, čelične cijevi su i danas tehnologično rješenje (ekonomično, pouzdano, kvalitetno, uz minimalan utrošak materijala i energije, …), posebno kod većih promjera cjevovoda i kod visokih vrijednosti tlaka u cjevovodu. Isto tako, treba imati na umu da su danas u eksploataciji brojni cjevovodi od čeličnih cijevi izgrađeni još od vremena prije nekoliko desetljeća, kada je udio polimernih cijevi bio relativno manji. Kod zavarivanja čeličnih plinovodnih cijevi od posebne je važnosti brzina zavarivanja koja na određeni način determinira i tehnologičnost primjene čeličnih plinovodnih cijevi. Pri tome je posebno važno razmotriti brzinu izvođenja korijenog prolaza i brzinu popune žlijeba zavara. Pri zavarivanju čeličnih plinovodnih cijevi najčešće se koriste sljedeći postupci zavarivanja: REL (ručno elektrolučno zavarivanje), konvencionalni MAG (zavarivanje taljivom elektrodom u zaštiti aktivnog plina), FCAW (zavarivanje taljivom elektrodom uz primjenu praškom punjenih žica i/ili bez dodatne vanjske plinske zaštite aktivnog plina), te MAG-STT (Suraface Transfer Technology) postupak zavarivanja.

REL postupak je uvijek moguća opcija zavarivanja koja ne zahtjeva posebna ulaganja u opremu za zavarivanje, a može se koristi za provarivanje korijena (celulozna elektroda), te popune žlijeba (celuloznom ili bazičnom elektrodom). Ovaj postupak zavarivanja počeo se koristiti za zavarivanje čeličnih cijevi još od 30-ih godina prošlog stoljeća kada su se počele koristiti i celulozne elektrode i tzv. «falnat» tehnika zavarivanja (downhill, silazna tehnika). Celulozne elektrode imaju tanku oblogu koja se tali uz mali utrošak enegrije, pri čemu se oslobađaju plinovi koji štite rastaljeni materijal od utjecaja okoline. Troska se brzo hladi i tako ne ometa efikasno zavarivanje u silaznoj poziciji (ne podlijeva se ispod električnog luka!). Kod zavarivanja celuloznim elektrodama izuzetno je visok sadržaj difuzijskog vodika u metalu zavara (i više od 50 ml H_2/100 g zavara), a gubitak dodatnog materijala je i do 30%. Celulozne se elektrode mogu koristiti za zavarivanje materijala gradacije čak X70 prema API 5L, gdje se za zavarivanje «vrućeg prolaza» (prolaz koji slijedi nakon izvođenja korijenog prolaza) mogu koristiti posebno razvijene celulozne elektrode za «vruće prolaze») ili se za popunu mogu koristiti bazične elektrode (npr. Kod materijala X80, X100). «Vrući prolaz» obrađuje prethodno izvedeni korijeni zavar na način da odstranjuje vodik koji je ušao u zavar i koji može prouzročiti poteškoće (prije svega mogu nastati hladne pukotine koji su kod čvršćih čelika jače izražene).

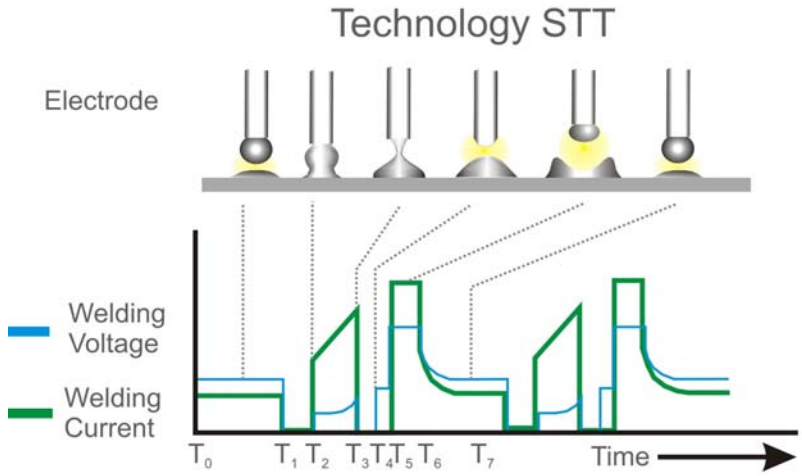
Konvencionalni MAG postupak zavarivanja ima dobre operativno-tehnološke karakteristike koje su potvrđene u praksi i kao takav se vrlo često koristi. Ovaj postupak se počeo primjenjivati za zavarivanje čeličnih plinovodnih cijevi 60-ih godina prošlog stoljeća u SAD-u. Bilo da se radi o zavarivanju jednom žicom, sa dvije žice ili «tandem» varijantom postupka zavarivanja, MAG postupak zavarivanja je dominantni postupak koji se može po potrebi automatizirati.

Primjena praškom punjenih žica eliminirala je neke nedostatke klasičnog MAG zavarivanja, a poseban iskorak je značilo uvođenje MAG-STT postupka za zavarivanje korijenog prolaza. Ovo je suvremena tehnika zavarivanja uz kontrolirani prijenos materijala u električnom luku, kratkim spojevima. MAG-STT postupak zavarivanja je poluautomatski postupak zavarivanja koji je lansirala tvrtka Lincoln i koji danas ima vrlo široku primjenu koda zavarivanja korijenih zavara debelostjenih limova i cijevi, te zavarivanja tankonstijenih limova.

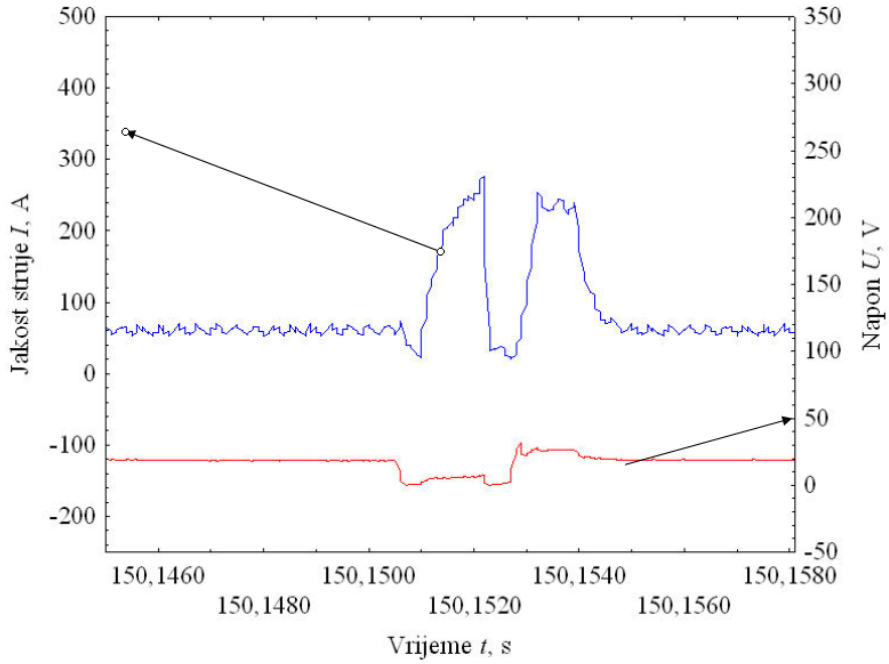
U ovom se radu obrazlaže primjena MAG-STT postupka za provarivanje čeličnih plinovodnih cijevi nakon čega slijedi popuna žlijeba najčešće REL postupkom, no moguća je i automatizacija postupka popune žlijeba za zavarivanje.

2. O MAG-STT postupku zavarivanja

STT proces zavarivanja samo naizgled podsjeća na impulsni MAG postupak zavarivanja kratkim spojevima, no u osnovi je to sasvim različit, novi postupak zavarivanja. Ovo je postupak zavarivanja sa definiranim izlaznim oblicima razdioba napona i struje tijekom trajanja procesa zavarivanja, a pri kojima se rastaljene kapljice doslovce «uvlače» u rastaljenu kupku pomoću sila površinske napetosti. Proces zavarivanja odvija se ciklički, a postavljanjem ispravnih parametara zavarivanja na displeju uređaja osiguravaju se stabilnost električnog luka i stabilnost cjelokupnog procesa zavarivanja, te ponovljivost procesa zavarivanja. Struja zavarivanja se mijenja u mikrosekundama, ovisno o iznosu napona u električnom luku. Promjene jakosti struje i napona zavarivanja u električnom luku tijekom procesa zavarivanja prikazane su na slici 1. [1,2] Vlastiti rezultati snimljenih parametara zavarivanja su prikazani na slici 2. [4]



Slika 1. Promjene parametara zavarivanja u električnom luku tijekom STT postupka zavarivanja. [1,2]



Slika 2. Parametri zavarivanja pri MAG-STT zavarivanju snimljeni vlastitim On-line monitoring sustavom. [4]

STT postupak zavarivanja je suvremeni postupak zavarivanja koji se, između ostaloga, uspješno koristi koristi za zavarivanje korijena zavara u otvorenom žlijebu, a karakterizira ga:
- velika brzina zavarivanja, veća produktivnost u usporedbi sa ostalim postupcima, posebno u usporedbi sa TIG zavarivanjem,
- manji unos topline u odnosu na TIG postupak,
- mogućnost zavarivanja različitih tipova materijala,
- smanjena mogućnost hladnog naljepljivanja,
- manji broj prekida zavarivanja, a time i manja mogućnost pojave grešaka,
- dobra kontrola rastaljene kupke,
- manje prskotina, a samim tim i kraće trajanje čišćenja zavara,
- mogućnost korištenja mješavina plinova (CO_2, Ar-82%+CO_2-18%, Ar-98%+CO_2-2%, …),
- zadovoljavajuća korozijska otpornost,
- smanjena emisija dimnih plinova,
- smanjeno isijavanje topline i zračenje,
- povoljniji uvjeti rada za zavarivača, i dr.

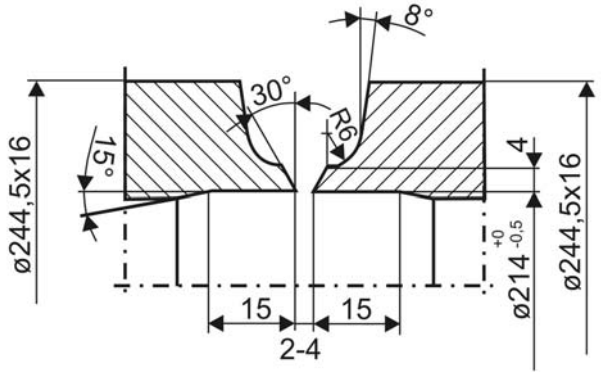
Iako je MAG-STT postupak zavarivanja relativno novi postupak zavarivanja, zbog čitavog niza pogodnosti koje pruža primjena ovog postupka zavarivanja, vrlo se brzo proširio u praksi. Već se uspješno primjenjuje u našoj sredini u brojnim pogonima kao na primjer kod zavarivanja u kotlogradnji i kod izrade kompenzatora. Ovaj poluautomatski elektrolučni postupak zavarivanja taljivom elektrodom u zaštiti plinske mješavine je pronašao primjenu i kod zavarivanja čeličnih plinovodnih cijevi. Odlikuje se izuzetnom kvalitetom zavarenog spoja koja je usporediva sa kvalitetom koja se postiže kod TIG zavarivanja, izuzetnom produktivnosti, jednostavnom tehnikom zavarivanja, manjim ukupnim troškovima zavarivanja i slično. Specifični prijenos materijala u električnom luku tijekom zavarivanja MAG- STT postupkom je ograničavajući faktor primjene ovog postupka zavarivanja, te je namijenjen za izvođenje korijena zavarenog spoja materijala veće debljine ili za zavarivanje tankostjenih materijala. No, to mu nije značajno ograničilo primjenu jer postoji čitav niz alternativnih visokoučinskih postupaka zavarivanja pogodnih za popunu žlijeba za zavarivanje, koji se mogu koristiti u kombinaciji sa MAG-STT postupkom (napr. EPP, MAG, REL).



Slika 3. Usporedba MAG-STT (lijevo) i konvencionalnog MAG zavarivanja (desno).[3]

Na slici 4 daje se prikaz pripreme žlijeba za zavarivanja kod sučeonog zavarivanja korijenog prolaza komore kotlovskog postrojenja, dok su na slikama 5 – 7 dati prikazi korijene strane

zavara (slika 5) i pogled korijenog zavara sa strane lica zavara (slika 6), te makro presjek kompletnog zavarenog spoja (slika 7).



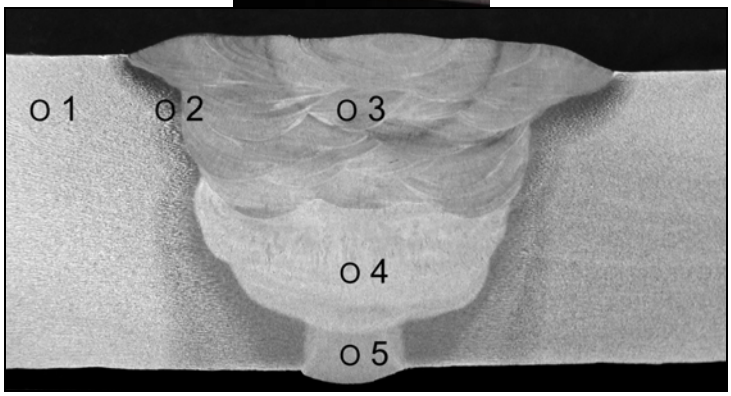
Slika 4. Oblik i dimenzije sučeonog spoja na cijevnoj komori. [4]



Slika 5. Izgled korijena zavarenog spoja izveden MAG-STT postupkom zavarivanja – naličje korijenog zavara (snimljeno sa unutrašnje strane komore). [4,5]



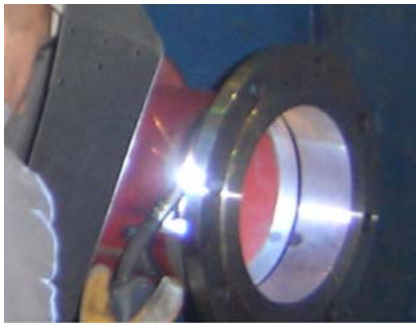
Slika 6. Izgled lica zavara nakon izvođenja korijenskog zavara MAG-STT postupkom zavarivanja. Uočljiv izuzetno kvalitetan estetski izgled lica zavara, bez pojave prskotina. [4,5]



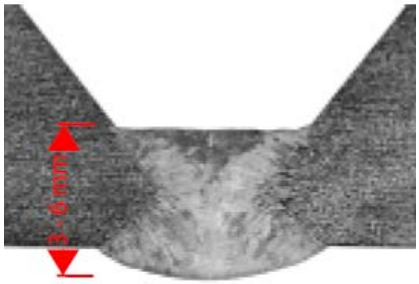
Slika 7. Izgled makro presjeka zavarenog spoja na komori. MAG-STT+REL+EPPzavarivanje (korijen zavara – lokacija 5 izvedena je STT postupkom zavarivanja). [4,5]

Na slikama 8 i 9 daju se primjeri uspješne primjene u kod sučeonog zavarivanja cijevi i grlene prirubnice.

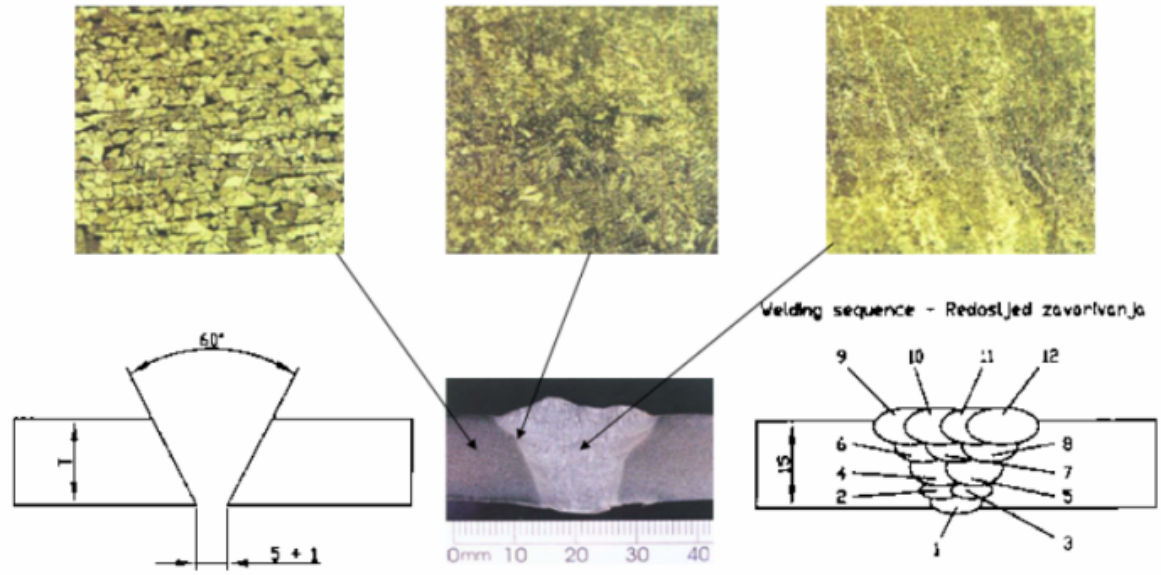
Slika 8. Primjer izvođenja korjena zavara MAG-STT postupkom zavarivanja – zavarivanje cijevi i grlene prirubnice. Predmet zavarivanja rotira kako bi se osigurao optimalan položaj, tj. verikalno odozgo prema dolje. [6]



Slika 9. Pravilno izveden korijenski prolaz MAG-STT postupkom kao i njegova debljina. Popuna se izvodi REL, EPP ili TIG postupkom zavarivanja. [6]



Postupak zavarivanja:	MAG-STT + REL
Materijal:	W.Nr. 1.0425
Debljina osnovnog materijala:	15 mm
Dodatni materijal:	
KORJENSKI PROLAZ:	MAG-STT – ULTRAMAG (EN 440: G3S11) - Lincoln El.
POPUNA:	REL – EVB 50 (DIN EN 499: E 42 4 B 32 H5) - Jesenice



Slika 10. Makro i mikro fotografije presjeka karakterističnog zavarenog spoja izvedenog MAG-STT + REL postupkom zavarivanja pri atestiranju postupka zavarivanja. [6]

3. Primjena MAG-STT postupka u zavarivanju plinovodnih cijevi

Na magistralnoj plinovodnoj trasi na relaciji Osijek – Belišće s odvojkom za Beli Manastir, pored ostalih postupaka zavarivanja, primijenjen je i STT postupak. Promjer

plinovodne cijevi iznosi je 406,4 mm (16′), dok su debljine stjenke bile 6,4 mm (najpovoljniji slučaj), 7,1 mm (blizina naselja) i 9,5 mm (posebni zahtjevi). Projektirani radni tlak plinovoda je 50 bara. Predviđeni vijek eksploatacije plinovoda procjenjuje se na 50 godina. Cijevi od kojih se izrađuju segmenti tvornički su spiralno zavarene EPP – postupkom, a dužina im najčešće iznosi oko 14 m.

Neposredno prije zavarivanja dvije cijevi koje će se zavariti moraju se centrirati, tako da nema pomaka (smaknuća) krajeva cijevi. Za centriranje se koriste mehanički ili hidraulički uređaji, stege ili naprave za unutrašnje (slika 11) ili vanjsko centriranje cijevi (slika 12).



Slika 11. Naprava za unutrašnje centriranje. [7]



Slika 12. Naprava za vanjsko centriranje. [7]

Izvođenje korijenskog zavara MAG-STT - postupkom za cijev promjera 406,4 mm i debljinu stjenke 6,4 mm žicom promjera 1 mm prikazuje slika 13.



Slika 13. Zavarivanje korijena STT - postupkom. [7]

Popunjavanje zavara – prolazi 2 do 4 uz čišćenje šljake nakon izvođenja svakog zavara. Slika 14 prikazuje popunjavanje zavara REL – postupkom uz primjenu celuloznom elektrodom.



Slika 14. Popuna zavara celuloznom elektrodom. [7]

Nakon zavarivanja cijevi, iste se prekrivaju toplinskom izolacijom radi sporijeg hlađenja, kako bi se smanjila opasnost od nastajanja pukotina.

4. Zaključak

MAG-STT postupak zavarivanja je suvremeni postupak koji sve više nalazi primjenu u gradnji različitih konstrukcija (komponente kotlovskih postrojenja, kompenzatora, …), pa tako i u izradi čeličnih plinovodnih mreža. Pokazao se vrlo tehnologičnim kod zavarivanja korijena

zavarenog spoja, nakon čega slijedi popuna žlijeba REL ili konvencionalnim MAG postupkom zavarivanja. Ovo je poluautomatski postupak zavarivanja koji se može svrstati u visokoučinske postupke spajanja tankostjenih materijala, a koristi se i kod izvođenja korijenih prolaza gdje se traži vrlo visoka kvaliteta zavara. Dosadašnja iskustva u različitim primjerima primjene ovog postupka pokazala su se izuzetno pozitivna, pa se očekuje daleko veća zastupljenost ovog postupka zavarivanja kako u zavarivanju čeličnih cjevovoda, tako i u izradi drugih strojarskih konstrukcija i proizvoda.

Literatura

1. F. Neessen, F. Naber. The GMAW – STT process – An advance welding process. Lincoln Smitweld B.V, Lincoln Electric Europe B.V. The Niederland, October 2003.
2. http://www.lincolnelectric.cz/oc_stt_e.htm
   J. Hetych. Stt – First Source With Controlled Short – Circuitting Transfer
3. Kralj, S. Radošević,B. Garašić,I. Zavarivanje Cjevovoda Od Čelika Api 5l X70, Časopis Zavarivanje, HDTZ Zagreb, 2008.
4. Despotović , Božo; Samardžić , Ivan; Marsenić , Tihomir; Brechelmacher, Branimir. Neki aspekti primjene STT postupka zavarivanja u kotlogradnji // 3rd International Conference Mechanization, Automation and Robotization in Welding and Allied Processes / Kožuh, Zoran (ur.). Zagreb : Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja, 2005. 71-78 (stručni rad).
5. Dunđer, Marko; Samardžić, Ivan; Klarić, Štefanija. Monitoring Of Main Welding Parameters At STT Welding Process // Proceedings/9th International Research/Expert Conference " ; ; Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" ; ;TMT 2005, Antalya, Turkey, 26-30 September, 2005 / Ekinović , Sabahudin ; Yalcin, Senay ; Calvet, Joan Vovancos (ur.). Zenica : Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Bahcesehir University Istambul, Muhendislik Fakultesi, Turkey, Escola Tecnica Superior D'Enginyeria Industrial de Barcelona, Department d'Enginyeria Mechanica, Universitat Politecnica de Catalunya, Spain, 2005. 219-222.
6. Pavić, J., Samardžić,I.,Klarić, Š. Primjena MAG-STT postupka zavarivanja u izradi kompenzatora. Zbornik radova međunarodnog savjetovanja: Tehnologična primjena postupaka zavarivanja i zavarivanju srodnih tehnika, Slavonski Brod, 2007.
7. Boduljak, H. Tehnologija zavarivanja čeličnih plinovodnih cijevi, diplomski rad na sveučilišnom dodiplomskom studiju Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu. 2006.
8. Blackman, S., "Developments forecast to reduce pipeline construction costs", Welding and Metal Fabrication, vol.69, no.8. Sept.2001. pp.7-10.
9. Blackman, S. A. and Dorling, D. V., "Advanced welding processes for transmission pipelines", Pipeline Technology. Proceedings, 3rd International Conference, Brugge, Belgium, 21-24 May 2000.
10. Hammond, J., Blackman, S. and Hudson,M., "Challenges of girth welding X100 linepipe for gas pipelines", Pipe Dreamer's Conference, Application and Evaluation of High-Grade Linepipes in Hostile Environments, Pacifico Yokohama, Japan, 7-8 November, 2002.
11. Samardžić,I.,Kolumbić,Z.,Baotić,M. Doprinos primjeni praškom punjenih žica za zavarivanje MAG postupkom. Znanstveno-stručni časopis Tehnički vijesnik, (2001)(3,4)23-37. UDK 621.792.3:620.17, ISSN 1330-3651.

Zahvala: Zahvaljujemo Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske na potpori znanstvenog projekta (Suvremene tehnologije spajanja lakih strojarskih konstrukcija), zahvaljujući čemu su provedena istraživanja koja su obuhvaćena u ovom radu.



UPUTSTVO ZA MJERE ZAŠTITE POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE KOD GRAĐEVINSKIH RADOVA

Pripremio: ***Karahodžić Ibrahim, dipl.ing.maš.***

Sarajevo, septembar 2008. godine

1. PODRUČJE VAŽENJA

Ova uputstva važe za radove u području postrojenja za snabdijevanje plinom na javnim i privatnim posjedima; postrojenju za snabdijevanje plinom pripadaju cjevovodi, armature, ostali konstrukcioni dijelovi, oslonci, postrojenja za katodnu antikorozivnu zaštitu, kablovi za upravljanje i mjerenje, trake za upozorenje, itd.

2. OPĆE OBAVEZE GRAĐEVINSKOG PREDUZEĆA

- Svako građevinsko preduzeće prilikom izvođenja njemu povjerenih građevinskih radova na javnim i privatnim posjedima treba da računa sa postojanjem podzemnih postrojenja za snabdijevanje i da poduzme potrebne mjere za izbjegavanje njihovog oštećenja.

- Prisustvo ovlaštene osobe preduzeća za snabdijevanje na gradilištu na oslobađa građevinsko preduzeće ili njegovu ovlaštenu osobu odgovornosti za pričinjene štete na postrojenjima za snabdijevanje.

- U području postrojenja za snabdijevanje treba tako raditi da stanje i pogonska sigurnost postrojenja ostaju zagarantovani za vrijeme i nakon izvođenja radova.

3. OBAVEZA INFORMIRANJA

- U pogledu obaveza informiranja i sigurnosti građevinskog preduzeća prilikom izvođenja građevinskih radova potrebno je pravovremeno, prije početka radova, prikupiti aktuelne informacije o položaju i dubini rovova postrojenja za snabdijevanje koji se nalaze u području gradnje, odnosno iskopavanja, u službama nadležnog preduzeća za snabdijevanje.

- Prilikom početka građevinskih radova mora biti na raspolaganju projektna dokumentacija najnovijeg stanja.

- Kod odstupanja od projektne gradnje ili proširenja građevinskog naloga (ugovora) mora se izvršiti novo informiranje.

4. POLOŽAJ POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE

- Preduzeća za snabdijevanje će dati dovoljno precizne informacije o položaju i dubini rovova postrojenja za snabdijevanje koja se nalaze u području gradnje, koliko je to moguće na osnovu postojeće dokumentacije.

- Građevinsko preduzeće ima obavezu da se samo uvjeri u stvarni položaj i/ili dubinu navedenih uređaja za snabdijevanje .



5. POČETAK RADOVA

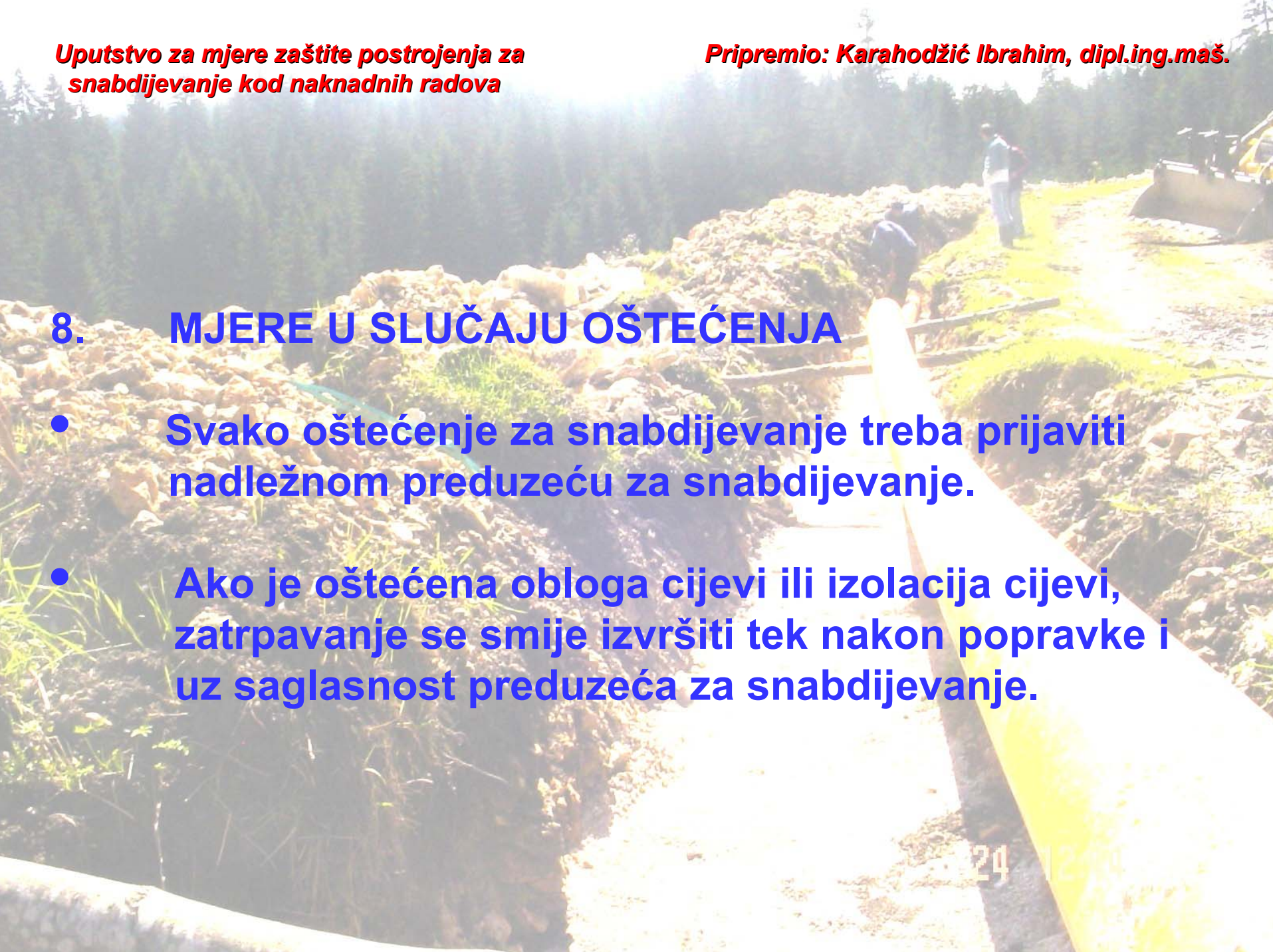
Prije početka radova u području postrojenja za snabdijevanje mora se pravovremeno najaviti početak građevinskih radova preduzeću za snabdijevanje, tj. cca. dvije sedmice prije početka radova.

6. STRUČNI NADZOR

- Građevinski radovi u području postrojenja za snabdijevanje smiju se izvoditi samo uz stručni nadzor.
- Mora se pridržavati dokumentacije koje je građevinsko preduzeće dobilo od preduzeća za snabdijevanje.
- Za vrijeme građevinskih radova moraju ostati dostupne armature, ulične kape, poklopci šahtova i drugi uređaji koji pripadaju postrojenju za snabdijevanje.
- Natpisne ploče ili druge oznake se ne smiju pokrivati, pomjerati ili uklanjati bez dozvole preduzeća za snabdijevanje.

7. OTKRIVANJE POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE

- Postrojenja za snabdijevanje se smiju otkrivati samo ručnim kopanjem.
- Otkriveni vodovi se moraju zaštititi od bilo kakvog oštećenja (i smrzavanja) i stručno osigurati od promjene položaja.
- Oslonci se ne smiju zatrpavati ili otkrivati.
- Ukoliko se naiđe na postrojenja za snabdijevanje odnosno upozoravajuće trake na mjestima koje preduzeće za snabdijevanje nije navelo, u tom slučaju neposredno treba obavjestiti operatora postrojenja za snabdijevanje.
- Radove u tom području treba prekinuti dok se ne postigne saglasnost sa preduzećem za snabdijevanje o daljem postupku.



8. MJERE U SLUČAJU OŠTEĆENJA

- Svako oštećenje za snabdijevanje treba prijaviti nadležnom preduzeću za snabdijevanje.

- Ako je oštećena obloga cijevi ili izolacija cijevi, zatrpavanje se smije izvršiti tek nakon popravke i uz saglasnost preduzeća za snabdijevanje.

9. MJERE U SLUČAJU ISTICANJA PLINA IZ CJEVOVODA

Ako je cjevovod oštećen da plin ističe treba odmah poduzeti mjere za smanjenje opasnosti:

- Kod istrujavanja plina postoji opasnost od paljenja izbjegavati stvaranje iskre, ne pušiti, ne paliti vatru.
- Okolne zgrade ispitati da li u njih ulazi plin, ukoliko je plin ušao otvoriti vrata i prozore.
- Ne koristiti nikakve električne uređaje.
- Odmah isključiti sve građevinske mašine, motore i vozila.

9. MJERE U SLUČAJU ISTICANJA PLINA IZ CJEVOVODA

- Odstraniti ljude iz područja opasnosti i osigurati prostor.
- Zatvoriti mjesto oštećenja i spriječiti pristup neovlaštenim osobama.
- Neodložno obavjestiti nadležno preduzeće za snabdijevanje.
- Po potrebi obavjestiti policiju iili vatrogasnu službu.
- Dogovoriti dalje mjere sa preduzećem za snabdijevanje i nadležnim službama.
- Osoblje smije napustiti gradilište samo uz saglasnost preduzeća za snabdijevanje.

10. ZATRPAVANJE GRAĐEVINSKIH JAMA

- Podziđivanje i pokrivanje otkopanih postrojenja za snabdijevanje treba pravovremeno usaglasiti sa preduzećem za snabdijevanje

- Zatrpavanje u području saobraćajnih površina treba vršiti prema građevinskim propisima o zatrpavanju kanala za vodove, kao i prema važećim odredbama preduzeća za snabdijevanje.

11. KRATKA UPUTSTVA ZA GRAĐEVINSKA PREDUZEĆA ZA ZAŠTITU POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE GASOM

Na svakomgradilištu postupiti prema slijedećoj kontrolnoj listi:

- Pravovremeno prije početka radova najaviti građevinske radove npr., preduzeću za snabdijevanje. U slučaju nepredviđenih građevinskih mjera otklanjanje akutnih oštećenja, neodložno obavjestiti preduzeće za snabdijevanje.
- Poštovati stav preduzeća za snabdijevanje, oglasiti uputstva i obaveze na gradilištu, podučiti radnike.
- Utvrditi položaj postrojenja za snabdijevanje u području iskopavanja.
- Koristiti samo dokumentaciju pribavljanju neposredno prije početka radova (na primjer, dokaze o vodovima).
- Koristiti građevinske mašine tako pažljivo da je isključeno ugrožavanje postrojenja za snabdijevanje (npr. cjevovoda),

11. KRATKA UPUTSTVA ZA GRAĐEVINSKA PREDUZEĆA ZA ZAŠTITU POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE GASOM

- Osigurati i zaštititi otkrivene cjevovode i kablove.
- Uređaji za zatvaranje treba da budu dostupni i spremni za rad, ulične kape i poklopce šahtova držati slobodnim.
- Odmah prijaviti oštećenja. Oštećenja nisu samo isticanja nego i oštećenja obloga cijevi i izolacije kablova.
- Objaviti na gradilištu listu mjera prema poglavlju 9 ove prezentacije.
- Ponovo zatrpati otkrivena postrojenja za snabdijevanje tek nakon temeljne kontrole i nakon dogovora sa preduzećem za snabdijevanje.
- Prilikom zatrpavanja i sabijanja zaštititi cjevovode i kablove od oštećenja.



HVALA NA PAŽNJI !!!

Karahodžić Ibrahim, dipl.ing.maš.
ibrahimk@sarajevogas. ba

Ibrahim Karahodžić dipl.ing.maš.

UPUTSTVO ZA MJERE ZAŠTITE POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE KOD GRAĐEVINSKIH RADOVA

1. PODRUČJE VAŽENJA

Ova uputstva važe za radove u području postrojenja za snabdijevanje plinom na javnim i privatnim posjedima; postrojenju za snabdijevanje plinom pripadaju cjevovodi, armature, ostali konstrukcioni dijelovi, oslonci, postrojenja za katodnu antikorozivnu zaštitu, kablovi za upravljanje i mjerenje, trake za upozorenje, itd.

2. OPĆE OBAVEZE GRAĐEVINSKOG PREDUZEĆA

- Svako građevinsko preduzeće prilikom izvođenja njemu povjerenih građevinskih radova na javnim i privatnim posjedima treba da računa sa postojanjem podzemnih postrojenja za snabdijevanje i da poduzme potrebne mjere za izbjegavanje njihovog oštećenja.
- Prisustvo ovlaštene osobe preduzeća za snabdijevanje na gradilištu ne oslobađa građevinsko preduzeće ili njegovu ovlaštenu osobu odgovornosti za pričinjene štete na postrojenjima za snabdijevanje.

- U području postrojenja za snabdijevanje treba tako raditi da stanje i pogonska sigurnost postrojenja ostaju zagarantovani za vrijeme i nakon izvođenja radova.

3. OBAVEZA INFORMIRANJA

- U pogledu obaveza informiranja i sigurnosti građevinskog preduzeća prilikom izvođenja građevinskih radova potrebno je pravovremeno, prije početka radova, prikupiti aktuelne informacije o položaju i dubini rovova postrojenja za snabdijevanje koji se nalaze u području gradnje, odnosno iskopavanja, u službama nadležnog preduzeća za snabdijevanje.

- Prilikom početka građevinskih radova mora biti na raspolaganju projektna dokumentacija najnovijeg stanja.

- Kod odstupanja od projektne gradnje ili proširenja građevinskog naloga (ugovora) mora se izvršiti novo informiranje.

4. POLOŽAJ POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE

- Preduzeća za snabdijevanje će dati dovoljno precizne informacije o položaju i dubini rovova postrojenja za snabdijevanje koja se nalaze u području gradnje, koliko je to moguće na osnovu postojeće dokumentacije.
- Građevinsko preduzeće ima obavezu da se samo uvjeri u stvarni položaj i/ili dubinu navedenih uređaja za snabdijevanje,

5. POČETAK RADOVA

Prije početka radova u području postrojenja za snabdijevanje mora se pravovremeno najaviti početak građevinskih radova preduzeću za snabdijevanje, tj. cca. dvije sedmice prije početka radova.

6. STRUČNI NADZOR

- Građevinski radovi u području postrojenja za snabdijevanje smiju se izvoditi samo uz stručni nadzor.

- Mora se pridržavati dokumentacije koje je građevinsko preduzeće dobilo od preduzeća za snabdijevanje.

- Za vrijeme građevinskih radova moraju ostati dostupne armature, ulične kape, poklopci šahtova i drugi uređaji koji pripadaju postrojenju za snabdijevanje.

- Natpisne ploče ili druge oznake se ne smiju pokrivati, pomjerati ili uklanjati bez dozvole preduzeća za snabdijevanje.

7. OTKRIVANJE POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE

- Postrojenja za snabdijevanje se smiju otkrivati samo ručnim kopanjem.

- Otkriveni vodovi se moraju zaštititi od bilo kakvog oštećenja (i smrzavanja) i stručno osigurati od promjene položaja.

- Oslonci se ne smiju zatrpavati ili otkrivati. Ukoliko se naiđe na postrojenja za snabdijevanje odnosno upozoravajuće trake na mjestima koje preduzeće za snabdijevanje nije navelo, u tom slučaju neposredno treba obavjestiti operatora postrojenja za snabdijevanje.

- Radove u tom području treba prekinuti dok se ne postigne saglasnost sa preduzećem za snabdijevanje o daljem postupku.

8. MJERE U SLUČAJU OŠTEĆENJA

- Svako oštećenje za snabdijevanje treba prijaviti nadležnom preduzeću za snabdijevanje.

- Ako je oštećena obloga cijevi ili izolacija cijevi, zatrpavanje se smije izvršiti tek nakon popravke i uz saglasnost preduzeća za snabdijevanje.

9. MJERE U SLUČAJU ISTICANJA PLINA IZ CJEVOVODA

Ako je cjevovod oštećen da plin ističe treba odmah poduzeti mjere za smanjenje opasnosti.

- Kod istrujavanja plina postoji opasnost od paljenja; izbjegavati stvaranje iskre, ne pušiti, ne paliti vatru.
- Okolne zgrade ispitati da li u njih ulazi plin, ukoliko je plin ušao otvoriti vrata i prozore.
- Ne koristiti nikakve električne uređaje.
- Odmah isključiti sve građevinske mašine I motore I vozila.
- Odstraniti ljude iz područja opasnosti i osigurati prostor.
- Zatvoriti mjesto oštećenja I spriječiti pristup neovlaštenim osobama.
- Neodložno obavjestiti nadležno preduzeće za snabdijevanje.
- Po potrebi obavjestiti policiju iili vatrogasnu službu.
- Dogovoriti dalje mjere sa preduzećem za snabdijevanje I nadležnim službama.
- Osoblje smije napustiti gradilište samo uz saglasnost preduzeća za snabdijevanje.

10. ZATRPAVANJE GRAĐEVINSKIH JAMA

Podziđivanje i pokrivanje otkopanih postrojenja za snabdijevanje treba pravovremeno usaglasiti sa preduzećem za snabdijevanje
Zatrpavanje u području saobraćajnih površina treba vršiti prema građevinskim propisima o zatrpavanju kanala za vodove, kao i prema važećim odredbama preduzeća za snabdijevanje.

11. KRATKA UPUTSTVA ZA GRAĐEVINSKA PREDUZEĆA ZA ZAŠTITU POSTROJENJA ZA SNABDIJEVANJE GASOM

Na svakom gradilištu postupiti prema slijedećoj kontrolnoj listi:

- Pravovremeno prije početka radova njaviti građevinske radove preduzeću za snabdijevanje. U slučaju nepredviđenih građevinskih mjera, npr., otklanjanje akutnih oštećenja, neodložno obavjestiti preduzeće za snabdijevanje.
- Poštovati stav preduzeća za snabdijevanje, oglasiti uputstva i obaveze na gradilištu, podučiti radnike.
- Utvrditi položaj postrojenja za snabdijevanje u području iskopavanja. Koristiti samo dokumentaciju pribavljanju neposredno prije početka radova (na primjer, dokaze o vodovima).
- Koristiti građevinske mašine tako pažljivo da je isključeno ugrožavanje postrojenja za snabdijevanje (npr. cjevovoda),
- Osigurati i zaštititi otkrivene cjevovode i kablove.
- Uređaji za zatvaranje treba da budu dodstupni i spremni za rad, ulične kape i poklopce šahtova držati slobodnim.
- Odmah prijaviti oštećenja. Oštećenja nisu samo isticanja nego i oštećenja obloga cijevi i izolacije kablova.
- Objaviti na gradilištu listu mjera prema poglavlju 9 ovog rada.
- Ponovo zatrpati otkrivena postrojenja za snabdijevanje tek nakon temeljne kontrole i nakon dogovora sa preduzećem za snabdijevanje.
- Prilikom zatrpavanja i sabijanja zaštititi cjevovode i kablove od oštećenja.

HEP PLIN d.o.o.
HEP – GRUPA
Cara Hadrijana 7
OSIJEK

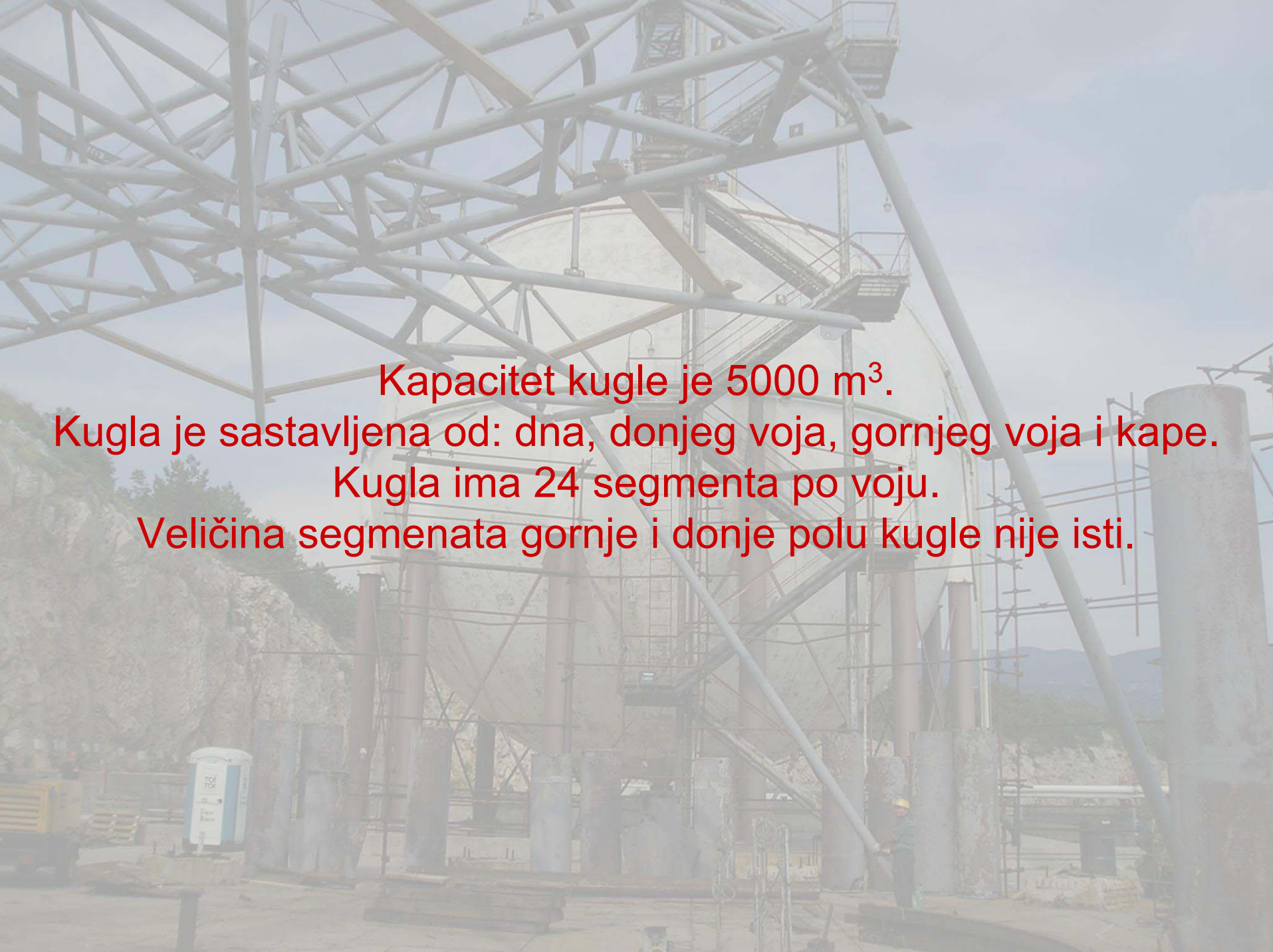
6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
OSIJEK 2008.

STROJARSKI FAKULTET
Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku
U SLAVONSKOM BRODU

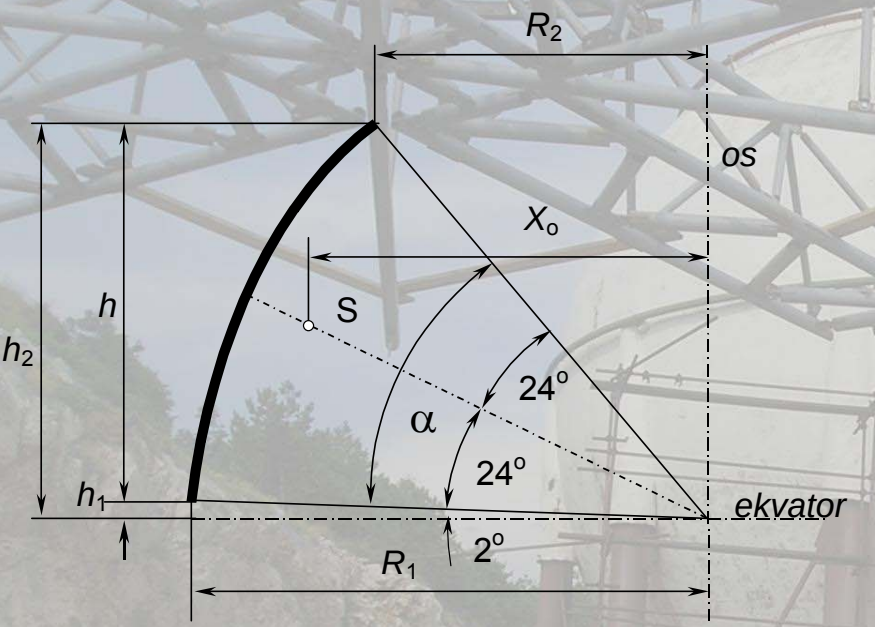
NEKE ZNAČAJKE KONSTRUKCIJE ZA MONTAŽU KUGLASTIH SPREMNIKA

Todor Ergić
Milan Kljajin
Željko Ivandić

Osijek
15. – 17. 10. 2008.



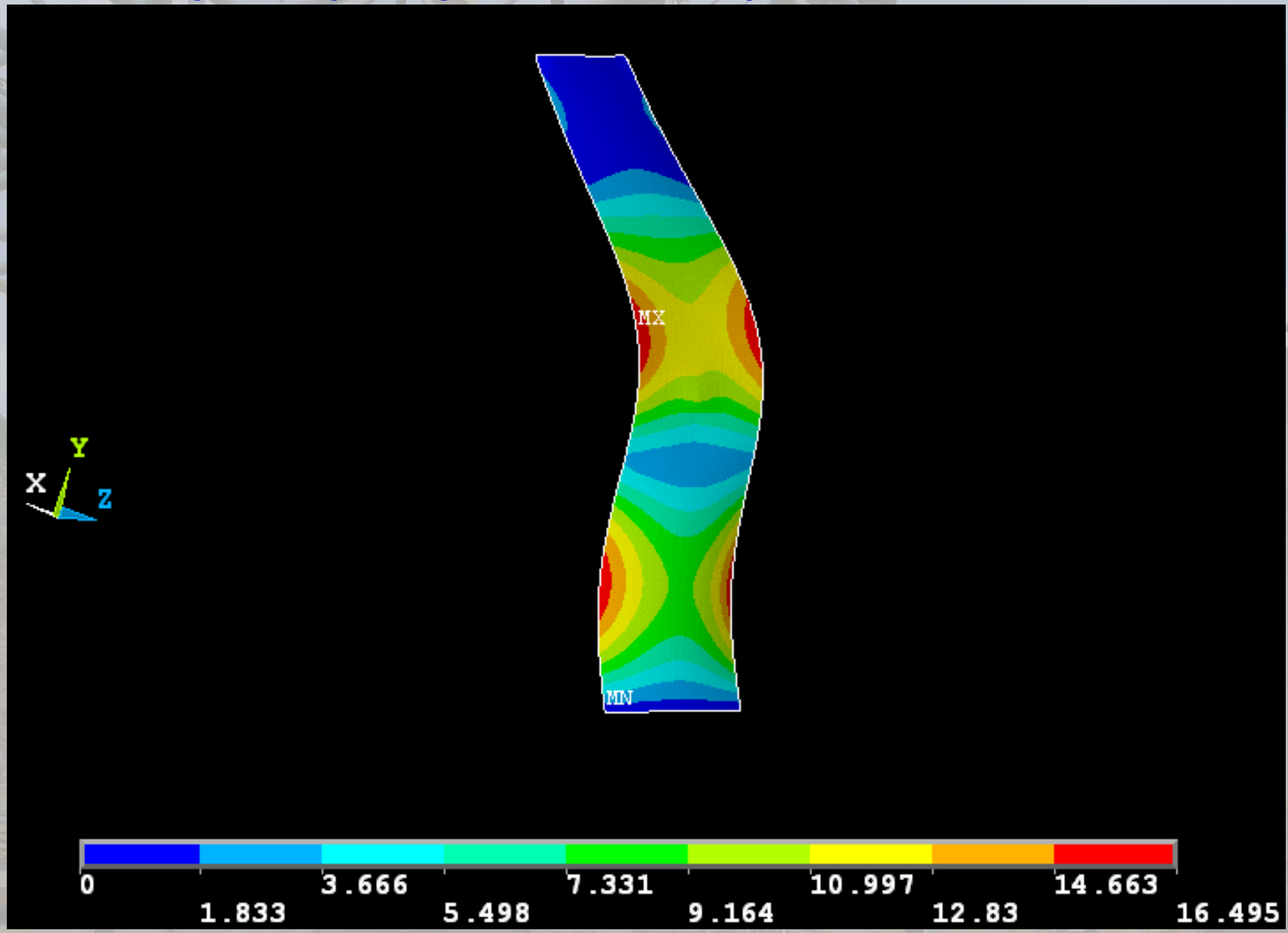
Kapacitet kugle je 5000 m^3.
Kugla je sastavljena od: dna, donjeg voja, gornjeg voja i kape.
Kugla ima 24 segmenta po voju.
Veličina segmenata gornje i donje polu kugle nije isti.

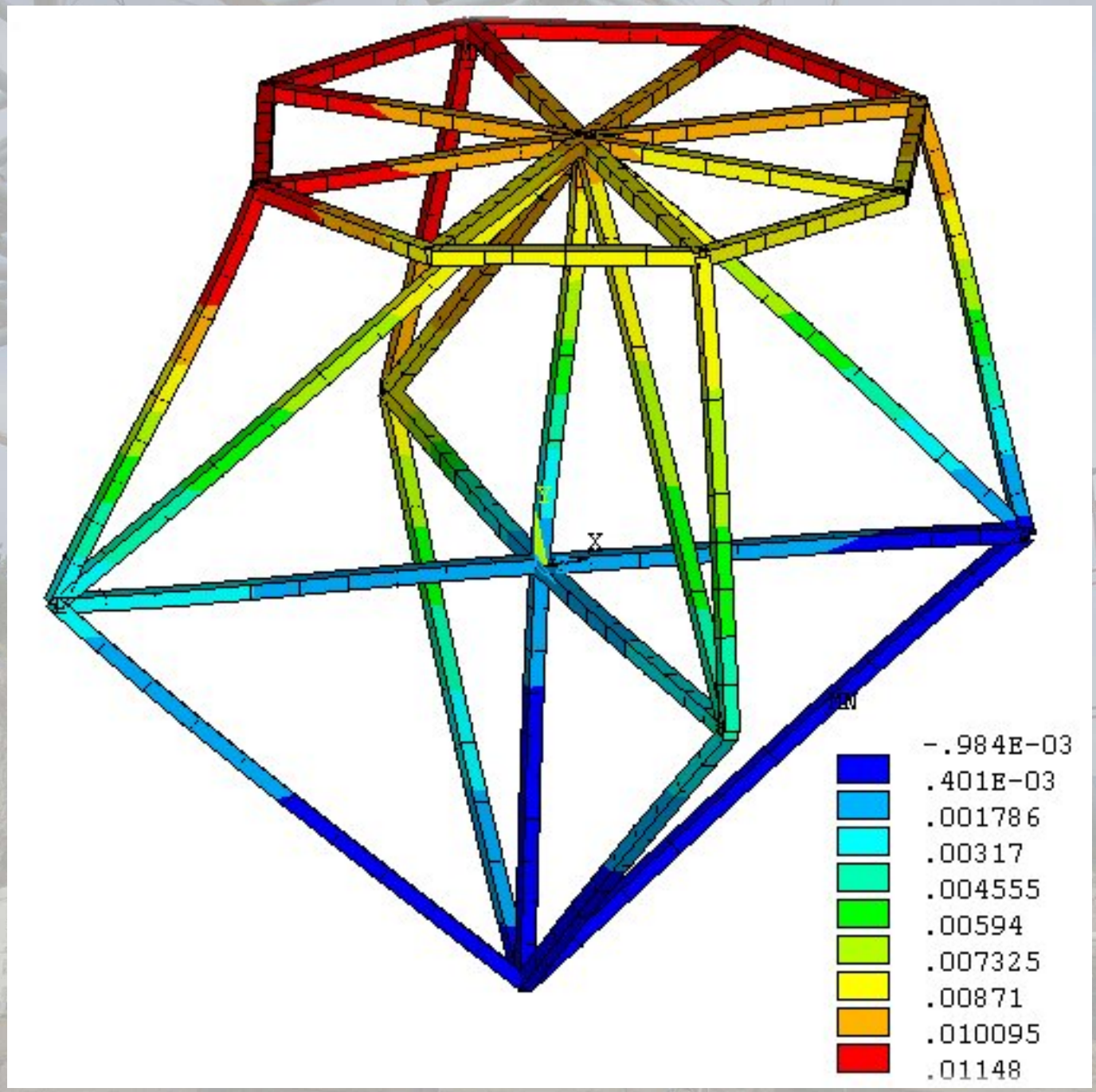


Duljina segmenta	$l = 8912$ mm
Srednji polumjer kugle	$R = 10638$ mm
Unutarnji promjer kugle	$D = 21250$ mm
Debljina stjenke kugle	$\delta = 26$ mm
Visina segmenta	$h_1 = 7777$ mm
Širina segmenta u osnovici	$b_b = 2777,4$ mm
Širina segmenta u vrhu	$b_v = 1785,0$ mm
Površina segmenta	$A = 21,66\ \mathrm{m}^2$
Težina segmenta	$G = 43,37\mathrm{kN}$

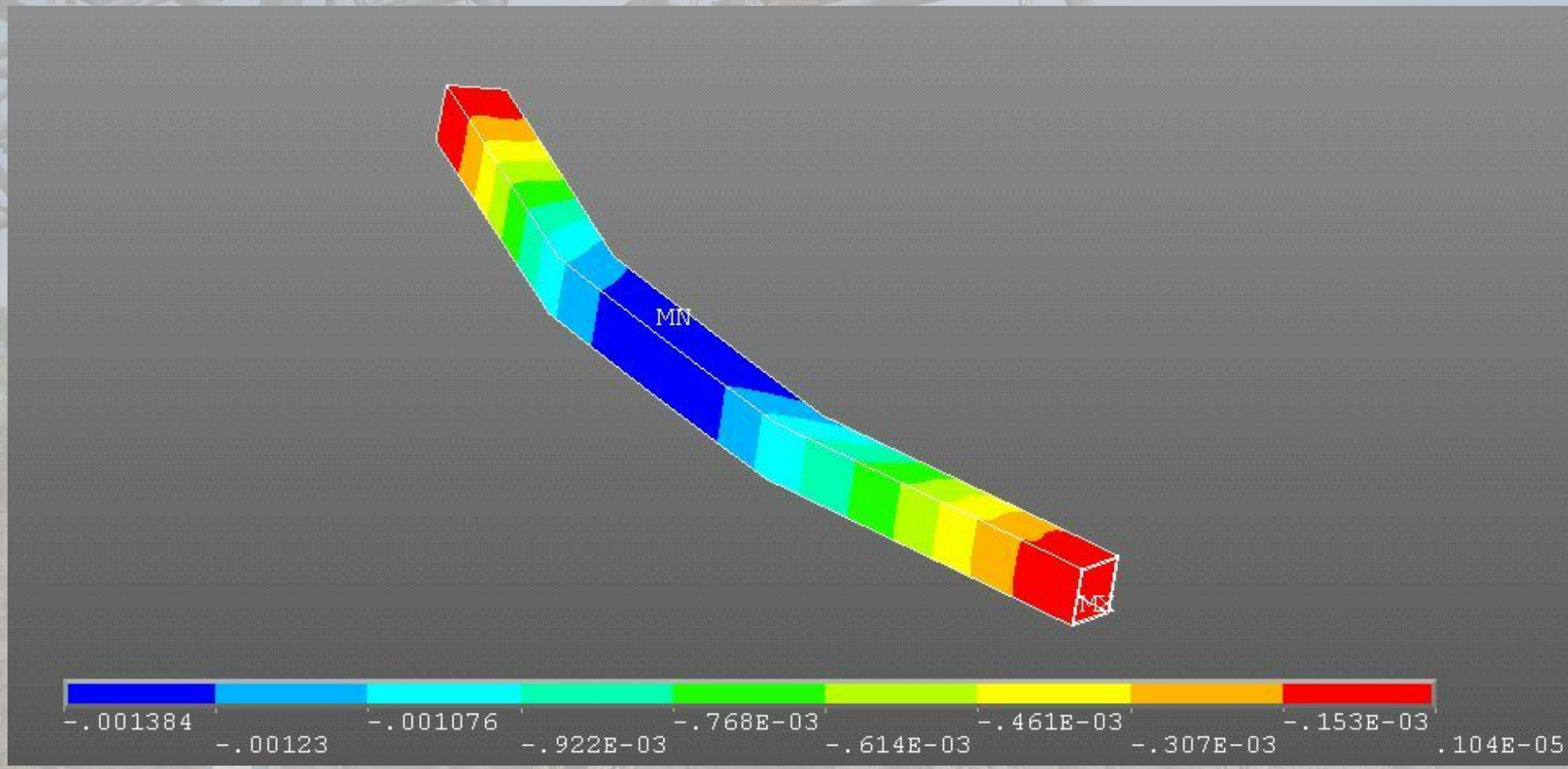
Alfa [°]	*F*x kN	*F*y kN	*F*z kN	*M*x kN m	*M*y kN m	*M*z kN m
-80	-0,24854	40,47347	-15,0336	46,379	0,62357	1,061216
-70	-0,5202	39,33174	-14,8656	42,61564	1,387303	2,507424
-60	-0,77602	37,87563	-14,7286	37,25288	2,122663	3,950875
-50	-0,85721	36,35056	-14,4964	32,38571	2,704363	5,284251
-40	-0,84722	35,40464	-14,6205	27,20679	3,291502	6,596332
-30	-1,27998	3,229384	-13,776	21,01061	4,903013	10,12192
-20	-1,74045	24,28739	-10,572	13,9366	5,883033	12,09054
-15	-1,79061	18,34433	-8,08532	9,597214	5,310908	10,82894
-10	-1,72815	11,2692	-5,02195	5,389806	4,228626	8,541666
-5	-1,54914	3,618234	-1,64406	1,454711	2,803713	5,562003
0	-1,21067	-4,12457	1,821003	-2,10849	1,190747	2,199646
5	-0,82141	-11,7893	5,270707	-5,38521	-0,56403	-1,24215
10	-0,47503	-19,0619	8,557453	-8,25748	-2,24024	-4,60297
15	-0,04101	-25,5791	11,53367	-10,5685	-3,76619	-7,48934
20	0,375943	-30,9205	14,03748	-11,8906	-4,96238	-9,63092
30	0,829326	-37,2634	17,45715	-9,55049	-5,5201	-10,1771
40	0,579717	-39,6268	19,72847	0,033521	-3,89281	-7,23303
50	0,334521	-43,3085	22,07977	4,471219	-2,86285	-6,00896
60	0,254997	-46,1794	23,83291	7,231117	-2,23902	-5,00083
70	0,191717	-48,3553	25,13266	8,99667	-1,66858	-3,74681
80	0,075354	-50,6746	26,61636	11,60873	-0,88695	-1,751

Deformacije uslijed vjetra s nutarnje strane i vlastite težine

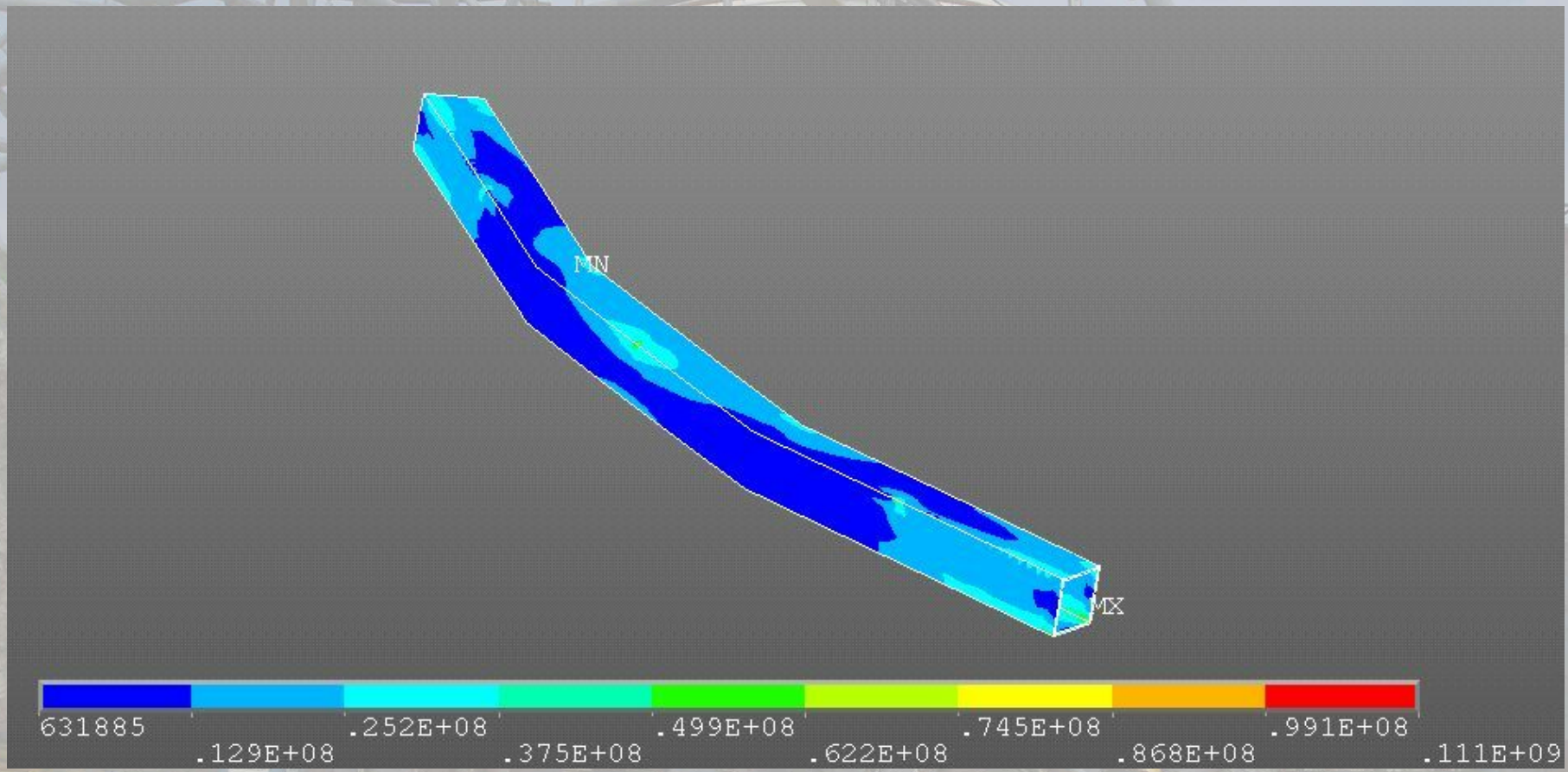



-.984E-03
.401E-03
.001786
.00317
.004555
.00594
.007325
.00871
.010095
.01148

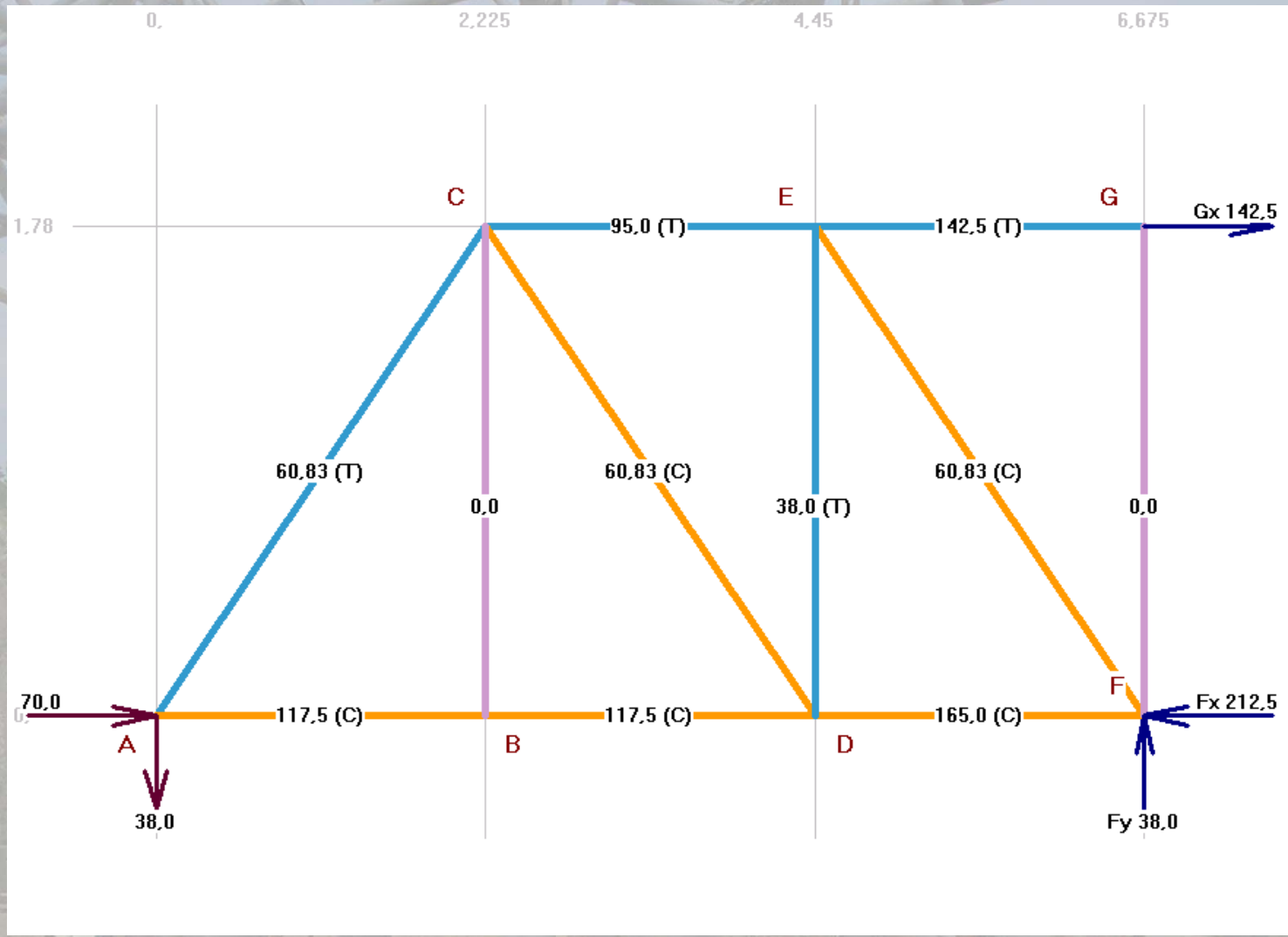
Deformacije segmenta prstena pri maksimalnom opterećenju



Naprezanja u segmentu prstena pri maksimalnom opterećenju



Sile u štapovima djela rešetkaste konstrukcije

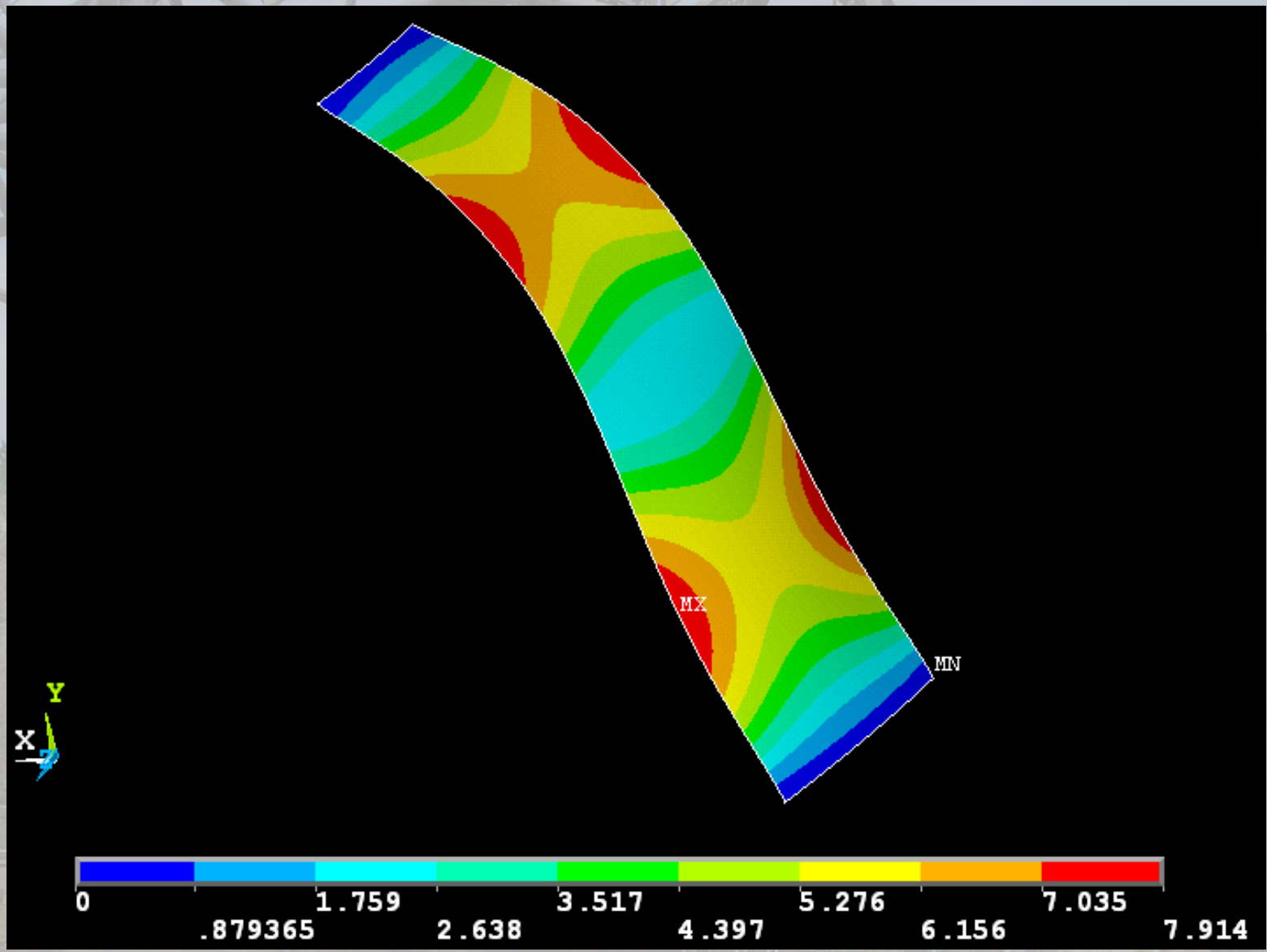








Deformacije uslijed vlastite težine









Hvala na pažnji!





HEP PLIN d.o.o.

HEP-PLIN d.o.o. & STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU OSIJEK 2008.

Mogućnost primjene objektno usmjerene metodologije kod modeliranja mreže cjevovoda za prirodni plin

dr. sc. **Milan Kljajin**, red. prof. u tr. zv.
Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku



Mreža cjevovoda za prirodni plin

Uvod

- Mreža plinskog cjevovoda može se opisati kao sustav parcijalnih diferencijalnih jednadžbi koje moraju biti rješavane dovoljno brzo kako bi rješenje bilo primjenjivo za funkcioniranje prijenosnog plinskog sustava u stvarnom vremenu ili kao podrška planiranja.
- Ekspertize i modeliranje pojedinačnih dijelova cjevovoda uglavnom je poznato i obrađeno.
  (Hannah 1964, Wylie 1983, Osiadacz 1987)
- Nažalost, modeliranje mreže plinskih cjevovoda koja se sastoji od mnogo spojenih dijelova cjevovoda je mnogo složenije jer se moraju uzeti u račun i jednadžbe koje opisuju čvorove koji spajaju dijelove cjevovoda i pomoćne uređaje kao što su kompresori i ventili.
  (Lewandowsky 1994)

- Zbog toga, radi provođenja simulacije mreže plinskog cjevovoda, križaljka koja opisuje strukturu mreže mora se prebaciti u ekvivalentni skup uobičajenih diferencijalnih jednadžbi. Ovaj proces je tehnički vrlo složen i u ovu svrhu se preporučuju različita rješenja kao što su programski generatori ili prevoditelji križaljke. (Lewandowsky 1994)
- Srećom, kada se objektno usmjerena tehnologija primjenjuje za modeliranje mreže plinskih cjevovoda, ove se poteškoće smanjuju.
- Križaljka koja predstavlja strukturu mreže plinskog cjevovoda može se sastaviti od objekata koji se mogu direktno spojiti na ODE rješavač, bez preoblikovanja ravninskog funkcioniranja. Na ovaj način bi se uklonili najsloženiji dijelovi simulacijskog postupka.

- ODE – Open Dinamics Engine

Primjeri softverskog inženjeringa

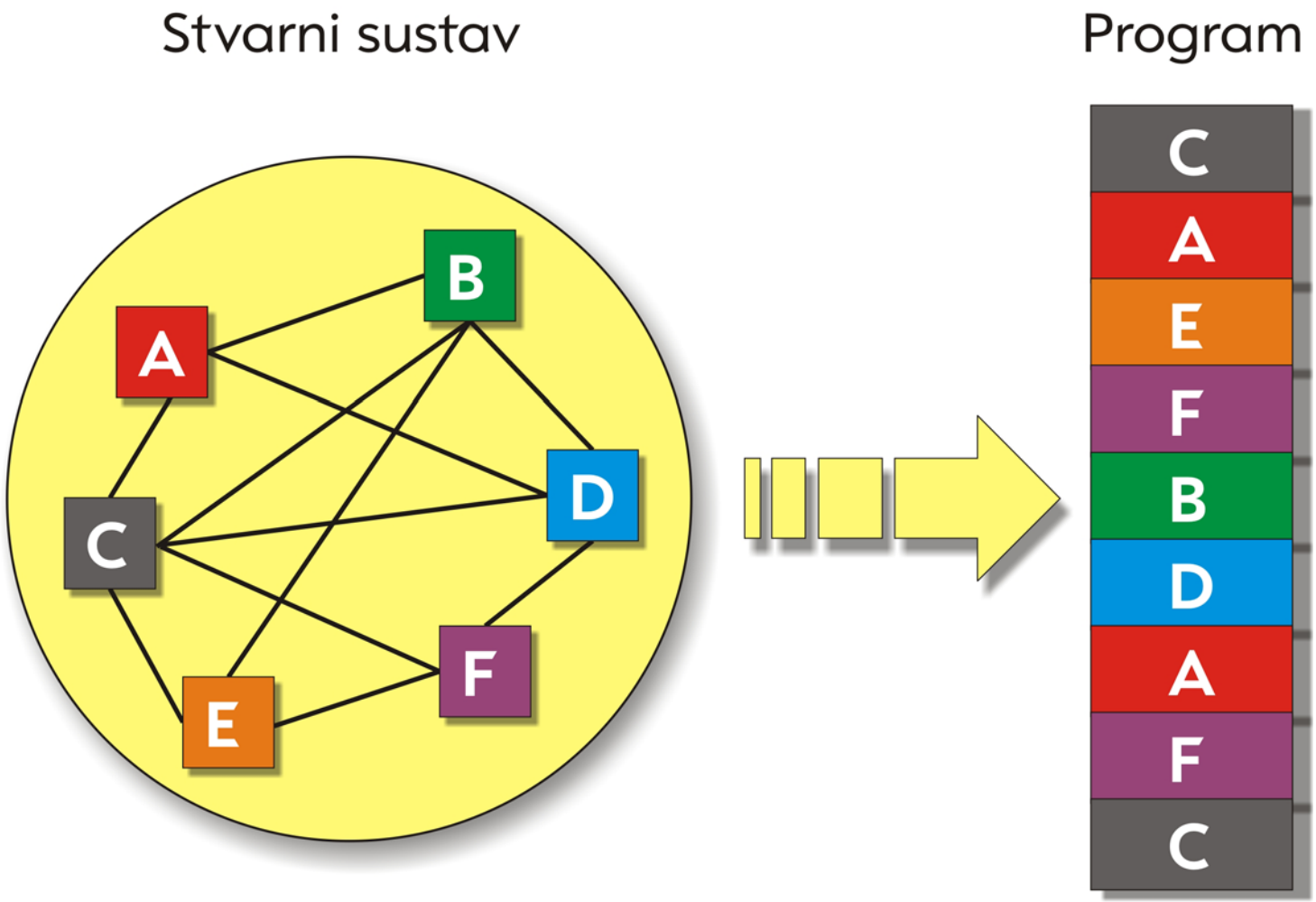
- Računalni softveri bi trebali zadovoljiti sljedeće uvjete:
- **Pouzdanost softvera.** Greške u programu (bugs) i greške (errors) donose gubitke zbog neoperativnosti softvera tijekom vremena potrebnog za identifikaciju i popravak problema. Loši programi mogu generirati krive rezultate, koji kada se primjene stvaraju gubitke. Popravljanje grešaka u programu (bugova) je skupo za korisnika, iako softverske kompanije nude nove verzije koje bi vlasnik softvera morao naručiti.
- **Fleksibilnost (elastičnost) softvera.** Korisnička potreba se odvija na vrijeme, kada se sustavi koji rade odvijaju na vrijeme. Zbog toga se softveri moraju ažurirati radi postizanja aktualnih potreba.

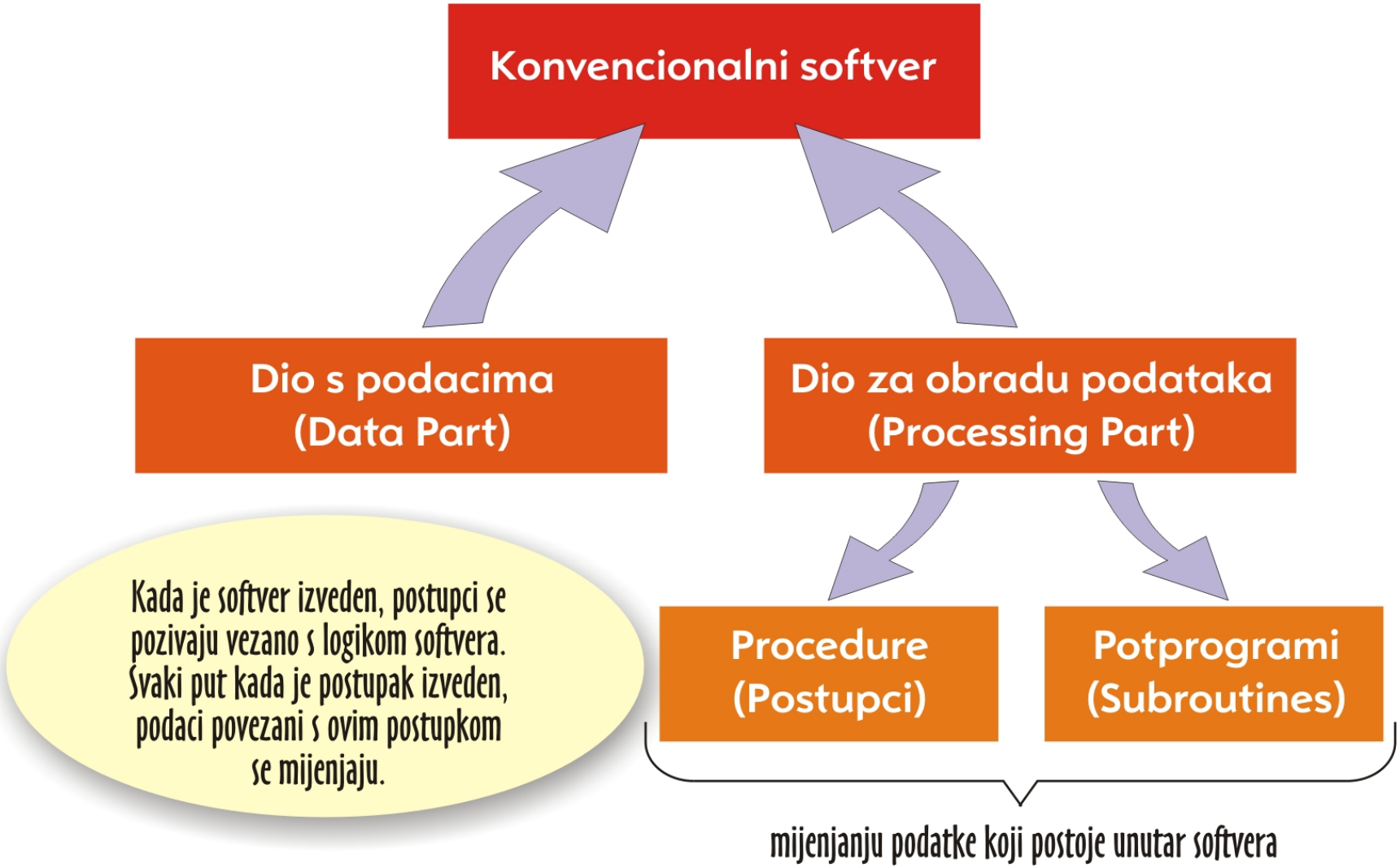
- **Funkcionalnost softvera.** Ovaj uvjet je povezan s oblikovanjem korisničkog sučelja, njegovom jasnoćom i nepromjenljivosti. Loše oblikovanje može rezultirati visokim troškovima obuke i problemima prouzročenim greškama operatera i greškama rukovanja.
- **Izvođenje softvera.** Loše oblikovan softver treba više računalnih izvora za izvođenje zadatka i može proizvesti probleme u funkcioniranju, koji mogu dovesti do toga da je softver nekoristan u situacijama kada je posebno zahtijevano, kao što su izvanredna stanja vezana za kvarove nekih elemenata sustava.

Konvencionalni softveri

- Glavna poteškoća u oblikovanju računalnog softvera je povezana s prikazivanjem fizikalnog i inženjerskog sustava na računalu. Takvi sustavi se sastoje od mnogo složenih elemenata u interakciji.
- Primjer interakcije je složen i obično se prikazuje križaljkom ili mrežom.
- Računalni program koji se sastoji od sekvencijalnih iskaza ima linearnu strukturu. Zbog toga se složeni odnos mrežnog tipa mora transformirati u linearni program.

Oblikovanje konvencionalnog programa




Konvencionalni softver
Dio s podacima
(Data Part)
Dio za obradu podataka
(Processing Part)
Kada je softver izveden, postupci se pozivaju vezano s logikom softvera. Svaki put kada je postupak izveden, podaci povezani s ovim postupkom se mijenjaju.
Procedure
(Postupci)
Potprogrami
(Subroutines)
mijenjanju podatke koji postoje unutar softvera

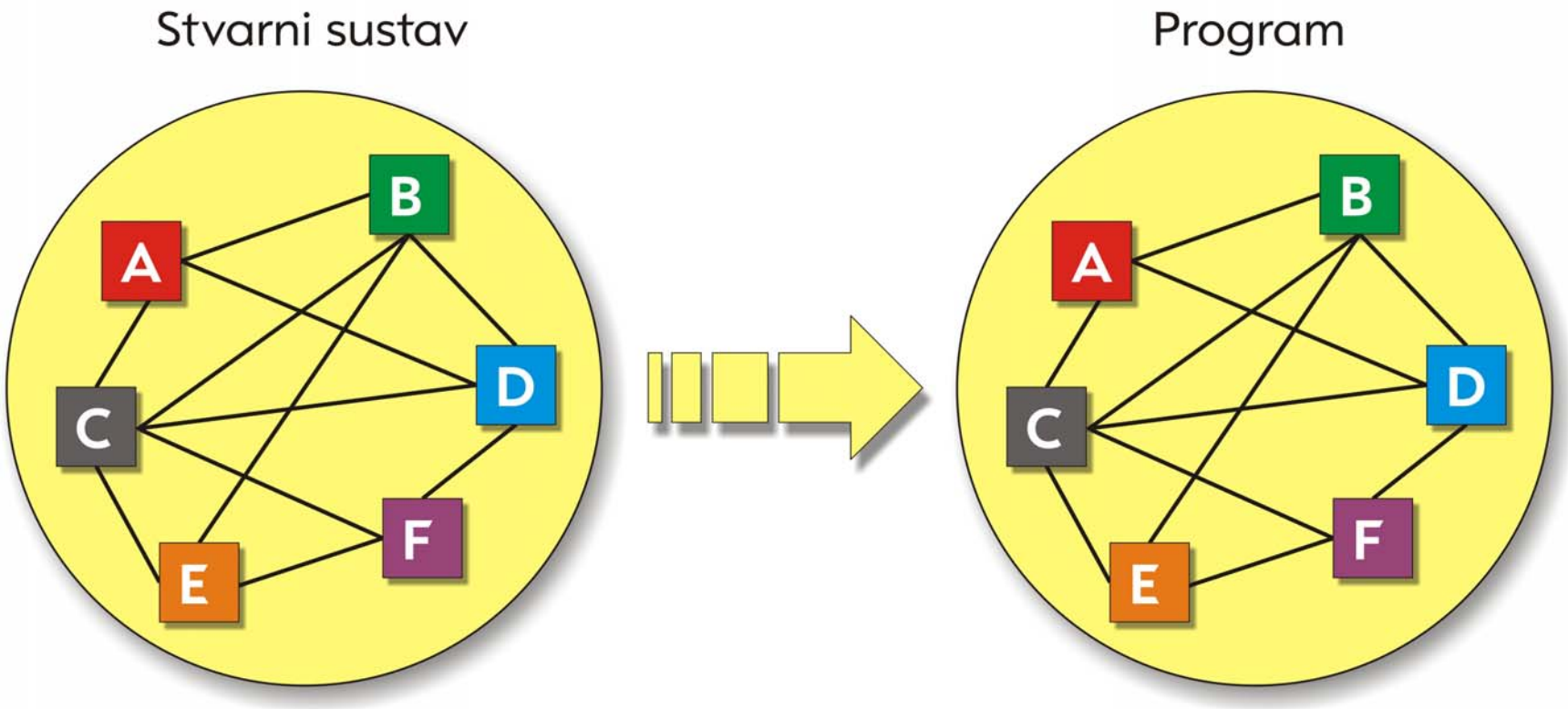
- **Glavna poteškoća** kod dizajniranja konvencionalnih softvera je razdvajanje dijela s podacima (data part) i dijela za njihovu obradu (procedural parts).
- Postupak provodi operacije na nekoliko struktura podataka smještenih negdje u sustavu. Svaki element ove strukture može biti smješten na drugo mjesto u sustavu. Kada je postupak pozvan, potrebno je uputiti softver gdje će pronaći sve elemente podataka koji sudjeluju u obradi.
- Ovo gledište programiranja je složeno i podložno greškama. Osim toga, ako su neke izmjene potrebne u dijelu programa s podacima, odgovarajuće promjene su potrebne i u svim sekcijama *koda* koji sadrži reference tih podataka. Ovaj zadatak postaje složeniji kada softver "naraste".

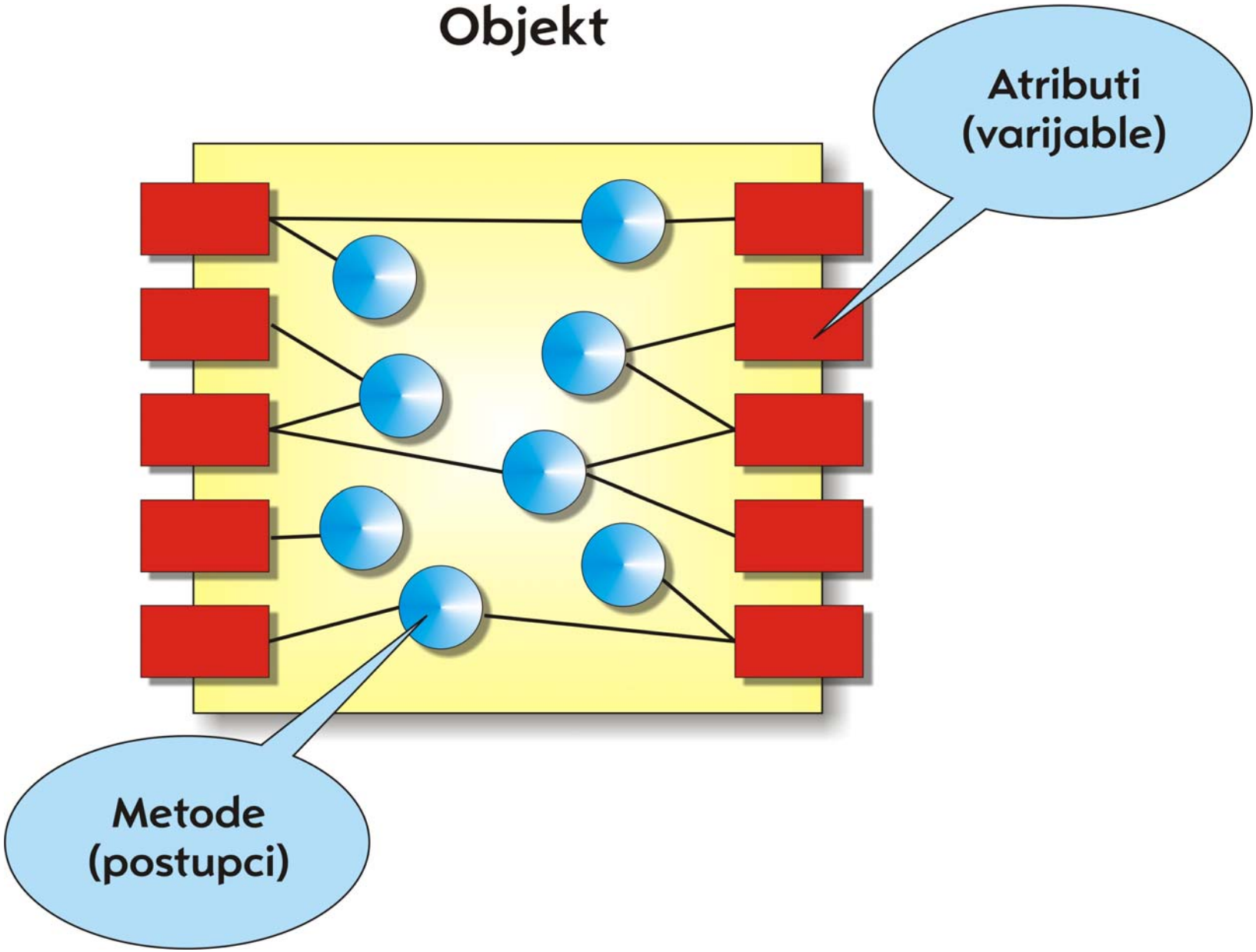
- Kako bi se napravio spoj između **dijela s podacima** i **dijela za njihovu obradu** u nekom softveru, koji bi bio jasniji programeru, razvijeno je nekoliko programskih tehnika za oblikovanje programa, kao npr. ***strukturirano programiranje*** i ***modularno programiranje***. Iako ove tehnike omogućavaju oblikovanje bolje strukturiranih programa, oni ne uklanjaju u potpunosti gore navedene probleme.
- Granica između dijela programa za obradu i dijela s podacima još je uvijek mjesto problema oblikovanja i grešaka u programu (programming bugs).

Objektu usmjereno softversko inženjerstvo

- Pristup **objektu usmjerenog oblikovanja** temelji se na razlaganju objekata iz stvarnog svijeta na dijelove, a njegova pokretačka snaga je proces.
- Sve je dakle utemeljeno na unaprijed strogo definiranom **skupu operacija** odnosno **procesu**. Svaki njegov dio mora ponovo razmjenjivati podatke s bazom preko sučelja koje osigurava skup općenitih metoda upravljanja.

Oblikovanje objektu usmjerenog programa




Objekt
Atributi
(varijable)
Metode
(postupci)

- U kontekstu modeliranja plinske cjevovodne mreže, prirodno je prezentirati mrežu kao križaljku sa čvorovima i kutovima kao elementarnim komponentama.
- Kutovi križaljke prezentiraju dijelove cjevovoda.
- Dio cjevovoda je fizikalni objekt karakteriziran pomoću njihovih konstrukcijskih parametara, kao što su duljina, promjer, debljina stjenke ili faktor hrapavosti.
- Ostali parametri, kao što su tlak plina i protok plina karakteriziraju proces prijenosa.
- Svaki dio cjevovoda ima također i oznaku koja omogućava njihovu jedinstvenu identifikaciju unutar sustava.

Apstrakcija i nasljeđivanje
Razredi i primjeri

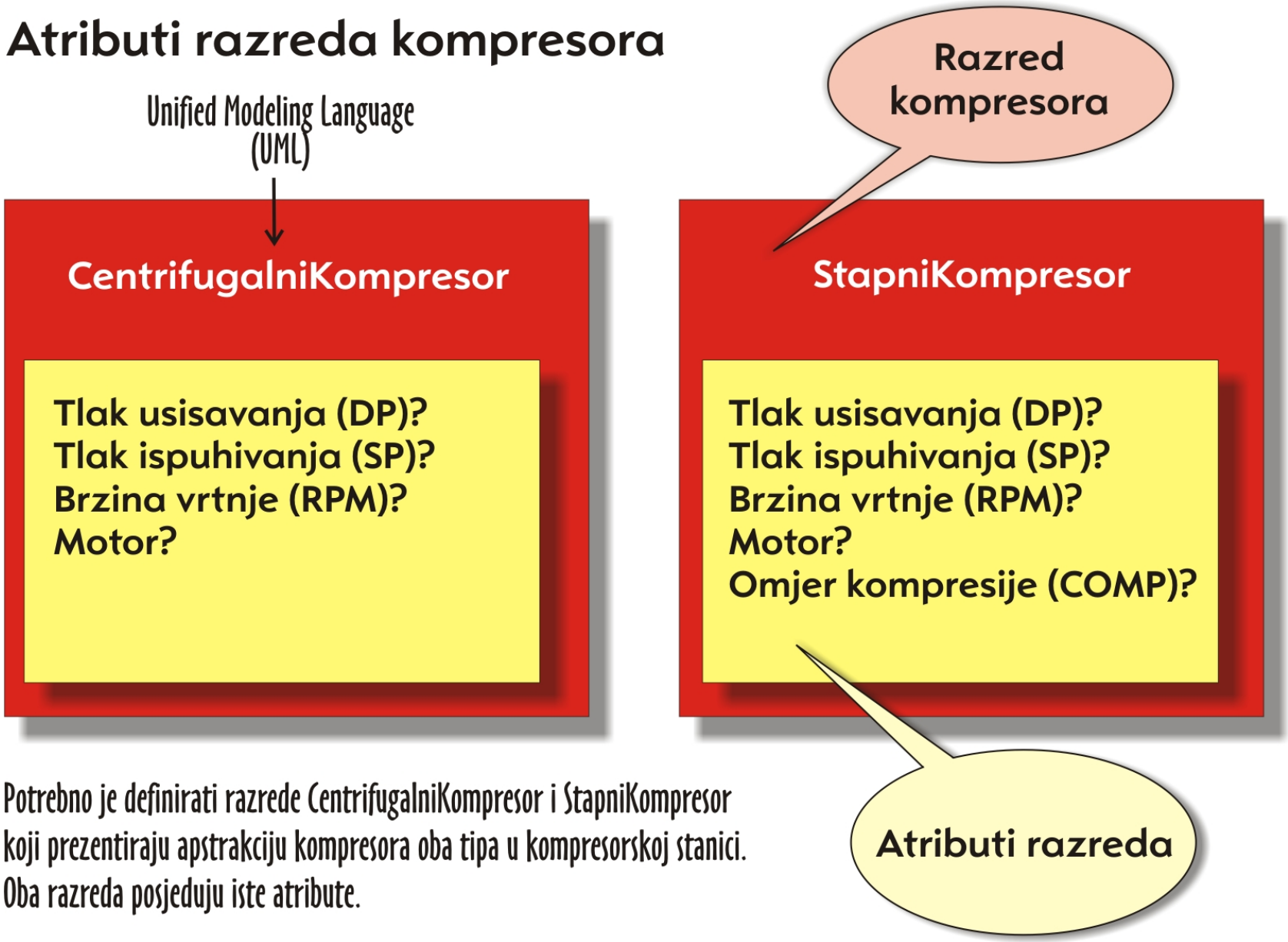




Mogu se prepoznati dva tipa objekata cjevovoda:
1) Općenito, apstraktni cjevovod s atributima i ponašanjem specifičnim za sve moguće cjevovode
2) Konkretni objekt cjevovoda sa specifičnim vrijednostima i atributima, prikazujući jedinstven cjevovod unutar sustava

Konkretni objekt cjevovoda je primjer apstraktnog objekta cjevovoda. Takav apstraktni objekt se zove razred (class). Općenito, opis atributa određenog objekta (instance class) sastoji se od riječi bez razmaka od kojih samo prva počinje malim slovom, npr. duljinaCjevovodaA1.

Atributi razreda kompresora

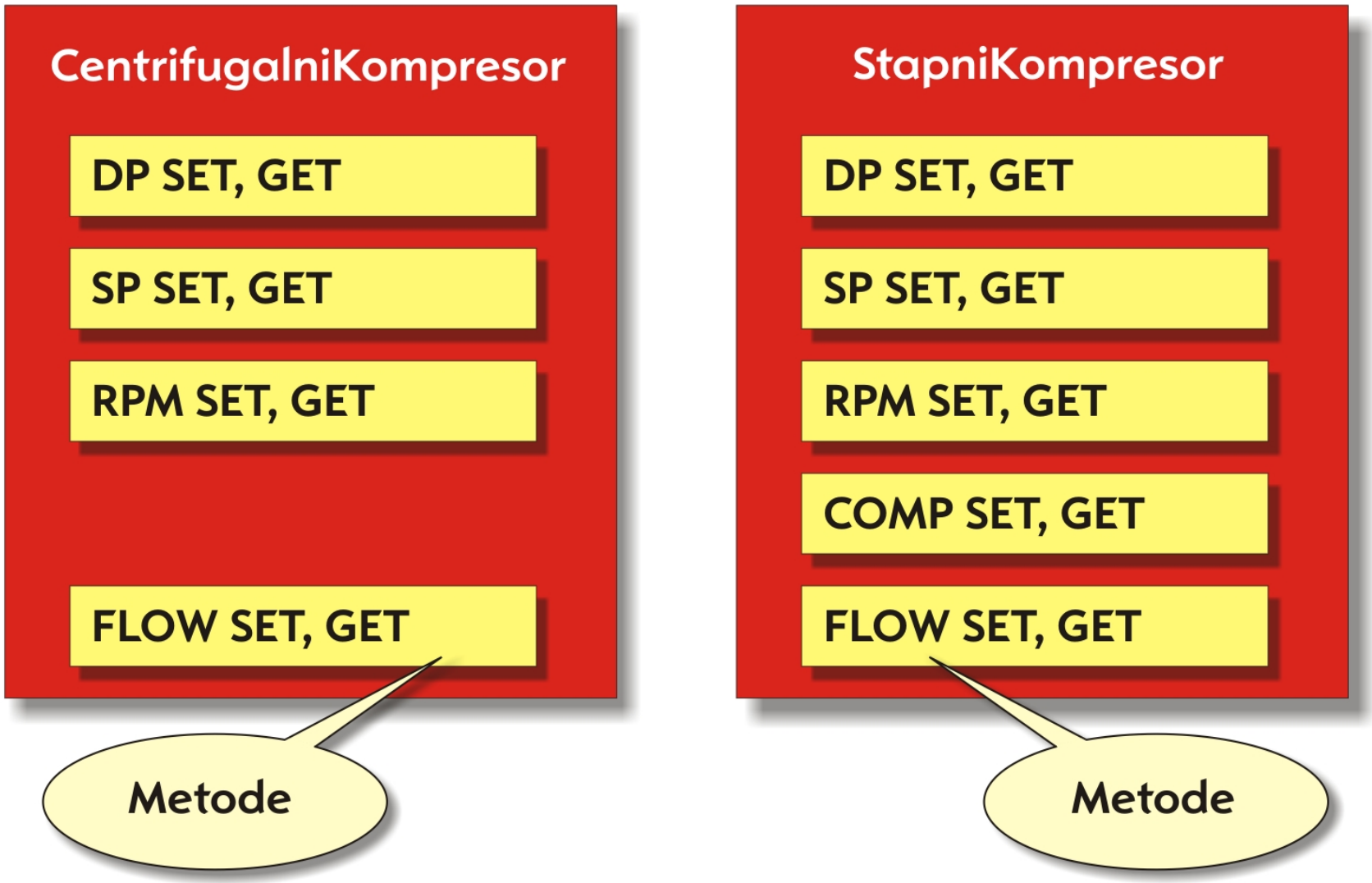


Potrebno je definirati razrede CentrifugalniKompresor i StapniKompresor koji prezentiraju apstrakciju kompresora oba tipa u kompresorskoj stanici. Oba razreda posjeduju iste atribute.

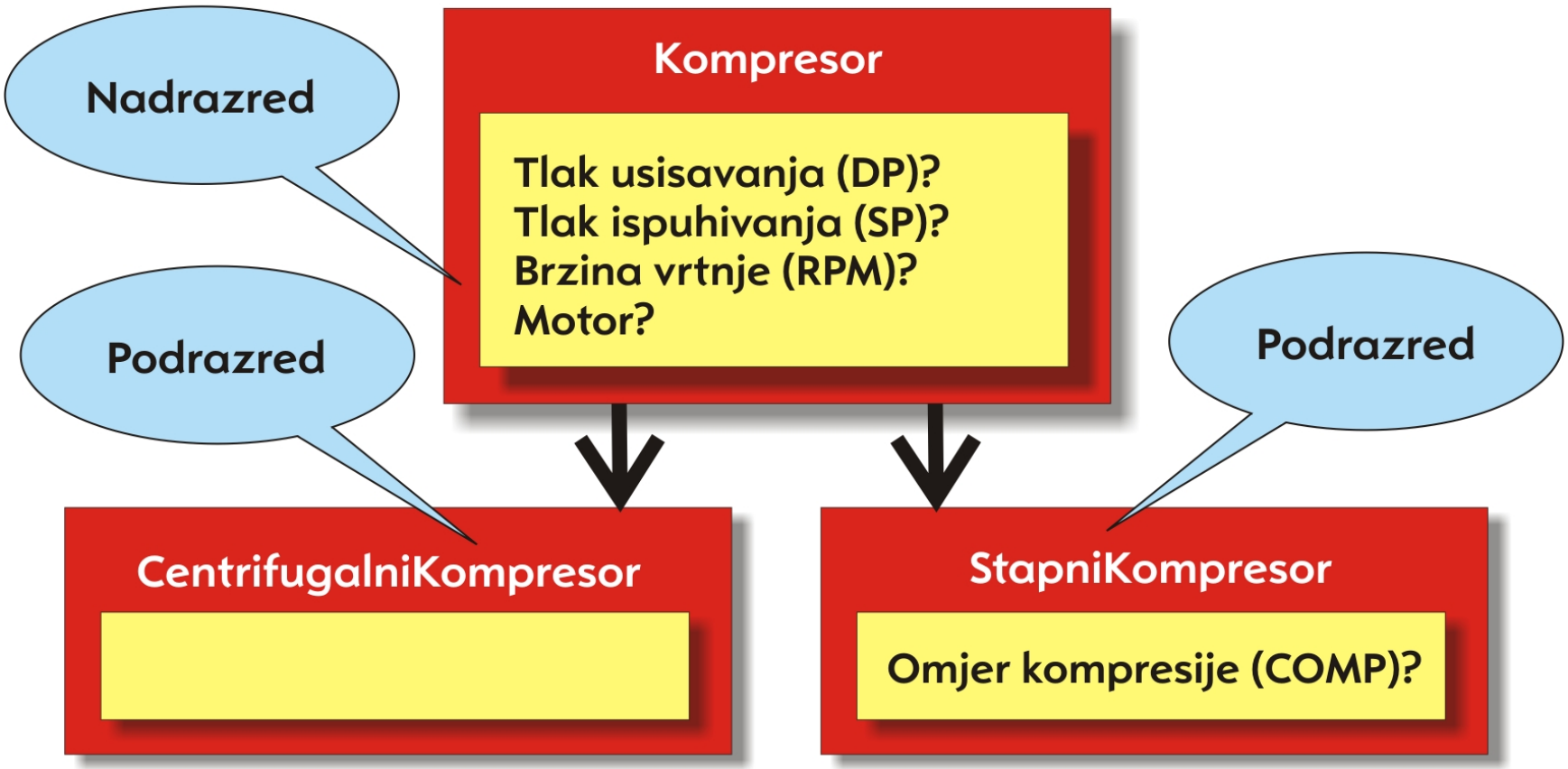
Unified Modeling Language (UML)

UML je grafički jezik za vizualizaciju, specificiranje, konstruiranje i dokumentiranje dijelova softverski intenzivnih sustava, kakav je npr. mreža plinskog cjevovoda.

Metode razreda kompresora za pristup atributima

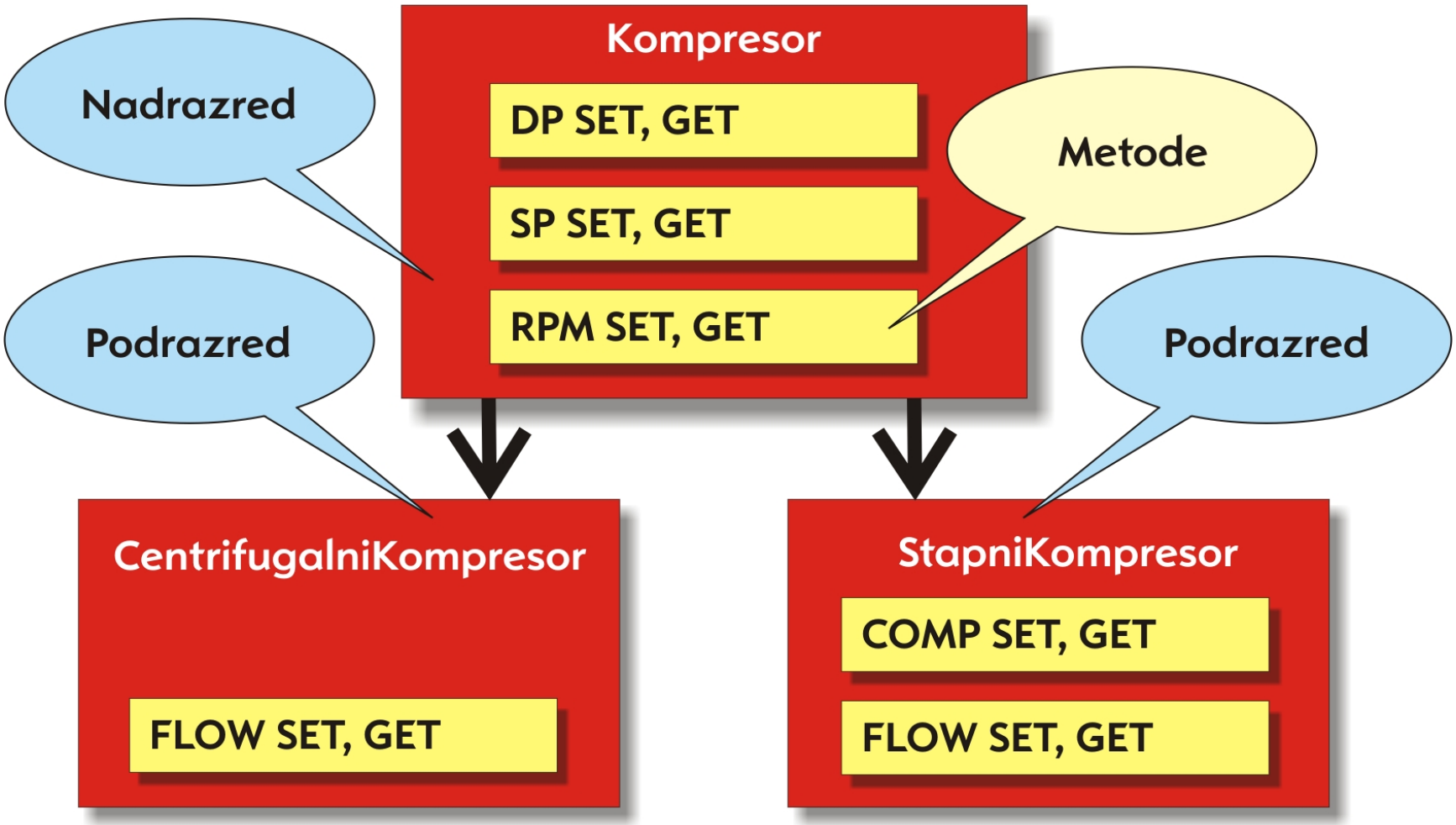


Atributi hijerarhije razreda kompresora



Kako oba kompresorska razreda imaju udjela u nekoliko atributa i metoda, razumno je definirati razred Kompresor koji posjeduje sve atribute i metode rutinske za oba razreda. Razredi CentrifugalniKompresor i StapniKompresor definiraju se kao podrazredi (subclasses) ovih razreda. Kao podrazredi, oni nasljeđuju (inherit) sva svojstva razreda Kompresor. Razred Kompresor se naziva nadrazred (superclass) razreda CentrifugalniKompresor i StapniKompresor.

Metode hijerarhije razreda kompresora za pristup atributima



Koristeći podrazred i nasljeđe moguće je definirati nove objekte specijalizirajući više apstraktnih objekata. Koncept podrazreda, nasljeđa i specijalizacije je jedna od temeljnih ideja objektu usmjerene softverske inženjerske metodologije.

Razred kompresorske stanice

Kompresorska stanica sastoji se od nekoliko kompresora.





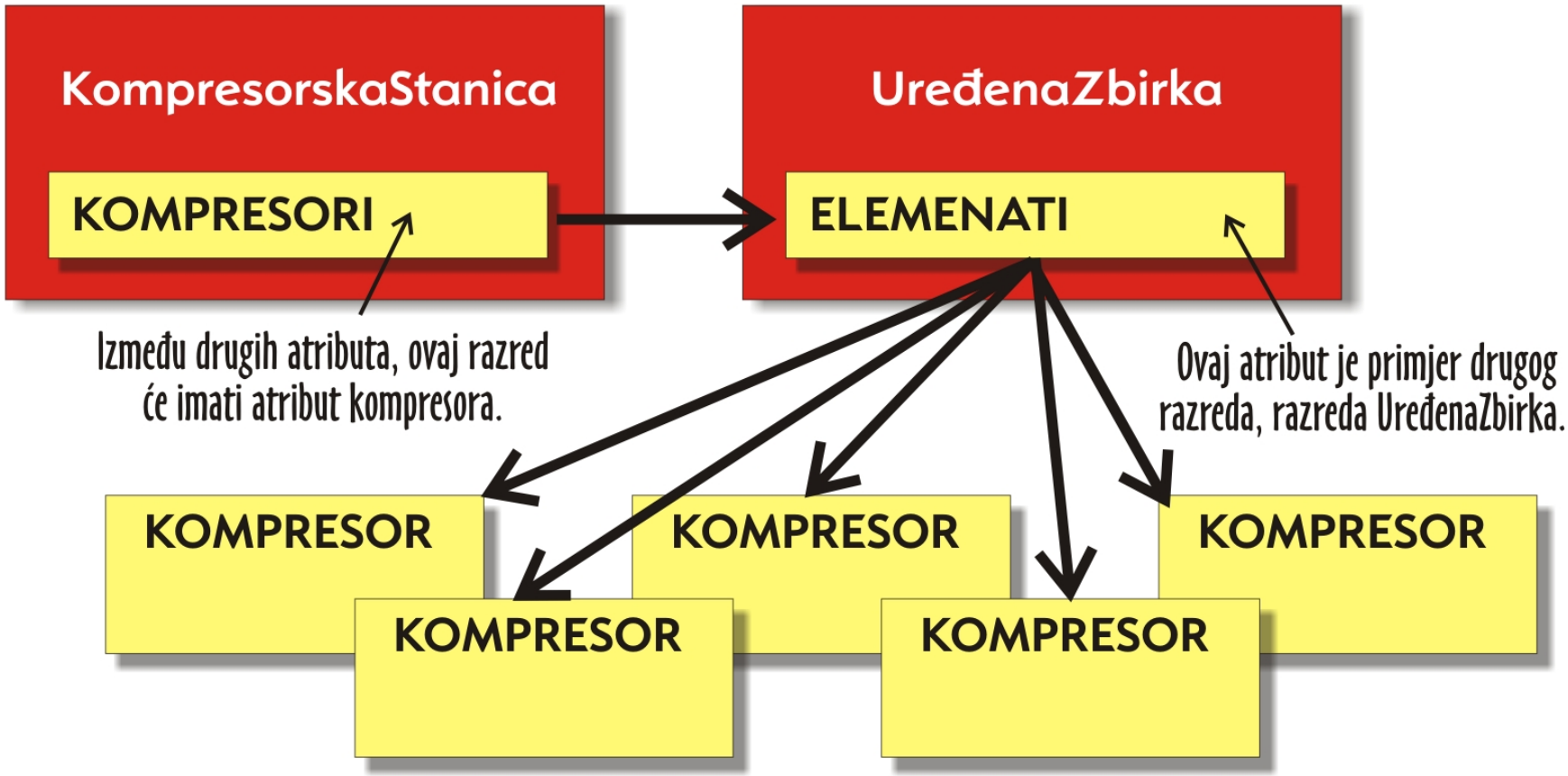
Atribut

Metoda

Razred

Za prikaz kompresorske stanice kao objekta, potrebno je definirati razred KompresorskaStanica.

Primjer kompresorske stanice



Primjeri razreda UređenaZbirka su spremnici koji mogu pohraniti bilo koji broj primjera drugih razreda.
U slučaju razreda Kompresor ovaj atribut će pohraniti podrazrede razreda Kompresor (kompresorskih objekata)

Primjer zapisa u UML koji omogućava dodavanje objekata

Ovaj kod kreira primjer razreda CentrifugalniKompresor i dodjeljuje ovaj objekt varijabli "kompresor"

"parametri" označavaju podatke specifične za dani kompresor

```
kompresor =  novi CentrifugalniKompresor(parametri)
```

Objekt kompresorske stanice može se kreirati pozivajući "konstruktor" implementiran u razred KompresorskaStanica. Ovaj "konstruktor" kreira atribute kompresora pozivajući "konstruktor" razreda UređenaZbirka

```
KompresorskaStanica() {
        kompresori = nova UređenaZbirka():
}
```

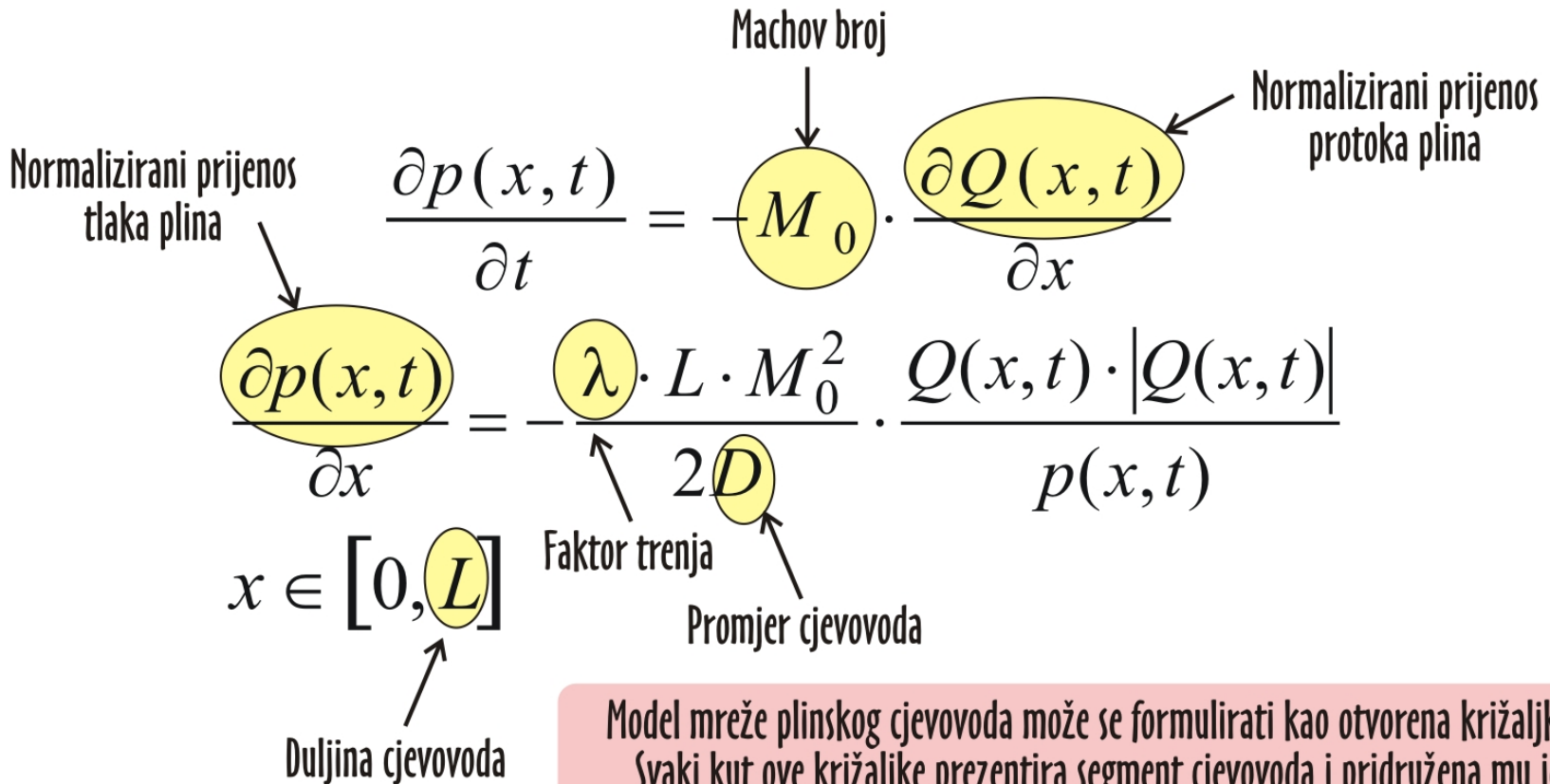
Razred KompresorskaStanica implementira metodu dodajKompresor(), koji omogućava dodavanje objekata kompresora u objekt kompresorske stanice.

```
dodajKompresor(KompresorskaStanica * dKompresor){
        kompresori -> dodaj (dKompresor)
}
```

Matematički model mreže plinskog cjevovoda

(Lewandowski & Pacut, 1978.; Wylie, 1983.; Osidacz, 1987.)

Uobičajeno prihvaćen matematički model segmenta plinskog cjevovoda koji funkcionira pod normalnim radnim uvjetima formuliran je kao skupina parcijalnih diferencijalnih jednadžbi paraboličnog tipa



Model mreže plinskog cjevovoda može se formulirati kao otvorena križaljka. Svaki kut ove križaljke prezentira segment cjevovoda i pridružena mu je parcijalna diferencijalna jednadžba koja opisuje protok plina kroz taj segment.

Model mreže plinskog cjevovoda može se formulirati kao otvorena križaljka. Svaki kut ove križaljke prezentira segment cjevovoda i pridružena mu je parcijalna diferencijalna jednadžba koja opisuje protok plina kroz taj segment. Čvorovi križaljke koji odgovaraju čvorovima mreže plinskog cjevovoda mogu se svrstati kao: (Lewandowsky 1994)

- **Izvorni čvorovi** u kojima se plin isporučuje u sustav
- **Ulijevni čvorovi** u kojima je povrat od korisnika
- **Pasivni čvorovi** koji spajaju nekoliko segmenata cjevovoda nemaju nikakav aktivni uređaj kao što je npr. ventil ili kompresorska stanica smještena u ovom čvoru
- **Aktivni čvorovi** u kojima je smještena kompresorska stanica, ventil ili stanica za redukciju tlaka.

Da bi se formulirao skup parcijalnih diferencijalnih jednadžbi koje opisuju mrežu plinskog cjevovoda, moraju se specificirati granični uvjeti čvorova mreže. Kako je na svakom kraju segmenta cjevovoda poznat bilo protok $Q(x,t)$ bilo tlak $p(x,t)$, postoji mogućnost samo 4 kombinacije graničnih uvjeta. Ovisno o kombinaciji graničnih uvjeta, pridružena je svakom segmentu cjevovoda oznaka, koja ima oblik (L_{BC}, R_{BC}) , a oznake L_{BC} i R_{BC} ovise o graničnim uvjetima danim u tablici:

Lijevi granični uvjet	Desni granični uvjet	Označavanje
$P(0,t)$	$Q(L,t)$	(PQ)
$P(0,t)$	$P(L,t)$	(PP)
$Q(0,t)$	$Q(L,t)$	(QQ)
$Q(0\ t)$	$P(L\ t)$	(QP)

Koristeći gornju klasifikaciju graničnih uvjeta, pravila za označavanje segmenata cjevovoda spojenih na čvorove mogu se formulirati na takav način da se može izbjeći rješavanje nelinearnih algebarskih jednadžbi koje odgovaraju tlaku i omjeru masa protoka u čvoru.

Razredi plinskog cjevovoda

Unified Modeling Language (UML)



Razred segment plinskog cjevovda

Svaki primjer razreda SegmentPlinskogCjevovoda omogućava sučelje prema bazi podataka koja pohranjuje parametre segmenata cjevovoda, rezultate simulacije, a omogućava i alate potrebne za uspostavljanje veze s korisničkim sučeljem.

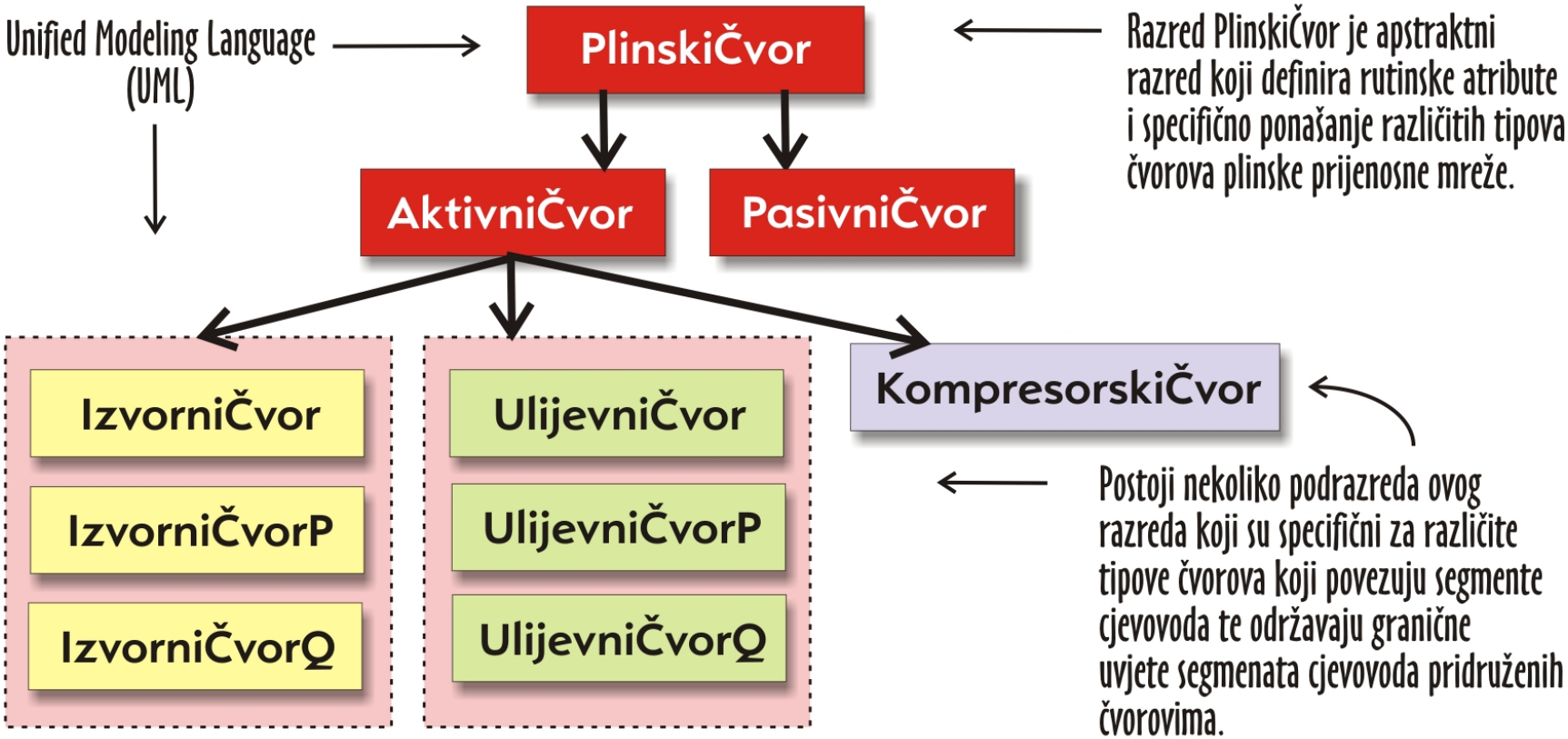
Četiri podrazreda

Razred SegmentPlinskogCjevovoda je apstraktni razred koji definira rutinske atribute i ponašanje njihovih podrazreda, od kojih svaki odgovara jednom od 4 različita tipa segmenata plinskog cjevovoda.

Atributi podrazreda podržavaju informacije o segmentima cjevovoda, koje uključuju sljedeće elemente:

1) Podatke potrebne za identifikaciju segmenata plinskog cjevovoda tijekom interakcije s korisničkim sučeljem i bazom podataka
2) Konstrukcijske i fizikalne parametre specifične za segment cjevovoda (npr. duljina segmenta cjevovoda L, njegov promjer D, Machov broj M_0 i faktor trenja λ.
3) Diskretni prikaz tlaka plina $p(x,t)$ i protoka plina $Q(x,t)$ duž segmenta cjevovoda.
4) Reference čvorova s kojima su oba kraja segmenta cjevovoda spojena.

Razredi čvorova plinske prijenosne mreže



Svaki primjer razreda PlinskiČvor ima sljedeće atribute:

1) Karakteristike čvora potrebne za identifikaciju čvora tijekom interakcije s korisničkim sučeljem i bazom podataka.
2) Zbirku segmenata cjevovoda spojenih na čvorove i usmjerenih na takav način da plin utječe u čvor (elementi skupa S_{IN}).
3) Zbirku segmenata cjevovoda spojenih na čvorove i usmjerene na takav način da plin istječe iz čvora (elementi skupa S_{OUT}).
4) Reference pojedinog segmenata cjevovoda označenog (*Q) koji je spojen na pasivni čvor ili segment cjevovoda označen (*Q) i (Q*) koji je spojen na ulaznu i izlaznu sekciju aktivnog čvora.

Zaključci

Pristup modeliranja mreža plinskih cjevovoda primjenom objektno usmjerene metodologije ima nekoliko prednosti u usporedbi s konvencionalnim softverskim metodologijama:

- Struktura softvera odgovara strukturi mreže plinskog cjevovoda. Zbog toga je mnogo lakše oblikovati i implementirati korisničko sučelje i sustav baze podataka.
- Algoritam za rješavanje jednadžbi segmenta cjevovoda je postupak definirana unutar objektnog razreda cjevovoda. Zbog toga algoritmi mogu biti pojedinačno izabrani za svaki segment cjevovoda i promijenjeni ako je to potrebno. Kada se takve promjene provedu, mora se modificirati samo *kod* vezan za pojedini segment cjevovoda. Uporabom podrazreda i dvostrukog naslijeđa, ovaj proces se može i dalje pojednostaviti.

(Lewandowsky 1994)

- Ponovna uporabljivost komponenti sustava je velika. Simulacijski program je sastavljen od objekata različite veličine, a kada su ovi objekti implementirani, primjenjivi su za izgradnju sličnih softverskih sustava.

  (Lewandowsky 1994)
- Dijeljenje funkcionalnosti i strukture: kada je model mreže sastavljen od elementarnih objekata, nije važno njihovo ponašanje povezano s numeričkim proračunima. Jednostavno, kada je proračun obavljen, tada struktura mreže više nije važna. Ovo je najvažnija prednost objektu usmjerene metodologije.

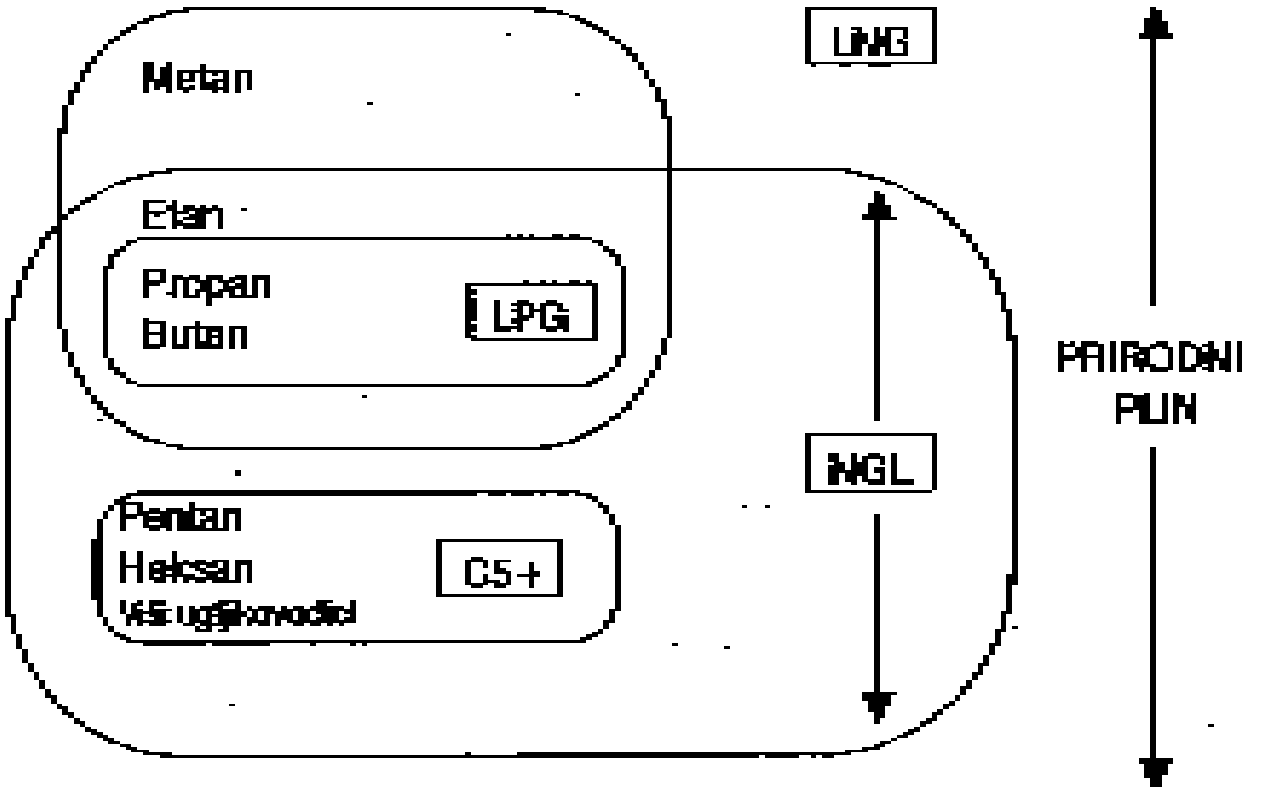
PRIRODNI (ZEMNI) PLIN KAO GORIVO ZA MOTORE SUI

Dr. sc. EMIL HNATKO

Redoviti profesor u trajnom zvanju

ŠTO JE PRIRODNI (ZEMNI) PLIN?

- PRIRODNI (ZEMNI) PLIN JE SMJESA:
  - METANA (VIŠE OD 90 %),
  - ETANA, PROPANA, BUTANA I TEŽIH UGLJIKOVODIKA,
  - TE N_2, CO_2, SO_2 i He.
- DIJELE SE NA: "SUHE" I
- "VLAŽNE" (> OD 60 g KONDENZIRANIH UGLJIKOVODIKA PO m^3 PLINA).


Metan
Etan
Propan
Butan
LPG
Pentan
Heksan
C5+
LNG
NGL
PRIRODNI
PLIN

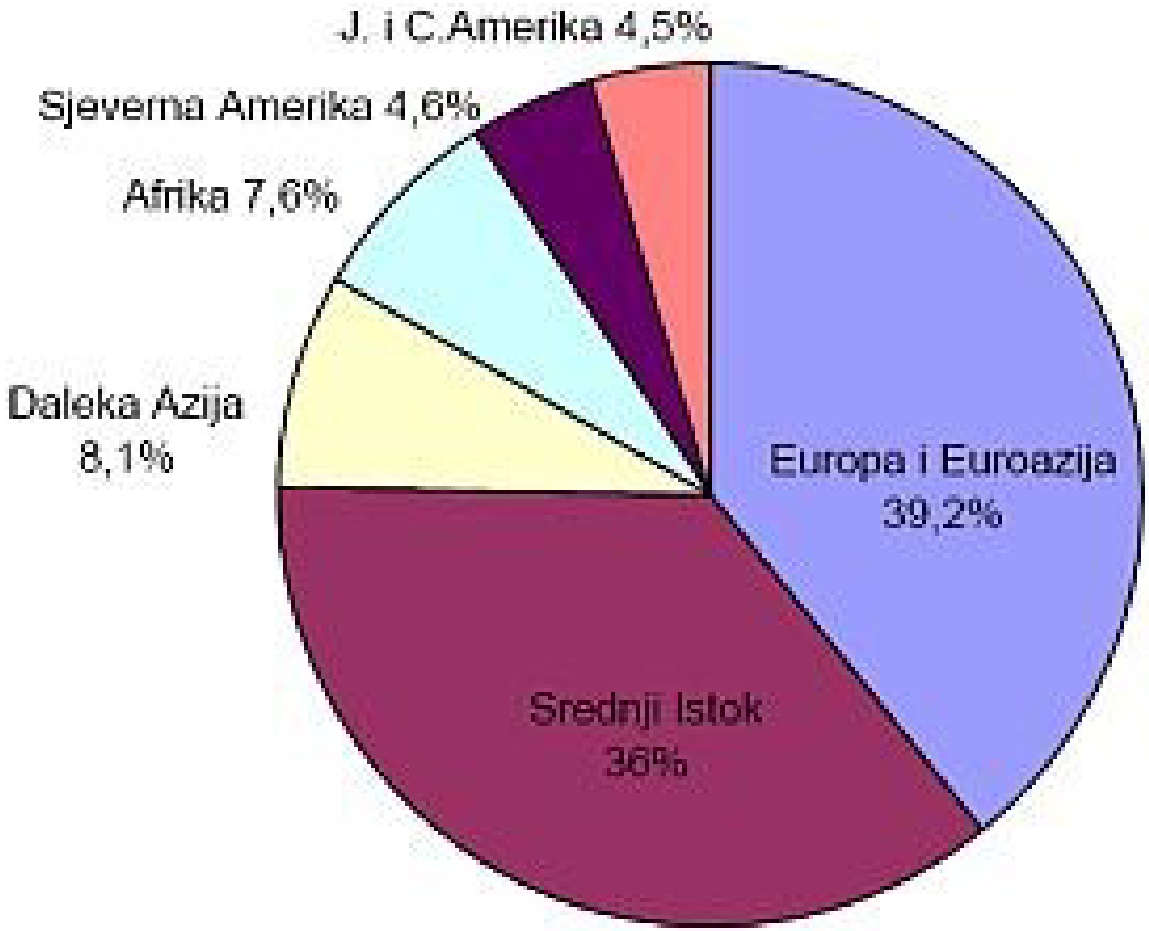
- **SVIJETSKE REZERVE:**

  PROCJENA 2002. g.

  OKO 156 10^{12} m^3.

- **PREMA WEC - u (WORLD ENERGY COUNCIL) REZERVE PLINA SU DOVOLJNE ZA VIŠE OD 100 GODINA.**

RASPODJELA REZERVI PRIRODNOG PLINA U SVIJETU KRAJEM 2002.g.



- **KOD NAS SU REZERVE PLINA LIMITIRANE I IZNOSE ~ 24,7 10^9 m^3.**
- **DUGOROČNO GLEDANO, PROIZVODNJA ĆE PADATI.**
- **TEMPO PREVOĐENJA VOZNOG PARKA NA PRIRODNI PLIN DEFINIRA SKUPNA EKONOMSKO-PROMETNA STRATEGIJA U SVAKOJ ZEMLJI.**

PRIMJENA KOD MOTORA SUI

- **PRIMJENA PRIRODNOG PLINA KOD MOTORA SUI UTEMELJENA JE NA SLIJEDEĆEM:**

- PRIRODNI PLIN JEST U TEHNIČKOM SMISLU VRHUNSKA SIROVINA ZA KVALITETNO MOTORNO GORIVO,

- SAMA PRIMJENA KOD MOTORA SUI ZAHVALAN KONSTRUKCIJSKI IZAZOV.

- **KOD OSOBNIH AUTOMOBILA:**
  - **MASOVNA PRIMJENA NPR. U ITALIJI,**
  - **POD NAZIVOM CNG (COMPRESSED NATURAL GAS) – KOMPRIMIRANI PRIRODNI PLIN,**
  - **UZ RIJEKU PO VOZI OKO 500 000 VOZILA,**
- **poticaj (760 eura) za "pretvorbu starijih vozila i promociju novih vozila s plinom".**

- **OKO 350 000 KAMIONA U RUSIJI VOZI NA CNG – PREKO KOMPRESORSKIH STANICA, POSTAVLJENIH UZ PLINOVOD PRIRODNOG PLINA,**
- **DIZELSKO GORIVO KORISTE SAMO KAO UPALJAČ ZA PRIRODNI PLIN.**

KOD NAS OD OKO 50 000 VOZILA KOJA KORISTE PLIN,

VOZILA S PRIRODNIM PLINOM IMA OKO 4 000

(MANJE OD 10 %)

SVOJSTVA PRIRODNOG (ZEMNOG) PLINA KAO GORIVA ZA MOTORE SUI

NAJVAŽNIJA SVOJSTVA GORIVA SU:

- KEMIJSKA STRUKTURA, CH_4 →izvrsna
- GUSTOĆA ENERGIJE, kWh/kg i kWh/l,
- OGRIJEVNA VRIJEDNOST, 33,34 MJ/m^3,
- OKTANSKI BROJ, 120 IOB,
- PRIMJESE, N_2, CO_2, SO_2 i He,
- ADITIVI, npr. za izjednačavanje OB.

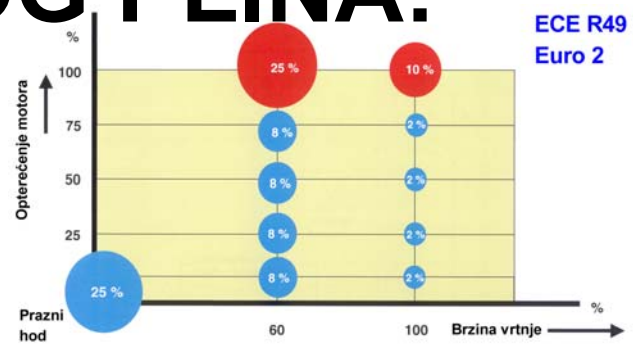
– SADRŽI VIŠE H A MANJE C U USPOREDBI S LPG I TEKUĆIM GORIVMA,

– MALO ŠTETNIH PLINOVA:

CO, HC, NO_X.

– MANJE STAKLENIČKOG PLINA:

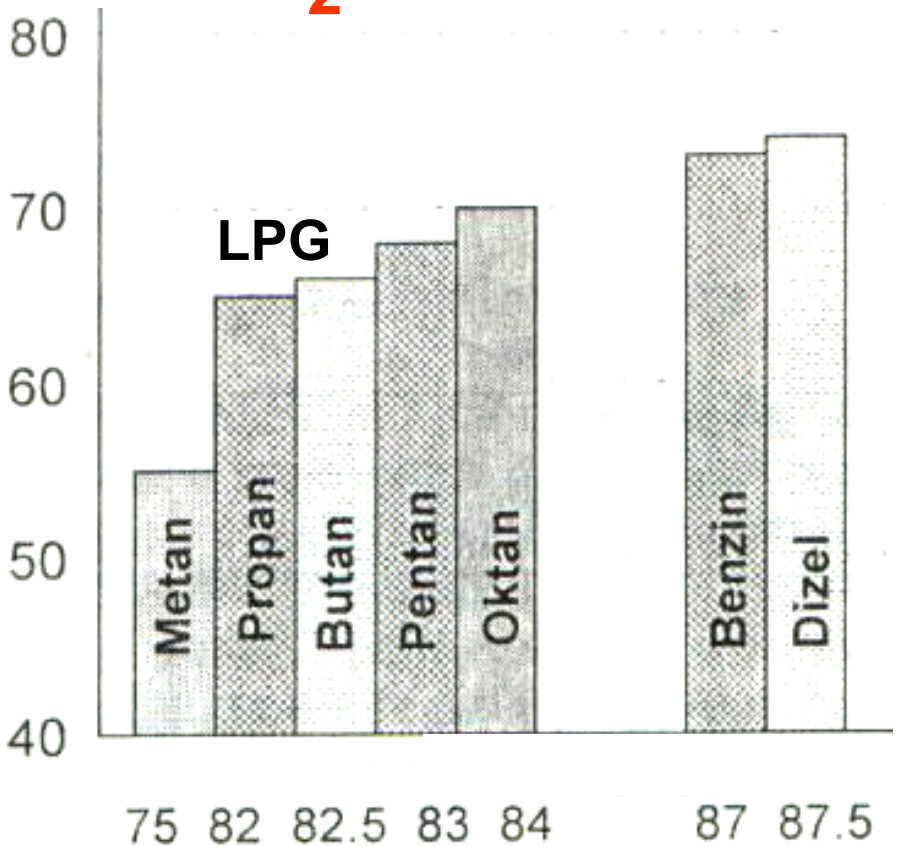
CO_2



(Više u Hnatko: Primjena plina kod motora SUI, 4. Skup o prirodnom plinu, Osijek, 2006.g.)

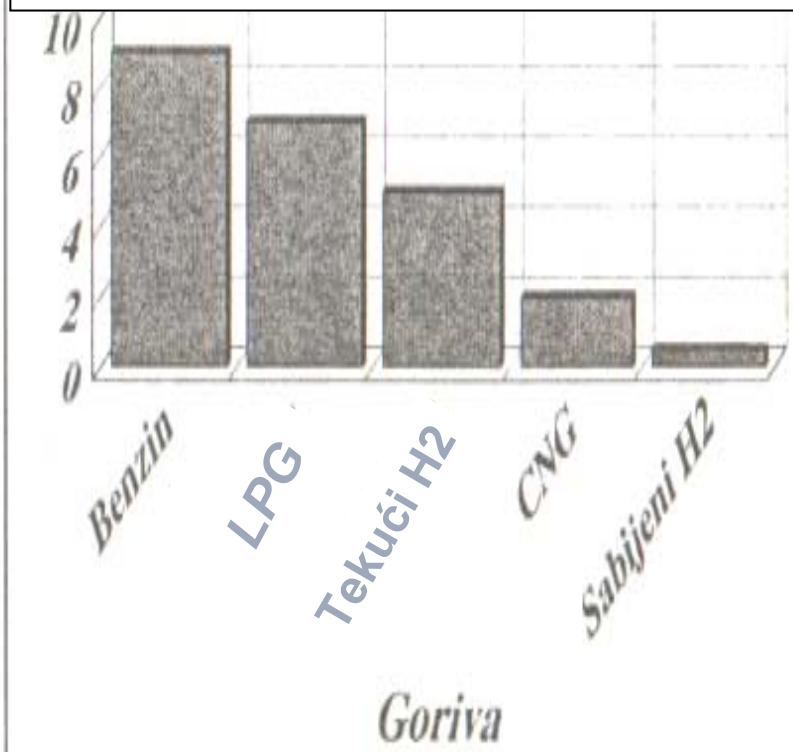
MANJA EMISIJA CO_2

CO_2, g/MJ



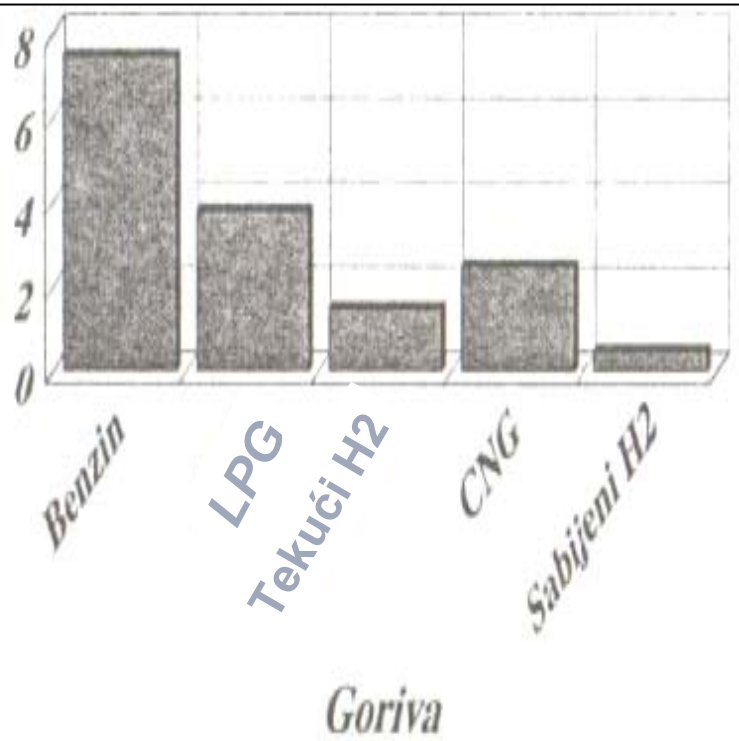
Odnosi energija/masa

kWh/kg



Odnosi energija/volumen

kWh/l

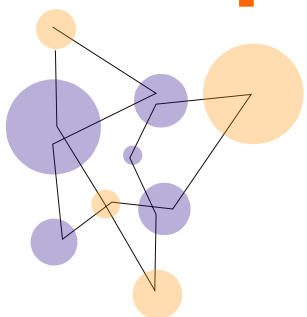


- **IMA DONJU OGRIJEVNU VRIJEDNOST OKO 33,338 MJ/m^3, (50 MJ/kg).**

- **PODRUČJE EKSPLOZIVNOSTI U ZRAKU OD 5 DO 15 %.**

- **MOŽE IZRAVNO U PRIMJENU!**

Pprirodni plin



Plin, transportira se plinovodima, u spremniku pod 200 bar

Potrebna je prerada do ustaljenog sastava i kvalitete.

Oktanski broj oko 130 IOB

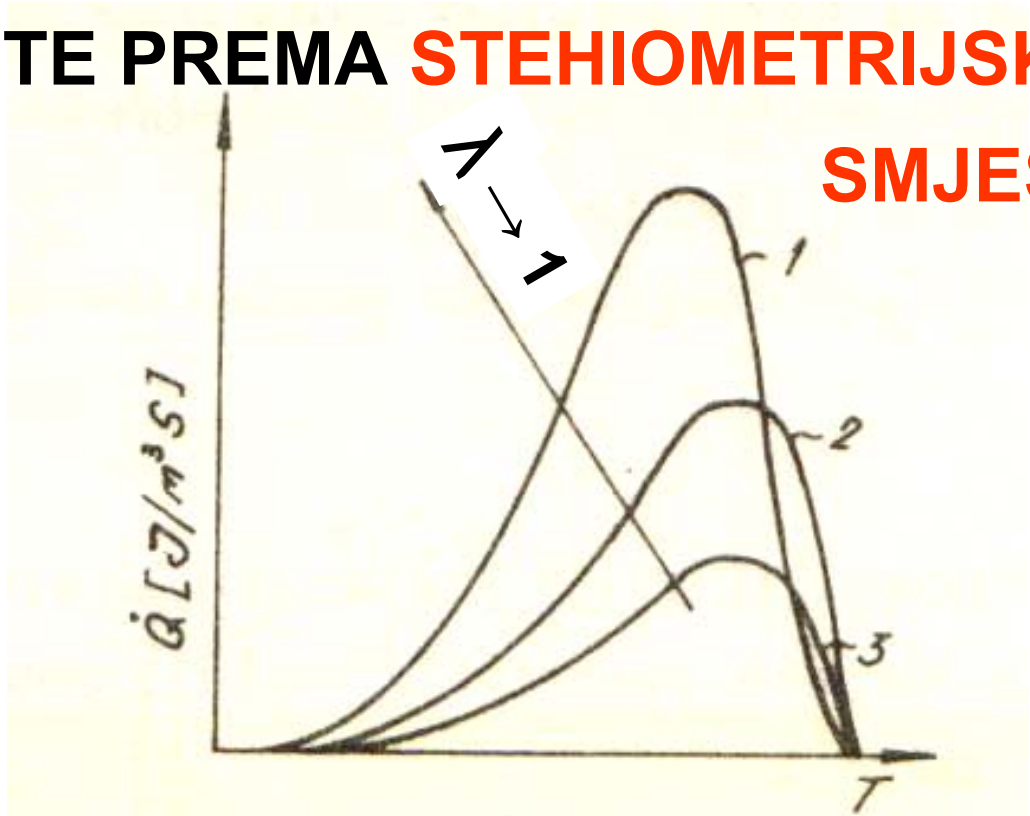
90 % Metan + CxHy + primjese

Dobiva se eksploatacijom zemnih izvora i kod rafinacije nafte

Temperatura samozapaljenja 650 ^{0}C

Izgara potpuno, bez dima, neznatna emisija štetnih plinova

RASTE PREMA STEHIOMETRIJSKOJ SMJESI!!!



INTENZITET OSLOBAĐANJA TOPLINE PRI IZGARANJU PLINA U FUNKCIJI λ

BRZINA PLAMENA

Raste s temperaturom:

25 ^{0}C → 0,4 m/s,

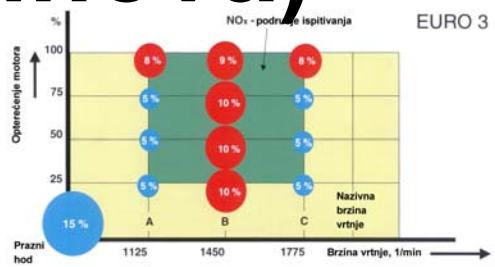
400 ^{0}C →1,6 m/s. (4 PUTA !!!)

Opada s tlakom.

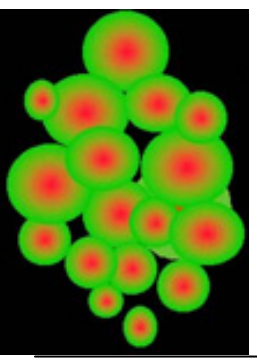
Porast tlaka: oko 2,6 bar/°KV.

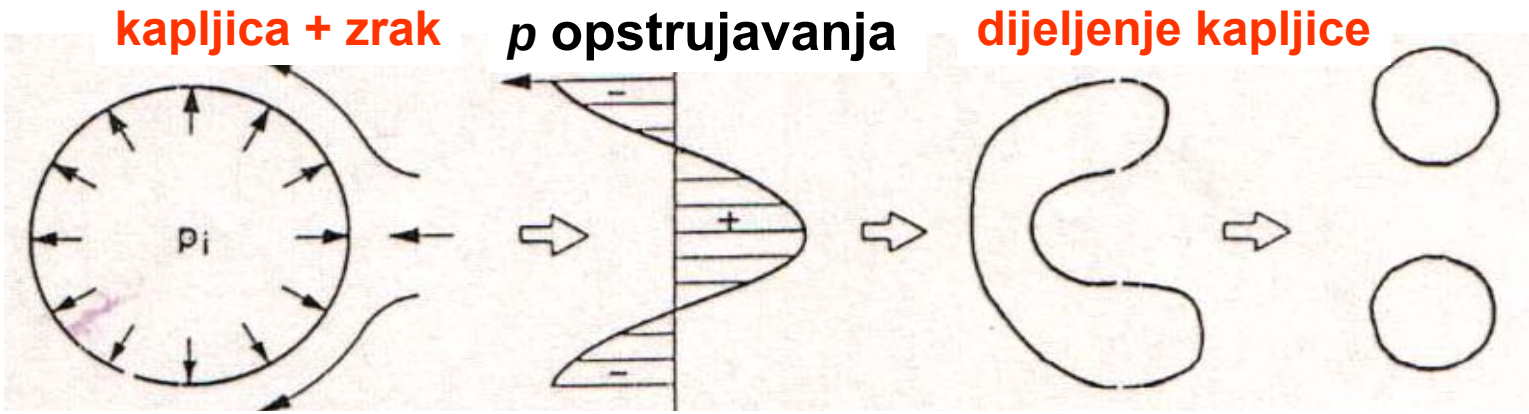
Kut pretpaljenja: 10 do 40 °KV.

Prirodni (zemni) plin izgara kao homogena (mješavina plinova) smjesa plina i zraka.

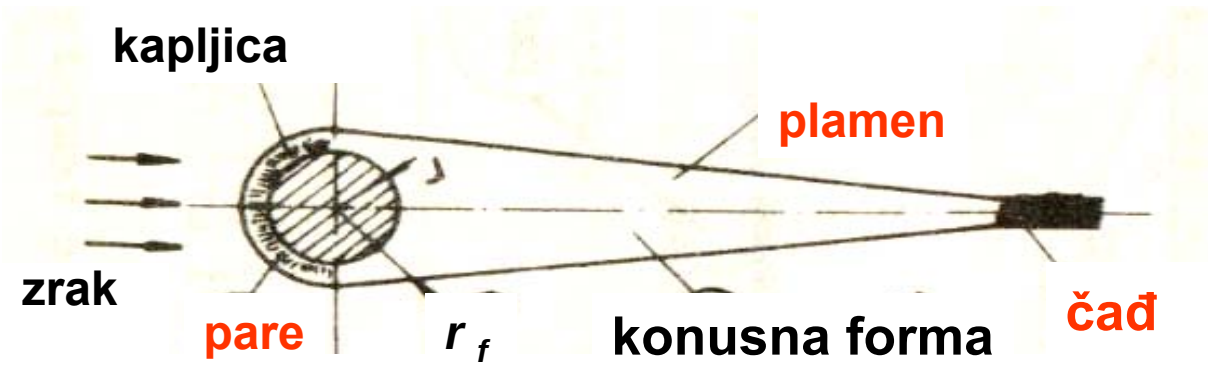


Kod motora s brizganjem plina izgara kao heterogena smjesa (plinovita i tekuća faza goriva).





a) Ponašanje kapljice tijekom strujanja



b) Formiranje čestice čađi

SASTAV SMJESE: PRAVILNO I OPTIMIRANO DOZIRANJE PLINA !

O TOME OVISI :

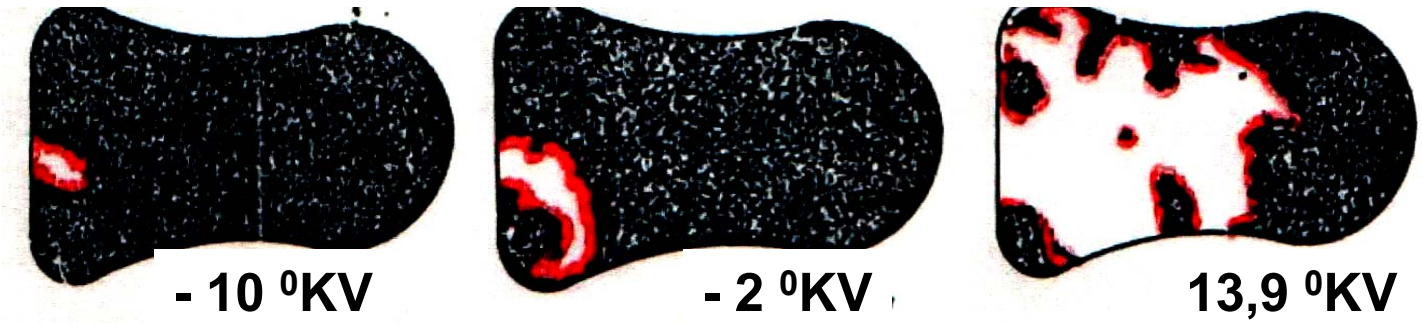
- BRZINA REAKCIJE,
- PROSTIRANJE PLAMENA,
- INTENZITET OSLOBAĐANJA TOPLINE,
- STRUKTURA PLAMENA,
- SASTAV PRODUKATA.

SASTAV SMJESE: PRAVILNO I OPTIMIRANO DOZIRANJE PLINA !

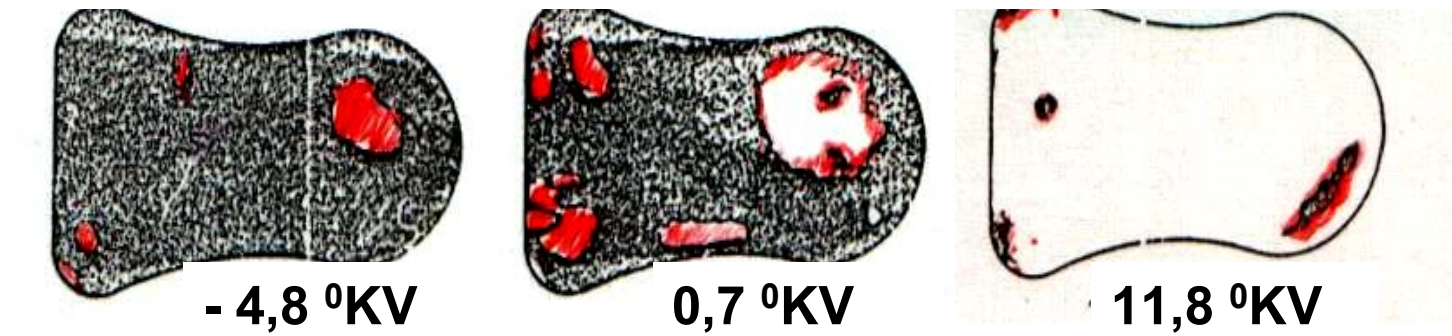
O TOME OVISI :

- BRZINA REAKCIJE,
- PROSTIRANJE PLAMENA,
- INTENZITET OSLOBAĐANJA TOPLINE,
- STRUKTURA PLAMENA,
- SASTAV PRODUKATA.

TURBULENTNO → oscilacija tlaka i buke



a) NORMALNO IZGARANJE



b) IZGARANJE UZ DETONACIJU

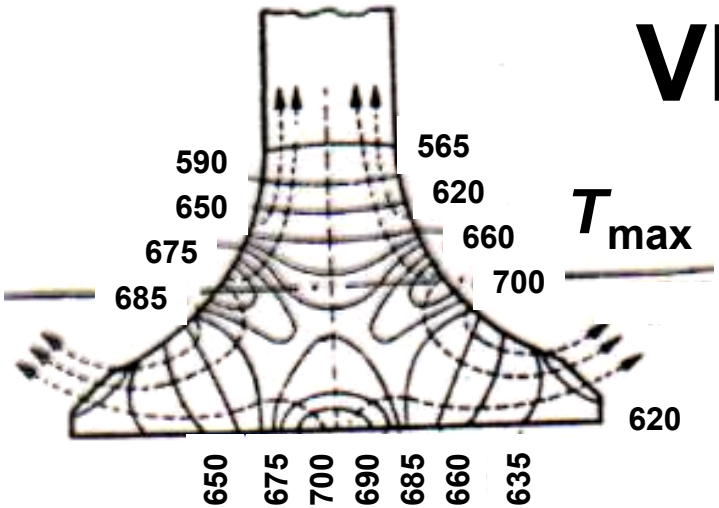
PROSTIRANJE PLAMENA

- **AKO NIJE PRAVILNO I OPTIMIRANO???**
- **Npr. kod SIROMAŠNIH SMJESA →**

→ SPORIJE IZGARANJE I VEĆA JE TEMPERATURA PLINOVA,

→ STRUJE OKO VENTILA I PREKO SJEDALA

→ **DOVODI DO IZGARANJA VENTILA (EROZIJA VENTILA ILI SJEDALA VENTILA),**



→ **IZRAŽENIJE KOD VEĆEG OPTEREĆENJA I VEĆEG BROJA OKRETAJA.**

→ ŠTO RJEŠAVA PROBLEM???



DODAJU SE TEKUĆINE KOJE HLAPLJENJEM SA STJENKI CILINDRA I VENTILA SMANJUJU TEMPERATURU PLINOVA I TIH POVRŠINA,

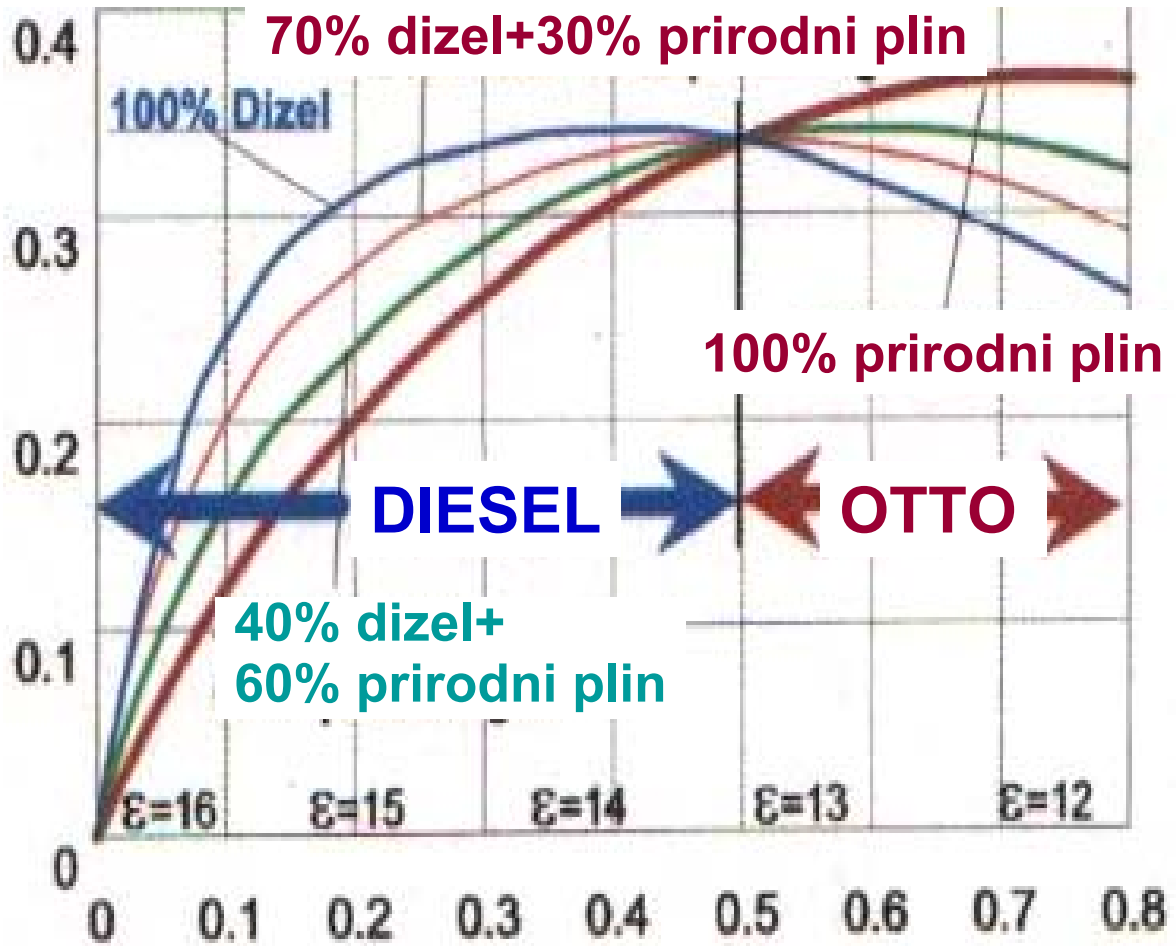
→ GDJE???

UKAPAVAJU SE U USISNU GRANU.

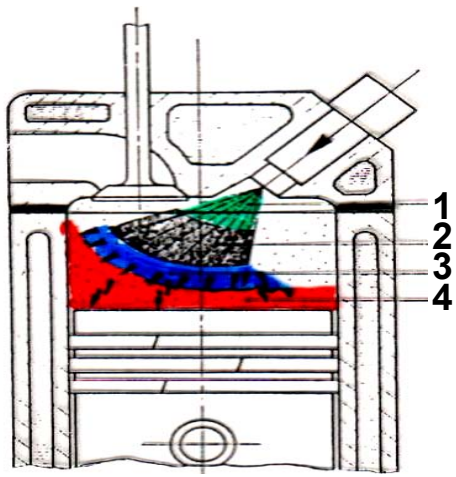
VEĆI EFEKTIVNI STUPANJ KORISNOSTI

PRIRODNI PLIN IMA

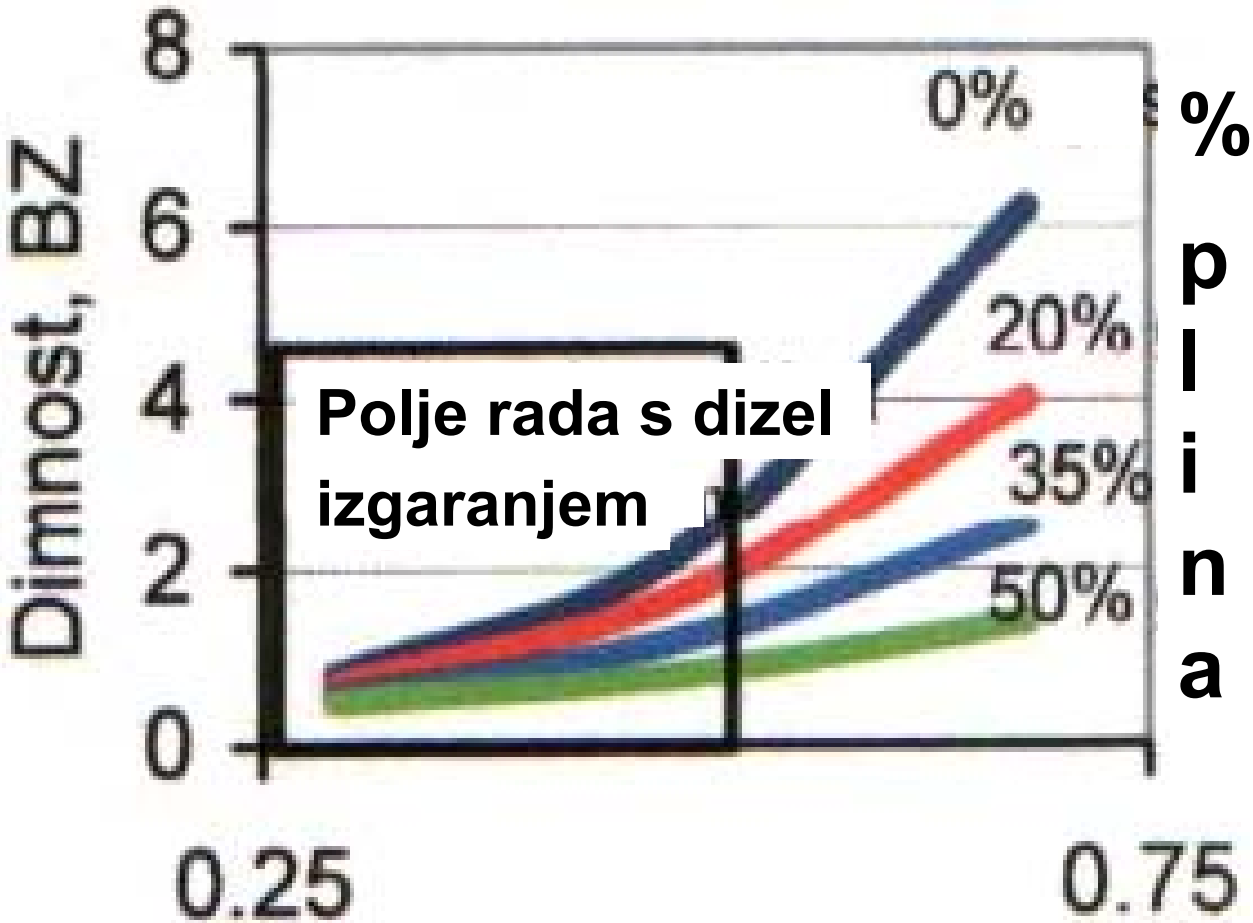
120 0B: → otporniji na DETONACIJU → → veći STUPANJ KOMPRESIJE → → VEĆA EFEKTIVNOST → → MANJA POTROŠNJA.



DIMNOST



1 – mlaz – miješanje
2 – grijanje
3 – paljenje
4 – izgaranje



O MOTORIMA I VOZILIMA U POGONU S PRIRODNIM (ZEMNIM) PLINOM

PRVI OTTOVI MOTORI RADILI SU NA PRIRODNI PLIN!

- **PO MOTORSKIM KRITERIJIMA PRIRODNI PLIN MOŽE BITI:**
  - **JEDINO GORIVO, MONO GORIVI MOTORI, KOD OTTOVA I KOD DIESELOVA, ALI**
  - **I KAO MJEŠAVINA,**

S BILO KOJOM VRSTOM NAFTNOG GORIVA, NIŽIM I VIŠIM ALKOHOLIMA, GORIVIMA IZ BIO MASA I BIOPLINOVIMA.

- **U PRIMJENI:**

  - PRVI KORAK SU PROMJENE UREĐAJA I OPREME ZA NAPAJANJE KOD MOTORA, ALI

  - KOD PERSPEKTIVNE I MASOVNE PRIMJENE NEMINOVNE SU OPSEŽNE REKONSTRUKCIJE I NAPREDNE TEHNOLOGIJE .

MOGU BITI: DVOGORIVI SUSTAVI,

- BI SUSTAVI, ILI
- MONO GORIVI MOTORI.

➢ REKONSTRUKCIJE KOD OTTOVIH MOTORA - OEM (Original Equipment Manufacturer‘s):

- RJEŠAVAJU OPTIMIRANJE MOTORA ZBOG VRLO VISOKOG OB PRIRODNOG PLINA (OD 110 DO 130 OB), TE

- DEFINIRAJU ADITIVE ZA UJEDNAČAVANJE OKTANSKIH KVALITETA RAZLIČITIH SASTAVA PRIRODNIH PLINOVA;

- **REKONSTRUKCIJE KOD DIESELOVIH MOTORA - OEM (Original Equipment Manufacturer‘s):**

  - RAZVOJ DVOJINIH POGONA (DIZEL - PRIRODNI PLIN), ILI

  - SAMO NA PRIRODNI PLIN (RADE KAO PLINSKI OTTOVI MOTORI).

- **MOTORI S VARIJABILNOM KOMPRESIJOM – CVCR (CONTINUOUSLLY VARIABLE COPRESSION RATIO)**

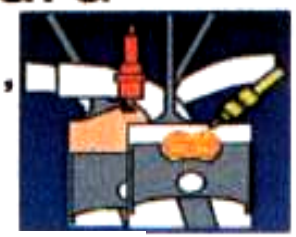
  ODLIKUJU SE FLEKSIBILNIM ODNOSOM PREMA GORIVIMA.

IDEALNI MOTOR:TURBOKOMPRESORSKI

Istraživacke mogucnosti:
i oto i dizel proces u istom cilindru

CVCR MOTOR

Promenljiva kompr.,
Visoka ekspanzija,
Alteranativni rad
sa homogenom i
Nehomogenom smjesom



- **Ekonomicnost se ostvaruie visokim stupnjem kompresije, i ekspanzije + nema prigušnog leptira...**
- **Na visokim opterecenjima motor radi sa homogenom**

smjesom



EGR
TWC

Sve vrste goriva
Trokomponentni katalizator

SVOJSTVA MOTORA NOVIH TEHNOLOGIJA

MOTORI S VARIJABILNOM KOMPRESIJOM – CVCR (CONTINUOUSLLY VARIABLE COPRESSION RATIO) IMA UGRAĐENI SENZOR DETONACIJE U KOMORI, SAMOREGULACIJOM, PODEŠAVA STUPANJ KOMPRESIJE PREMA KVALITETI GORIVA.

- PRIRODN PLIN POTPUNO IZGARA U SIROMAŠNOJ SMJESI, PA TO ZAHTJEVA PRAVILAN ODABIR OBVEZATNOG KATALIZATORA, KAKAV JE TWC – (THREE-WAY CATALIST) ZA TAKVA IZGARANJA.

ECU (ELECTRONIC CONTROL UNIT) UPRAVLJA RADOM MOTORA:

PROCES RADA VODI PREMA NEKOM ODABRANOM KRITERIJU:

EKONOMIČNOSTI,

MAKSIMALNE SNAGE, ILI MOMENTA,

EKOLOGIČNOSTI, I DR.

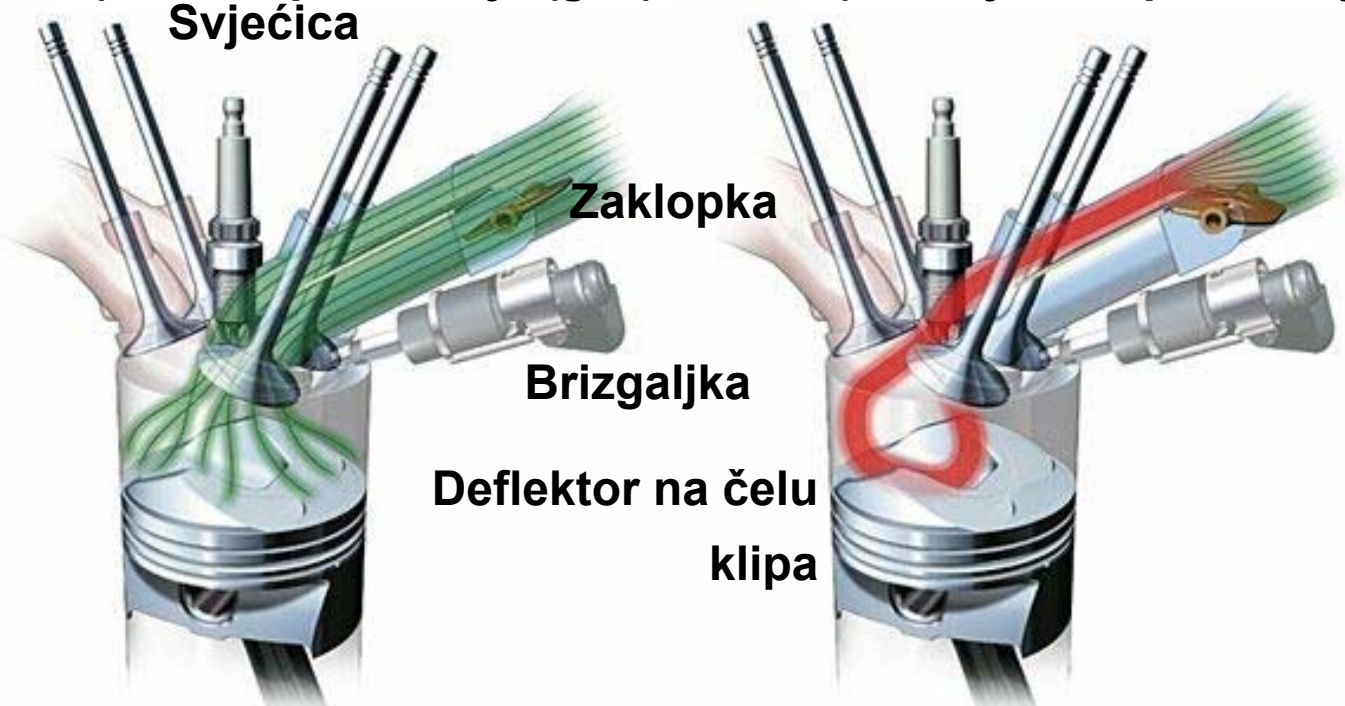
Audi 2.0 FSI

Direktno ubrizgavanje benzina

4 – ventilska tehnologija

a) Puno opterećenje (gas)

b) Parcijalno opterećenje (gas)



NOVE TEHNOLOGIJE KOD MOTORA AUDI 2.0 FSI

PIEZO BRIZGALJKA, svojstva:

manja masa

pet puta brže uključuje ventil ubrizgavanja

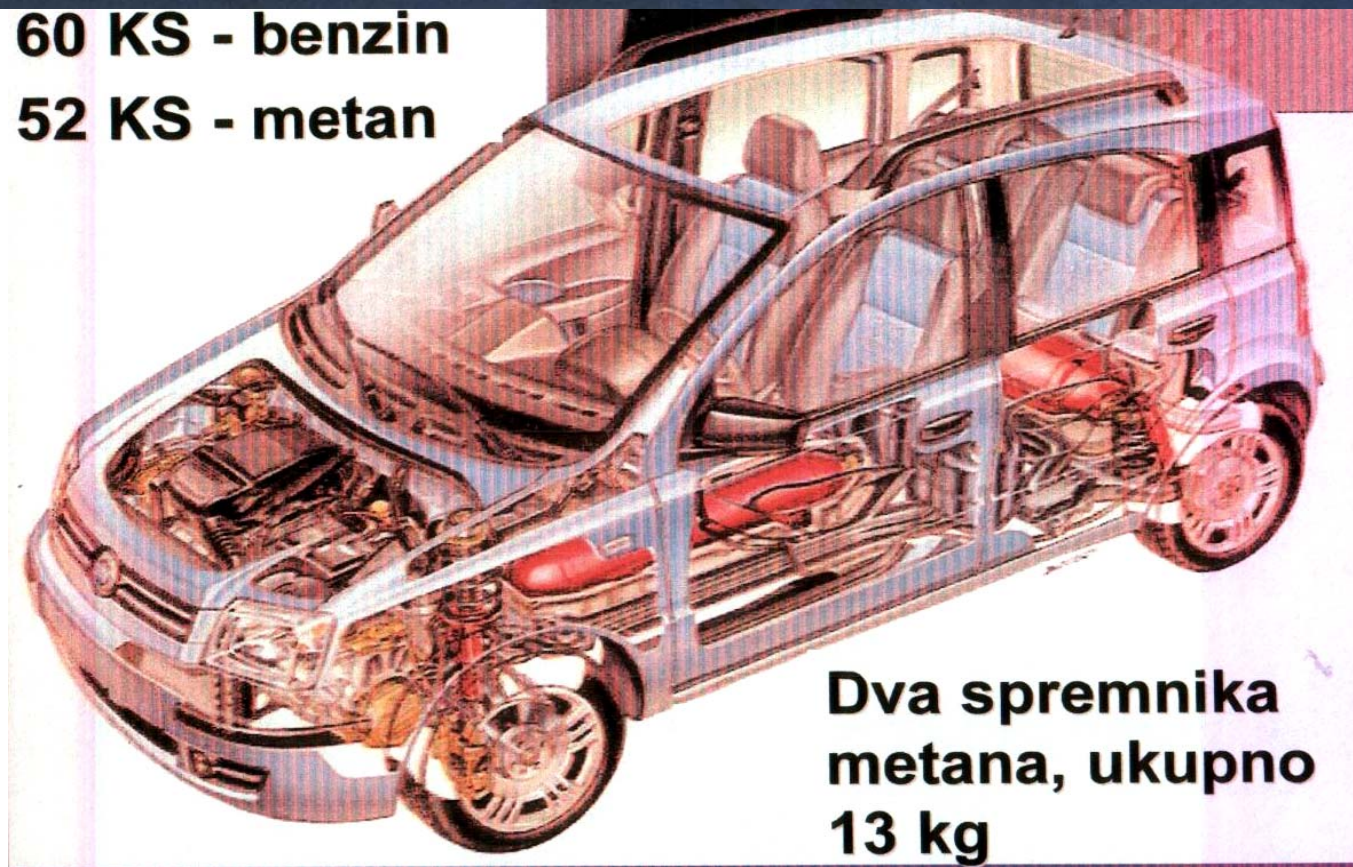


dvostruko brža reakcija

znatno preciznije upravlja količinom goriva i procesom ubrizgavanja.

KORIŠTENJE U VOZILIMA

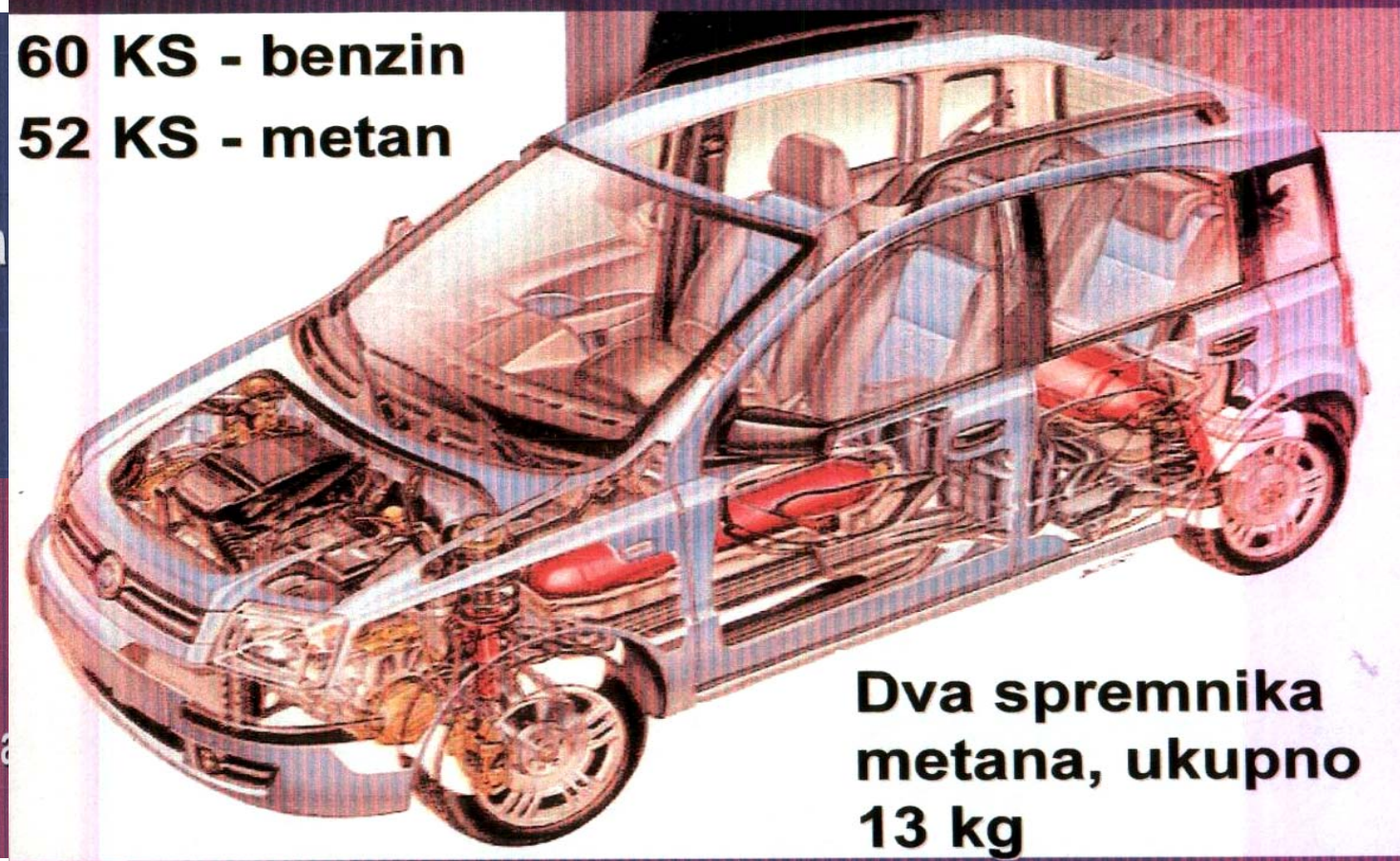
Velika masa spremnika, manja snaga motora – slabije performanse!



USPOREDNI TESTOVI PANDA

Benzin / metan
13.501 €
30 km sa 1 € metana
Masa: + 100 kg
Karoserija: "4x4"

EKOLOGIJA
- Ne emitira niti sumpor niti čestice
- CO_2: 114 g/km (-20% prema benzinu)



KARAKTERISTIKE VOZILA

Editoriale Domus
Sistema di Qualità
certificato

FIAT PANDA 1,2 Natural Power	Benzin	Metan
MAKSIMALNA BRZINA (km/h)	142,476	135,599
POTROŠNJA GORIVA	km/l	km/kg
(standardni uvjeti vožnje 220 km)	13,8	23,6
UBRZANJE		
Brzina u km/h	Vrijeme u sekundama	
0-60	6,1	6,8
0-100	17,8	20,6
UBRZANJE U 5. BRZINI (min/max opterećenje)		
Brzina u km/h	Vrijeme u sekundama	
70-80	5,1/6,2	6,1/7,9
70-100	16,8/20,7	20,9/27,6

USPOREDNI TESTOVI C3

BENZIN / LPG	BENZIN / METAN
EKOLOGIJA	EKOLOGIJA
- Ne emitira niti sumpor niti čestice	- Ne emitira niti sumpor niti čestice
- CO_2: 130 g/km (-10% prema benzinu)	- CO_2: 119 g/km (-20% prema benzinu)
15.851 €	16.751 €
20 km sa 1 € LPG-a	32 km sa 1 € metana
48 litara LPG	Dva spremnika metana - 9 kg
	Masa: +70 kg
73 KS - benzin	73 KS - benzin
72 KS - LPG	66 KS - metan

ZAKLJUČCI

1. Prirodni (zemni) plin jest idealno gorivo za Ottove motore.
2. Prirodni (zemni) plin ima ekološke, energetske i ekonomske prednosti.
3. Razvijaju se dvogorivi i bi sustavi napajanja prirodnim (zemnim) plinom, kao i mono gorivi motori.

4. Potrebna je prerada do ustaljenog sastava i kvalitete.

5. Mogućnost kombinacije s ostalim gorivima.

6. Prednosti primjene prirodnog plina kao goriva za motore SUI zahtjevaju nove konstrukcije i napredne tehnologije kod Ottovih i Dieselovih motora;

7. Idealni motor jest turbo-kompresorski, CVCR motor s TWC-trokomponentnim katalizatorom.

8. Motori novih tehnologija ostvaruju još bolja svojstva, a elektronikom preciznije upravljaju procesom rada motora.



Analiza mogućnosti primjene prirodnog plina za energetsku opskrbu telekomunikacijskog centra

Branimir Pavković, Aleksandar Božunović, Tomislav Mrakovčić
Tehnički fakultet u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Tel: 051 651 506, Fax:051 675 818, E-mail: branimir.pavkovic@riteh.hr

Sažetak
U radu su analizirane mogućnosti i ograničenja primjene apsorpcijskih rashladnih uređaja i dizalica topline u sustavima grijanja, hlađenja i klimatizacije na primjeru telekomunikacijskog centra na području Sjevernog Jadrana. Pažnja je usmjerena na tri glavna utjecajna faktora. Prvi su tehnički preduvjeti kao što su razvoj plinske mreže i tehnička rješenja. Drugi faktor su mogućnosti i tehnička ograničenja primjene u sustavima grijanja i klimatizacije. Treći faktor koji utječe na raširenost primjene apsorpcijskih rashladnih uređaja su tržišni uvjeti, kao što su cijene opreme, te troškovi rada i održavanja kod korištenja uređaja. Još uvijek tržišni uvjeti nisu stimulativni za primjenu apsorpcijskih rashladnih uređaja. Ipak, ukupni troškovi grijanja i hlađenja se mogu smanjiti primjenom plina. Kad se ogrjevni i rashladni sustav s plinskim kotlovima i apsorpcijskim rashladnim uređajima usporedi s konvencionalnim sustavom koji sadrži kotlove ložene lož uljem i kompresijske rashladne uređaje, ušteda na troškovima grijanja plinskim kotlom kompenzira nešto veće troškove kod hlađenja apsorpcijskim uređajem.

Ključne riječi: apsorpcijski rashladni uređaj, apsorpcijska dizalica topline, analiza izvedivosti, tržišni uvjeti

Analysis of natural gas application for energy supply of a telecommunication centre

Abstract
The paper presents the application possibilities, advantages and drawbacks of absorption chillers and heat pumps on a case study of HVAC system for the telecommunication centre in the North Adriatic area. Three main aspects have been emphasized. The first one is technical aspect of development of gas supply pipelines network, and technical available solutions. The second aspect is the possibility of application and limitation of absorption technologies in HVAC systems. The third factor that exerts significant influence on widespread applications of absorption technology are market conditions as well as cost for equipment, maintenance and energy consumption during exploitation. The feasibility analyses show that the market conditions do not encourage widespread applications of absorption chillers. Nevertheless total costs for heating and cooling can be reduced by gas utilization. When the gas heating and cooling system comprising gas boilers and absorption chillers is compared to conventional system comprising oil boilers and compression chillers, cost reduction achieved by using gas in heating mode is a compensation for increased costs of absorption chillers in cooling mode.

Key words: absorption chillers, absorption heat pumps, feasibility analyses, market conditions

1. Uvod

Telekomunikacijski centri su značajni potrošači energije za potrebe hlađenja, pri čemu unutrašnji izvori topline, kao što je disipacija ugrađene telekomunikacijske opreme čine velik udio u rashladnom opterećenju. Dio prostora ovakvih centara obično se gradi kao uredski prostor, dok veći dio zauzima telekomunikacijska oprema. Obzirom na velike unutrašnje toplinske izvore, potreba za hlađenjem dijelova objekata u kojima je smještena oprema izražena je tijekom cijele godine. Stalni tehnološki razvitak telekomunikacijske opreme uvjetuje smanjenje volumena za njen smještaj, uz istovremeno povećanje njene ukupne toplinske disipacije. Uočena je praksa da se centralni sustavi klimatizacije ovih prostora koji su obično bili građeni sa zrakom kao nosiocem topline, postupno tijekom ugradnje novih centrala zamjenjuju lokalnim sustavima pri čemu obično jedna telefonska centrala dobiva svoj vlastiti rashladni sustav. Proizvođači telekomunikacijske opreme kontroliraju isporuku centrale i njenog rashladnog sustava i na taj način se osiguravaju od problema koji bi mogli nastati pri radu njihove opreme u neadekvatnim uvjetima korištenja. Time u velikim telekomunikacijskim centrima dolazi do usitnjavanja opreme klimatizacije, problema s centraliziranim upravljanjem radom uređaja i smanjenja mogućnosti racionalne potrošnje energije.

S druge strane, napredak tehnologije rezultira stalnim smanjenjem broja zaposlenog osoblja, pa se udio toplinske i rashladne energije za klimatizaciju kancelarijskih prostora smanjuje u ukupnoj energetskoj bilanci objekta.
U takvoj situaciji, kad dođe vrijeme za rekonstrukciju centralnog ogrjevno - rashladnog sustava, donošenje odluke o koncepciji i izboru energenta i sustava predstavlja izazovan zadatak.
U ovom radu je na primjeru telekomunikacijskog centra u Rijeci prikazana analiza i odabir termotehničkih sustava rashladne stanice i kotlovnice [1]. Termotehnički sustavi izgrađeni su prije trideset godina i sadrže toplovodnu kotlovnicu s dva kotla ogrjevnog učinka po 814 kW, parnu kotlovnicu za proizvodnju suhozasićene pare za ovlaživanje s niskotlačnim parnim kotlom učinka 582 kW i rashladnu centralu s dva rashladna uređaja s centrifugalnim kompresorima, svaki rashladnog učinka po 610 kW. Za hlađenje kondenzatora koristi se rashladni toranj. Radna tvar u rashladnim uređajima je R11, koji je po svom sastavu klorofluorougljik i prema *Uredbi o tvarima koje oštećuju ozonski sloj* (NN 120/05) spada u skupinu kontroliranih tvari iz Priloga 1. dodatak A, skupina I. za koje je zabranjen uvoz u svrhu stavljanja u promet na domaće tržište od 1. siječnja 2006. godine, a svaka potrošnja od 1. siječnja 2010. godine. Za opskrbu električnom energijom u nuždi projektirana je i izvedena agregatska stanica sa tri elektroagregata svaki učinka po 260 kVA.
U analizama koje su ukratko prikazane u nastavku pokušalo se utvrditi opravdanost korištenja dosadašnjih energenata (električna energija i lož ulje) i mogućnosti primjene novih energenata (u vrijeme izrade analiza na raspolaganju je bio samo miješani gradski plin, dok je to danas prirodni plin za koji su provedene analize).

2. Procjena potrošnje energije

Procjena je provedena temeljem jednostavnih analiza. Provedena je ocjena mjesečnih potrošnja energije za grijanje i hlađenje, ne ulazeći u analizu satnih vrijednosti ogrjevnih i rashladnih opterećenja i dinamičku simulaciju rada sustava. Za proračun su korišteni podaci o srednjim mjesečnim temperaturama zraka i sunčevom zračenju. Udjeli topline za transmisiju i topline za grijanje ventilacijskog zraka u ukupnom ogrjevnom učinku usvojeni su iz originalnog projekta termotehničkih sustava građevine. Također su i udjeli transmisije kroz vanjske i unutarnje obuhvatne plohe prostorija, zračenja i transmisije kroz prozore, topline od ljudi, rasvjete i uređaja u ukupnom rashladnom učinku usvojeni prema originalnom projektu. Uzeto je u obzir i uzajamno poništavanje unutarnjih toplinskih izvora u prostorima i toplinskih gubitaka prostora. U proračunima su korišteni iskustveni faktori istovremenosti i opterećenja. Ovakav pristup ne daje vrlo precizne podatke, ali kao alternativni proračun bi mogla doći u obzir samo detaljna dinamička simulacija ponašanja cjelokupnog sustava u kojoj bi se simulirali nestacionarni uvjeti prolaza topline u i iz građevine, dinamika disipacije svakog pojedinog uređaja i rasvjete u prostoru, promjenjivo prisustvo ljudi i korištenja prostora, te nestacionarni uvjeti rada ogrjevnog i rashladnog sustava. Za ovakvu simulaciju nije bilo moguće pribaviti ulazne podatke bez detaljne razrade cjelokupnog projekta klimatizacije građevine i bez detaljnog poznavanja načina korištenja i vremenske distribucije toplinskih izvora u svakoj pojedinoj prostoriji što nije bilo predmetom ovdje prikazane analize. Cilj izračunavanja potrošnje ogrjevne i rashladne energije je dobivanje podloge za međusobnu usporedbu potrošnje energenata kod različitih analiziranih sustava, za što su dobiveni rezultati dobro poslužili.

2.1. Potrošnja energije za grijanje

Promatrajući pojednostavljeno potrebu topline za nadoknadu transmisijskih gubitaka i potrebu topline za grijanje ventilacijskog zraka kao jednu cjelinu, broj sati rada s punim pogonom, koji predstavlja ekvivalentni godišnji broj sati rada sustava s ukupnim potrebnim ogrjevnim učinkom određuje se prema VDI 2067 [2] iz izraza:

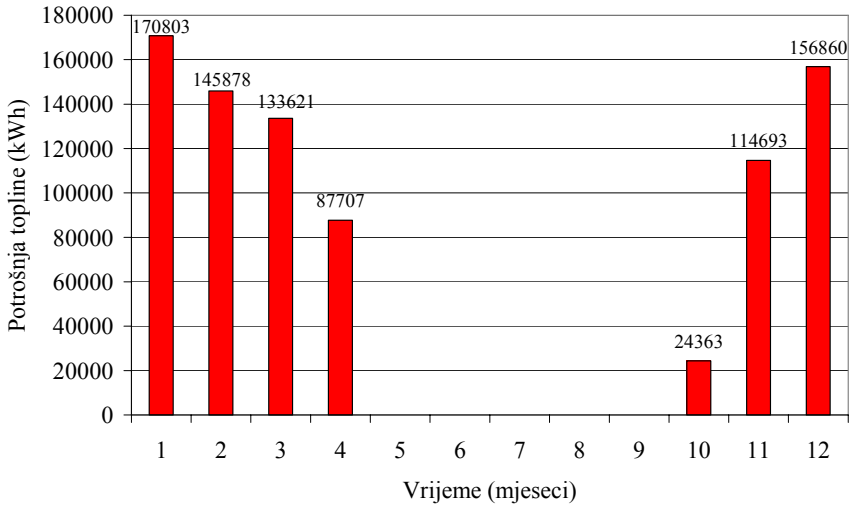
$$b_v = f \frac{24 Sd}{\Delta \vartheta_{\max}}, \qquad (1)$$

gdje je $f = 0{,}5$ faktor koji uzima u obzir cijeli niz utjecaja kao što su način proračuna kojim je određena potreba topline, utjecaj sunčevog zračenja i unutrašnjih toplinskih izvora, istovremenost potrebe za ventilacijskom toplinom, utjecaj povećanog kapaciteta uređaja za grijanje, utjecaj djelomičnog grijanja, odstupanje sobne temperature, utjecaj toplinske izolacije, mogućnosti regulacije, utjecaj načina obračunavanja potrošnje i utjecaj radnog vremena, $\Delta \vartheta_{\max} = 26\,\mathrm{K}$ maksimalna temperaturna razlika i *Sd* broj stupanj dana grijanja, koji se određuje temeljem prosječnih temperatura u periodu grijanja. Broj stupanj dana može se odrediti za svaki mjesec i sumirati tijekom godine. Za svaki mjesec određuje se prosječna

temperatura i broj dana grijanja, uz zadanu temperaturu u prostoru i srednju vanjsku temperaturu tijekom razdoblja grijanja. Broj stupanj dana za svaki mjesec izračunava se kao

$$Sd = (\vartheta_i - \vartheta'_{am})z_i \,, \tag{2}$$

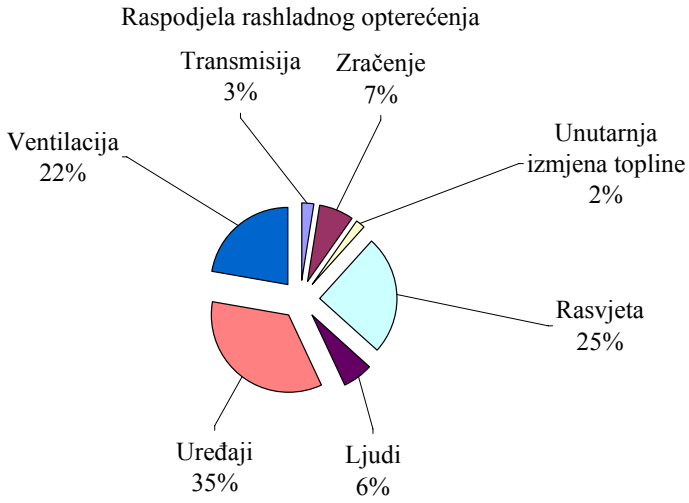
gdje je z_i broj dana grijanja i ovisi o tome kako je postavljena granica grijanja (za ovdje promatrani slučaj definirana je granica grijanja 15°C), ϑ_i srednja temperatura u grijanom prostoru a ϑ'_{am} srednja vanjska temperatura u periodu grijanja. Raspodjela potrošnje tijekom mjeseci odgovara omjeru stupanj dana u tome mjesecu i ukupog zbroja stupanj dana i prikazana je na sljedećoj slici:



Sl. 1. Potrošnja energije za grijanje

2.1. Potrošnja energije za hlađenje

Potreban rashladni učinak je 1027 kW. Ovaj je učinak raspodijeljen na način prikazan na slici 2.



Sl. 2. Struktura rashladnog opterećenja

Ukupna suma instaliranog učinka neovisno hlađenih prostora (koji rade 24 sata dnevno, te su zbog toga za njih tijekom godina korištenja i pri obnovi centrala izgrađeni novi sustavi) iznosi oko 550 kW. Obzirom da su ovi sustavi predimenzionirani, odnosno odabrani sa značajnom rezervom, utvrđeno je analizom je da je rashladno opterećenje za koje su oni ugrađeni oko 425 kW. Ostatak rashladnog učinka, potrebnog za hlađenje kancelarija i drugih prostora kod kojih se hlađenje ne odvija 24 sata dnevno iznosi 600 kW i namiruje se iz centralnog rashladnog sustava.

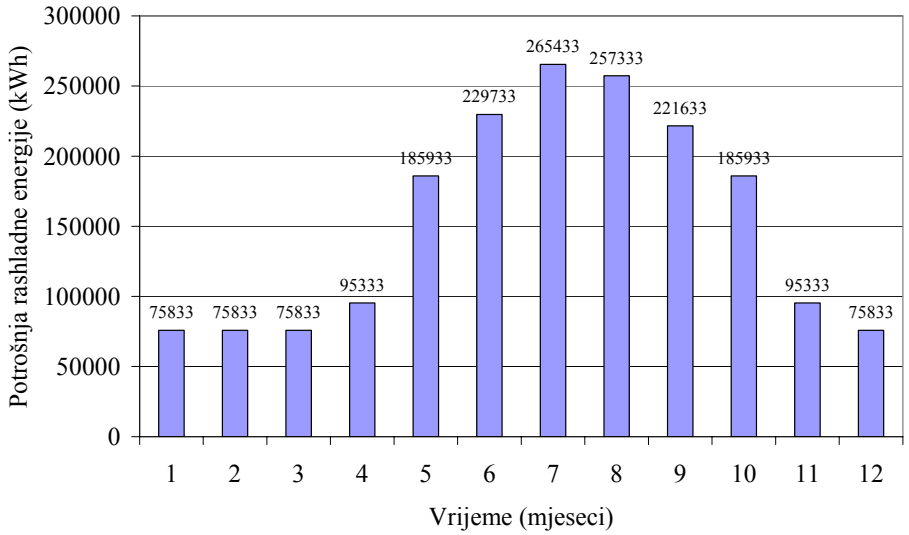
Neovisni sustavi, kako je već rečeno, osiguravaju hlađenje 24 sata dnevno, 365 dana u godini. Naravno, oni ne rade cijelo vrijeme, niti je rashladno opterećenje konstantno. Usvoji li se faktor opterećenja $f_o = 0{,}7$ i faktor istovremenosti $f_i = 0{,}5$ dolazi se uz ukupni broj dana rada $z_h = 365$ do godišnje potrošnje rashladne energije od

$$Q_{01a} = 24\, z_h\, \dot{Q}_{01}\, f_o\, f_i = 24 \cdot 365 \cdot 425 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}5 = 1303050 \text{ kWh}.$$

Centralni sustav osigurava hlađenje tijekom desetak radnih sati, uglavnom u svibnju, lipnju, srpnju, kolovozu, rujnu i dijelu listopada, dakle tijekom toplije polovice godine. Prema iskustvima sa sličnim sustavima, ukupan ekvivalentni broj sati rada maksimalnim kapacitetom kreće se kod ovih sustava oko 900 sati, u što su već uračunati faktori opterećenja i istovremenosti. S time se dolazi do godišnje potrošnje rashladne energije koju osigurava centralni sustav od

$$Q_{02a} = 900\ \dot{Q}_{01} = 900 \cdot 600 = 540000 \text{ kWh}.$$

Ukupna procijenjena vrijednost godišnje potrošnje rashladne energije je tada 1840000 kWh. Za neovisne sustave kao i za centralni sustav, može se usvojiti da je oko 70% potrošnje energije neovisno o vanjskim meteorološkim prilikama (unutarnji izvori topline, kao rasvjeta, uređaji, ljudi, unutarnja izmjena topline), dok je oko 30% ovisno o vanjskim prilikama i mijenja se s njihovom promjenom (Sl. 2). U skladu s time, izvršena je raspodjela godišnje potrošnje rashladne energije, a ukupni iznosi po pojedinim mjesecima prikazani su na slici 3.

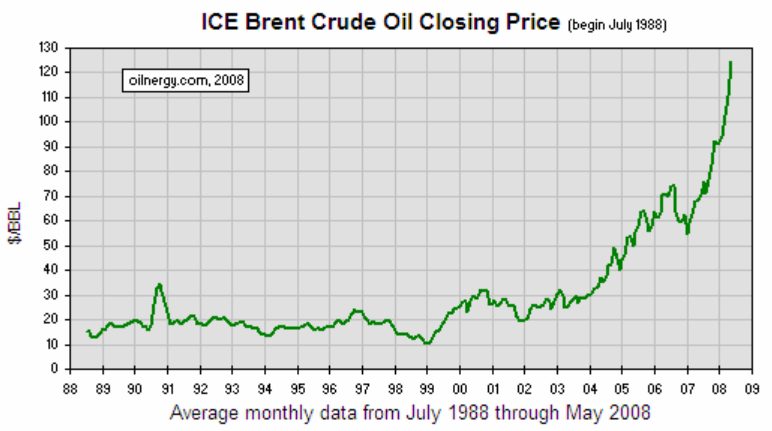


Sl. 3. Raspodjela potrošnje rashladne energije po mjesecima za objekt MTTC

3. Energenti

Kao mogući energenti su predviđeni električna energija, lož ulje EL (do tada korišteni energent) i plin. U vrijeme izrade analize (2006. godina) bilo je moguće samo korištenje miješanog plina, dok je danas u Rijeci osigurano korištenje prirodnog plina. Karakteristike i cijene energenata navode se u nastavku:

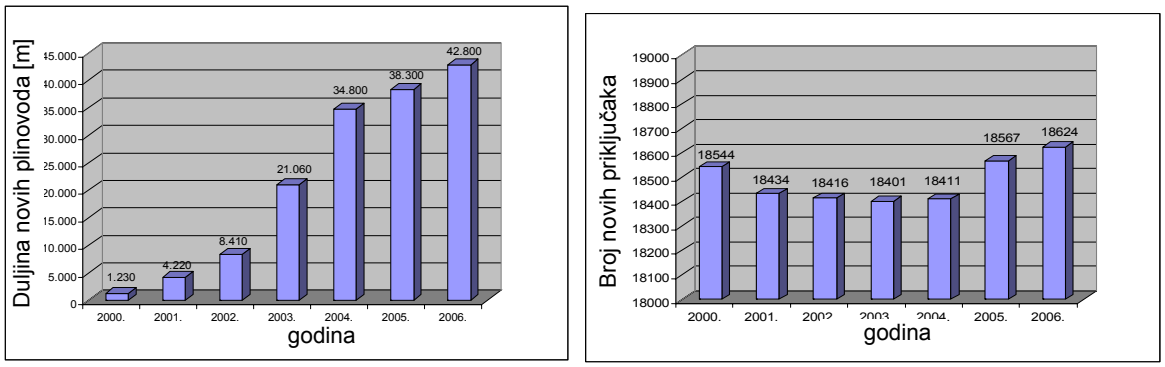
Lož ulje EL sadrži 86% masenog udjela ugljika, 13% vodika, 0,5% kisika i dušika, te 0,2% sumpora. Donja ogrjevna moć lož ulja EL je 42700 kJ/kg (11,861 kWh/kg). Maloprodajna cijena s PDV-om iznosila je u vrijeme izrade analize 4,65 kn/l, a preračunata cijena (za gustoću 840 kg/m^3) 5,53 kn/kg. Za ove je cijene provedena analiza troškova. Današnja cijena lož ulja EL je znatno viša i iznosi s PDV-om 6,38 kn/l, odnosno 7,595 kn/kg, što je za 37% viša cijena nego u vrijeme izrade analize [3]. Trendovi promjene cijene lož ulja se ne mogu lako predvidjeti, o čemu govori stvarna promjena cijene sirove nafte prikazana na Sl. 4. Usporedbom s ranijim predviđanjima koja su npr. 1999. godin kao maksimalnu cijenu koja bi se trebala stabilizirati tijekom prve polovice 21 stoljeća navodila oko 60 USD za barel vidi se koliko je nezahvalno davati prognoze o nafti i njenim derivatima kao energentu.



Sl. 4. Promjene cijena sirove nafte (USD/barell) od srpnja 1988 do svibnja 2008

Prirodni plin sadrži 92,00 - 99,00% metana, 0,05 - 2,60% etana, 0,40 - 2,90% dušika, 0,05 - 0,09% ugljik dioksida, te 0,10 - 0,40 viših ugljikovodika (C_mH_n). Donja ogrijevna vrijednost mu je oko 36218 kJ/m^3 ili 10,061 kWh/m^3. Gustoća (pri 0°C i 1013,25 mbar) mu je 0,753 kg/m^3.
Očekivane karakteristike prirodnog plina iz polja sjevernog Jadrana koji će se distribuirati magistralnim plinovodom Pula - Karlovac (prema podacima dobivenim od strane INA - Naftaplina, Sektora komercijale, Službe energetike) su sljedeće: sadrži 98,8 - 99,3% metana, 0,5 - 1,2% dušika, 0,03 - 0,15% ugljik dioksida. Donja ogrijevna vrijednost mu je oko 33624 kJ/m^3 ili 9,340 kWh/m^3. Gustoća (pri 0°C i 1013,25 mbar) mu je 0,686 kg/m^3.

Plinska mreža na području Rijeke intenzivno je građena tijekom proteklih godina. Na Sl. 5 prikazane su na lijevoj strani duljine izgrađenih novih plinovoda u razdoblju od 2000. do 2006. godine, dok je na desnoj strani prikazan broj novih priključaka na plinsku mrežu u istom razdoblju.

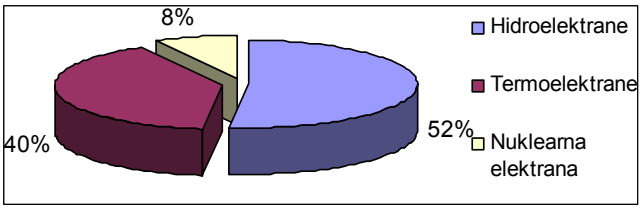


Sl. 5. Duljine novih plinovoda i broj novih priključaka na području distributera "Energo" u razdoblju od 2000 do 2006 godine

Današnja cijena prirodnog plina kojeg isporučuje distributer Energo je 2,3 kn/m^3 [4]. U studiji čiji su rezultati prikazani računalo se sa cijenom 2,6 kn/m^3, obzirom da tada cijena još nije bila formirana.
Buduće promjene cijene plina danas je također teško prognozirati. Najave od ovog ljeta ruskog proizvođača plina Gazprom o mogućnosti da cijena plina u Europi dosegne čak 500 USD za 1000 prostornih metara

(dosadašnja cijena je bila 250 USD), kao i činjenica da Hrvatska uvozi oko 40% ukupne potrošnje prirodnog plina [5], ne daju mjesta optimizmu oko održavanja cijene plina na dosadašnjem nivou.

Električna energija. Električnu energiju u Hrvatskoj distribuira za sada jedino HEP. Cijene električne energije prema tarifnom pravilniku HEP, za potrošača na visokom naponu (10 kV) sastoji se iz cijene za radnu snagu, radnu energiju, jalovu energiju i sadrži stalnu mjesečnu naknadu. U višoj sezoni radna snaga se plaćala 53 kn/kW (64,66 kn/kW s PDV-om) a u nižoj 36 kn/kW (43,92 kn/kW s PDV-om). Viša sezona trajala je od listopada do ožujka, a niža sezona od travnja do rujna. Radna energija plaćala se različito ovisno o sezonskim i dnevnim tarifama. U višoj sezoni naknada je bila 0,28 kn/kWh (0,3416 kn/kWh s PDV-om) u višoj dnevnoj tarifi a 0,13 kn/kWh (0,1586 kn/kWh s PDV-om) u nižoj dnevnoj tarifi. U nižoj sezoni naknada je bila 0,26 kn/kWh (0,3172 kn/kWh s PDV-om) u višoj dnevnoj tarifi a 0,12 kn/kWh (0,1342 kn/kWh s PDV-om) u nižoj dnevnoj tarifi. Raspored dnevnih tarifa je takav da je kod zimskog računanja vremena viša dnevna tarifa od 07-21 sat, a niža od 21-07 sati. Kod ljetnog računanja vremena vrijedi VT od 08-22 sata, NT od 22-08 sati. Prema novim informacijama objavljenim na web stranicama HEP-a [6], ukinute su dvije sezone, a naknada za energiju je 0,34 kn/kWh (0,415 kn/kWh s PDV-om) u višoj dnevnoj tarifi a 0,17 kn/kWh (0,207 kn/kWh s PDV-om) u nižoj dnevnoj tarifi, dok se snaga plaća 44,99 kn/kW (54,89 kn/kW s PDV-om).
Struktura proizvodnje električne energije u Hrvatskoj je takva da bi cijena mogla biti manje osjetljiva na promjene cijena nafte jer oko 60% hrvatske proizvodnje energije potječe iz obnovljivih izvora i nuklearne energije (Sl. 6), ali već sada prisutan nedostatak proizvodnih kapaciteta ukazuje na potrebu novih investicija i također ne daje mjesta optimizmu u pogledu cijena električne energije, koje će vjerojatno svojim rastom pratiti porast cijena drugih energenata.



Sl. 6. Struktura hrvatske proizvodnje električne energije 2004. godine

4. Opis i troškovi energije analiziranih sustava

Analizirane su četiri varijante (i dvije podvarijante) sustava čiji se kratak prikaz daje u nastavku.

Sustav varijanta 1: Sustav je prikazan shemom na slici 7. Tu se radi o koncepciji postojećeg sustava s kotlovima i rashladnim uređajem voda - voda s rashladnim tornjem, koji je analiziran radi usporedbe s ostalim sustavima. Na shemi Sl. 7 prikazani su i neovisni sustavi hlađenja centrala koji su bili uzeti u obzir pri analizi. Kao energent za kotlove može se koristiti lož ulje EL ili prirodni plin, a ugradnjom plamenika za kombinirano gorivo može se predvidjeti mogućnost njihovog alternativnog korištenja. U slučaju korištenja plina bila je obzirom na visinu građevine u kojoj je bila dotadašnja kotlovnica potrebna izgradnja nove kotlovnice kao zasebnog objekta. Na slici 7 su prikazana i tri agregata za proizvodnju električne energije pogonjena diesel motorima kao dio sustava. Obzirom da rade samo u slučaju prekida dobave električne energije iz mreže, što je vrlo rijetko, njihova potrošnja goriva je u proračunu troškova zanemarena.

Potrošnja goriva za grijanje izračunata je temeljem poznate potrošnje toplinske energije korištenjem izraza

$$B = \frac{Q}{\eta H_d}. \tag{3}$$

Stupanj djelovanja variran je ovisno o parcijalnim opterećenjima kotlova, a s cijenama pojedinih goriva određeni su troškovi.

Potrošnja energije za hlađenje se računa iz izraza

$$E = \frac{Q_h}{COP_0}, \tag{4}$$

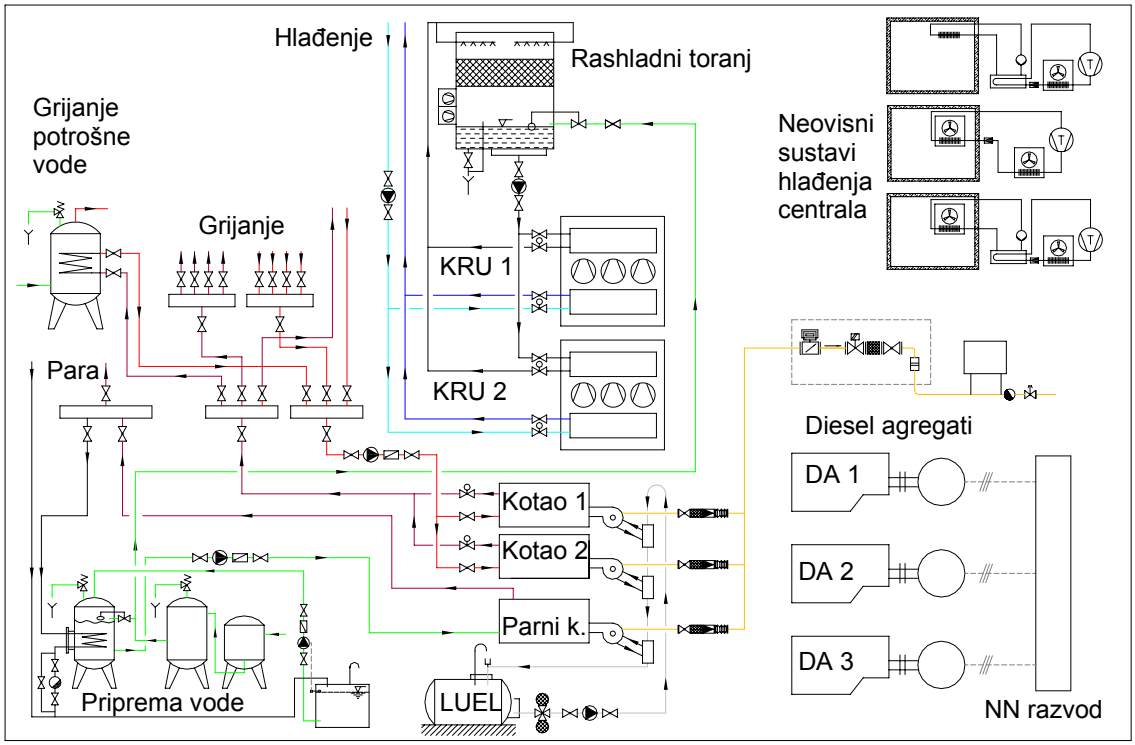
gdje je $COP_0 = COP_g - 1$ faktor hlađenja rashladnog uređaja, odnosno omjer proizvedenog rashladnog učinka i snage utrošene za pogon kompresora. Faktor grijanja COP_g ovisi o temperaturama u procesu, radnoj tvari i konstrukciji rashladnog uređaja i s dovoljnom se točnošću može izračunati koristeći izraz

$$COP_g = \eta_{CW} \frac{T_c}{T_c - T_0} , \tag{5}$$

u kojem je T_c temperatura kondenzacije, a T_0 temperatura isparivanja radne tvari. Korištenjem faktora η_{cw} uzima se u obzir vrsta radne tvari i gubici kod rashladnog uređaja. Taj se faktor može usvojiti s dovoljno točnom vrijednošću izračunatom pomoću izraza

$$\eta_{cw} = 1{,}126 - 0{,}52 \frac{T_c}{T_0} . \tag{6}$$

Temperatura isparivanja T_0 se u sustavima klimatizacije (hlađenje vode u isparivaču na 6-7°C) kreće oko 275 K (2°C), dok temperatura kondenzacije T_c ovisi o načinu hlađenja kondenzatora. Za zrakom hlađene kondenzatore ona će biti za oko 12-15°C viša od temperature okolnog zraka, za slučaj korištenja suhih hladnjaka i vodom hlađenih kondenzatora treba dodati i razlike temperature za prijenos topline u kondenzator i suhom hladnjaku, pa je temperatura kondenzacije uobičajeno za 16-20°C viša od temperature okolnog zraka. Kada se koriste rashladni tornjevi, voda se hladi ishlapljivanjem na nižu temperaturu, pa temperatura kondenzacije ovisi o temperaturi vlažnog termometra, koja je funkcija temperature okolnog zraka i njegove vlažnosti, vrsti i površini rashladnog tornja, optoku vode i vrsti i površini kondenzatora. Bez dublje analize svih ovih faktora, temeljem iskustvenih podataka moglo bi se reći da će prosječne temperature kondenzacije biti oko 20°C više od prosječnih temperatura okolnog zraka. Također, kod nižih vanjskih temperatura, treba zbog ispravnog funkcioniranja uređaja ograničiti tlak (a time i temperaturu) kondenzacije, pa je ovdje usvojeno da temperatura kondenzacije ne može biti niža od 40°C. To znači da će se u stvarnosti javljati temperature kondenzacije i više od 45°C, ali prosječna vrijednost s kojom se izračunava prosječni faktor hlađenja za proračunski mjesec neće prijeći 40°C.



Sl. 7. Shematski prikaz sustava V1

Ukupni godišnji troškovi energije za varijantu 1 izračunati su temeljem simulacije potrošnje energije i cijena energenata i dani su u tablici 1. Kao varijanta 1a označen je slučaj korištenja lož ulja, dok je kao varijanta 1b označen slučaj korištenja prirodnog plina.

Tab 1. Ukupni godišnji troškovi energije i snage za grijanje i hlađenje – varijanta 1

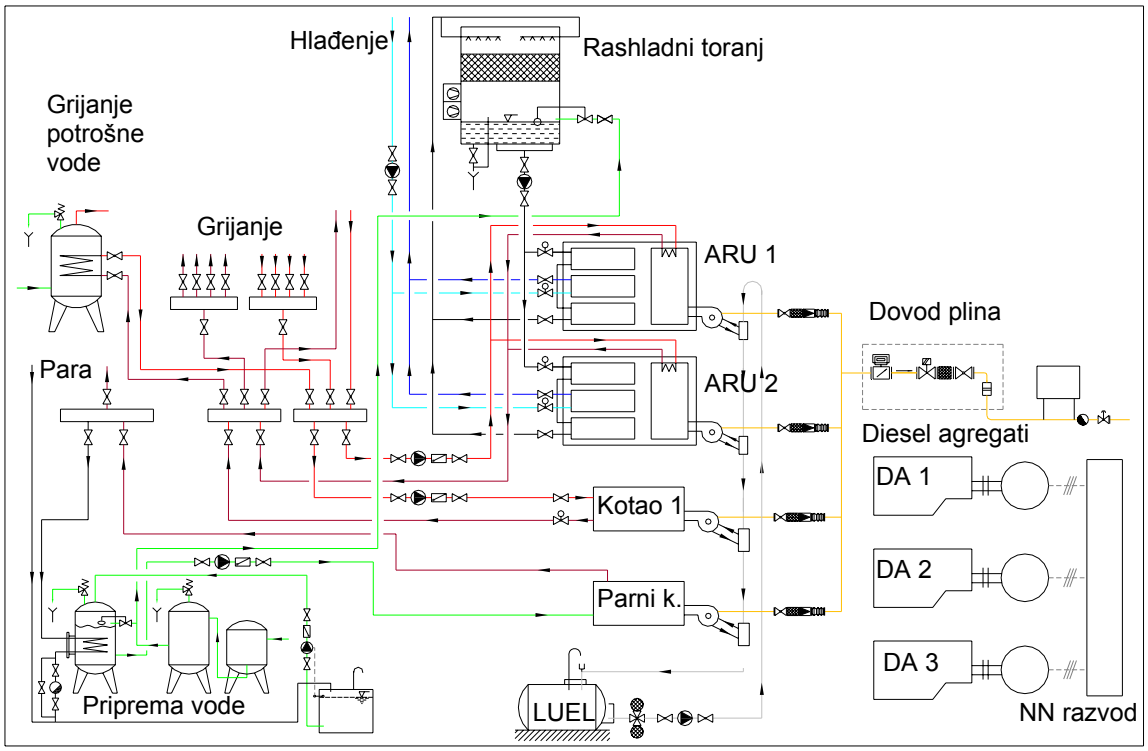
Energent	Troškovi grijanja kn	Troškovi hlađenja kompresijski uređaji kn	Ukupni troškovi kn
Lož ulje (varijanta 1a)	411572	294771	706343
Prirodni plin (varijanta 1 b)	245482	294771	540253

Sustav varijanta 2 - apsorpcijski ili apsorpcijski i kompresijski rashladni uređaji i kotlovi loženi uljem ili plinom

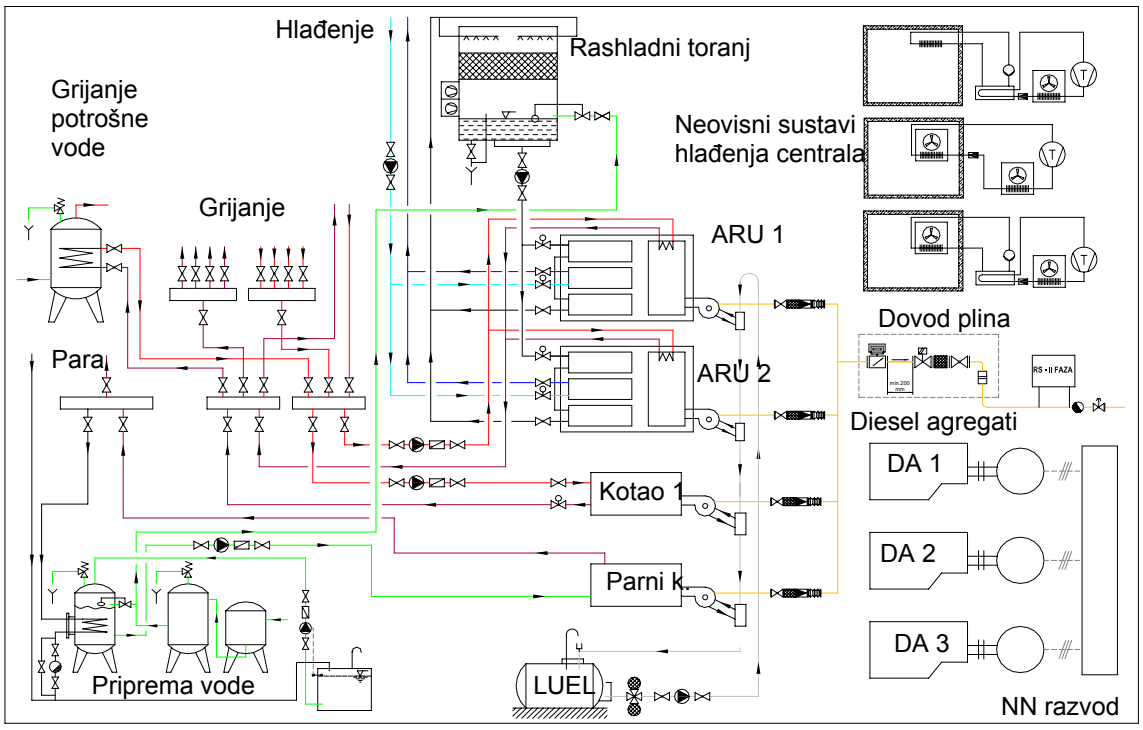
Sustav je prikazan shemama na slikama 8 i 9. Umjesto dva kompresijska rashladna uređaja učinka po 600 kW ugrađuju se dva apsorpcijska rashladna uređaja učinka po 580 kW svaki. Uređaji imaju mogućnost grijanja lož uljem ili plinom. U ovom slučaju nisu potrebna dva toplovodna kotla, već je dovoljan postojeći kotao učinka 750 kW s novim plamenikom, te jedan novi parni kotao, učinka 400 kW, namijenjen za proizvodnju 540 kg/h suhozasićene pare tlaka 1,2 bar za ovlaživanje zraka u klima sustavima. Diesel generatori su također postojeći. Kao i u prvoj varijanti, kao gorivo se može koristiti lož ulje EL ili prirodni plin.

Prva podvarijanta, koju možemo označiti kao varijanta 2a odnosi se na slučaj da se svi rashladni sustavi prebace na hlađenje plinom, što zahtijeva odgovarajuće preinake u svim sustavima potrošnje rashladne energije, te da centralni sustav radi 24 sata dnevno, pri čemu automatika određuje da li će raditi jedan ili drugi apsorpcijski rashladni uređaj ili će oba uređaja raditi istovremeno.

Druga podvarijanta, koju možemo označiti kao varijanta 2b odnosi se na više vjerojatan slučaj, koji odgovara sadašnjem načinu rada postrojenja za hlađenje, a to je da rashladni sustavi koji rade 24 sata dnevno ostanu nepromijenjeni, tj. da se koriste kompresijski uređaji koji su i sada ugrađeni. U tom slučaju centralni sustav ne mora raditi radi 24 sata dnevno, a jedan apsorpcijski rashladni uređaj predstavlja rezervu.



Sl. 8. Shematski prikaz sustava V2a



Sl. 9. Shematski prikaz sustava V2b

Za kompresijske uređaje korišteni su naprijed navedeni izrazi za određivanje potrošnje električne energije i proračun troškova energije. Kod apsorpcijskih rashladnih uređaja određeni su iz podataka proizvođača uređaja toplinski omjeri hlađenja u različitim uvjetima rada. Toplinski omjer hlađenja je omjer rashladnog učinka Q_0 i potrebnog ogrjevnog učinka za pogon uređaja (grijanje generatora) Q_h

$$\varsigma = \frac{Q_0}{Q_h} . \tag{7}$$

Vrijednosti za nominalni omjer hlađenja korigirane su faktorima koji uzimaju u obzir vanjsku temperaturu zraka i parcijalna opterećenja. Temeljem izračunate potrošnje energenata i njihovih cijena određeni su godišnji troškovi energije prikazani u tablicama 2 i 3.

Tab 2. Ukupni godišnji troškovi energije i snage za grijanje i hlađenje – varijanta 2a

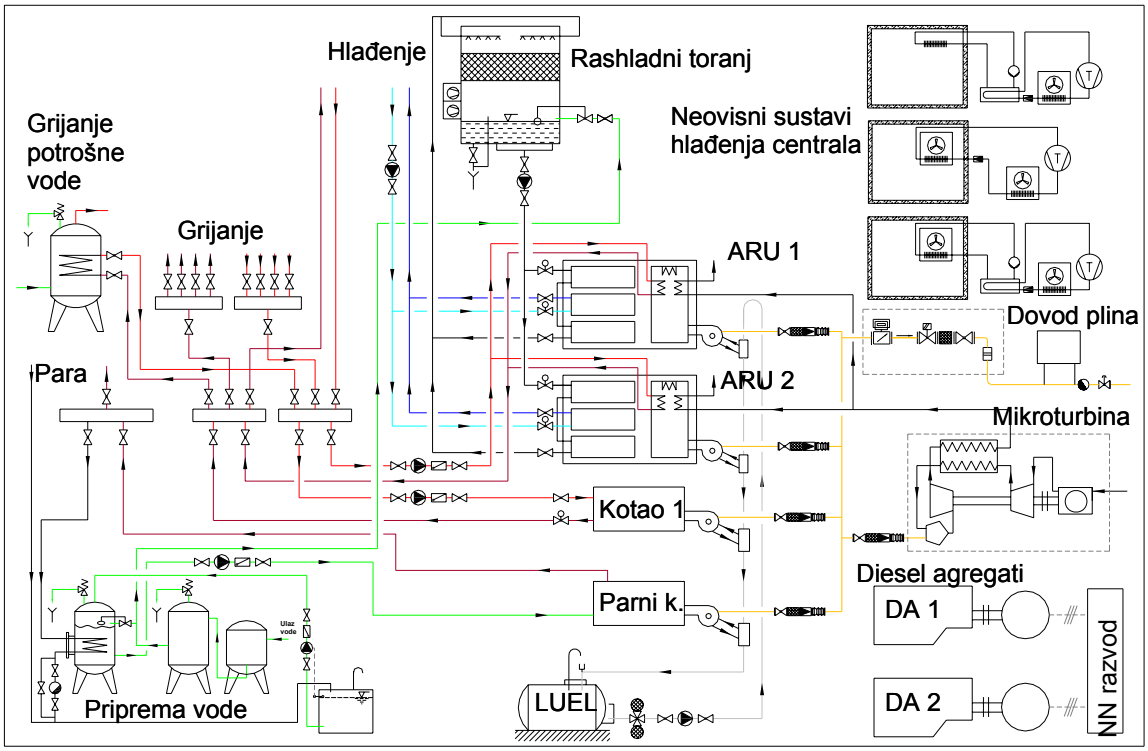
Energent	Troškovi grijanja kn	Troškovi hlađenja kompresijski uređaj kn	Troškovi hlađenja apsorpcijski uređaj kn	Ukupni troškovi kn
Lož ulje	**411572**	**0**	**645680**	**1057252**
Prirodni plin	**245482**	**0**	**385116**	**630598**

Tab 3. Ukupni godišnji troškovi energije i snage za grijanje i hlađenje – varijanta 2b

Energent	Troškovi grijanja kn	Troškovi hlađenja kompresijski uređaj kn	Troškovi hlađenja apsorpcijski uređaj kn	Ukupni troškovi kn
Lož ulje	**411572**	**202153**	**189494**	**803219**
Prirodni plin	**283249**	**202153**	**113023**	**598425**

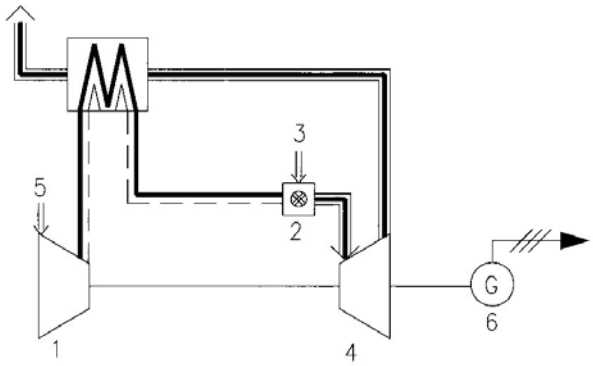
Sustav varijanta 3 - apsorpcijski ili apsorpcijski i kompresijski rashladni uređaji, kotlovi loženi uljem ili plinom i mikroturbinom pogonjeni generatori za proizvodnju električne energije

Sustav je tzv. „trigeneracijski“, namijenjen proizvodnji ogrjevne, rashladne i električne energije, a prikazan je shemom na slici 10. Uz postojeće kompresijske rashladne uređaje namijenjene za hlađenje prostora koji zahtijevaju hlađenje tijekom 24 sata cijele godine, za koje je ukupna snaga za rad kompresora oko 170 kW (rashladni učinak oko 425 kW, gdje nije uzeta u obzir rezerva kapaciteta) ugrađuju se i dva apsorpcijska rashladna uređaja učinka po 580 kW svaki, pri čemu je jedan radni i jedan rezervni. Uređaji imaju mogućnost grijanja lož uljem, plinom ili vrelom vodom temperature 100°C. U ovom slučaju, kao i u varijanti 2a nisu potrebna, ali se kao rezerva mogu ugraditi dva toplovodna kotla učinka 750 kW, te jedan novi parni kotao, učinka 400 kW, namijenjen za proizvodnju 540 kg/h suhozasićene pare za ovlaživanje zraka u klima sustavima. Obzirom da je optimalan način korištenja kogeneracijskog sustava koji se sastoji iz mikroturbine i električnog generatora takav da se sva energija koristi za vlastitu potrošnju, ovdje je predviđena zamjena dijela diesel generatora kogeneracijskim sustavima učinka 260 kVA. Kogeneracijski sustav proizvodi trajno (cjelodnevni rad) električnu energiju za potrebe rada svih klima sustava u građevini. Otpadna toplina se koristi zimi za grijanje, a ljeti za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja (centralni sustav).
Kao i kod varijante 2b, rashladni sustavi koji rade 24 sata sadrže kompresijske rashladne uređaje. Njihovo snabdijevanje električnom energijom je iz kogeneracijskog sustava. U tom slučaju centralni sustav ne mora raditi radi 24 sata dnevno, a jedan apsorpcijski rashladni uređaj predstavlja rezervu i zamjenu za jedan kotao. Kao energent se koristi prirodni plin.

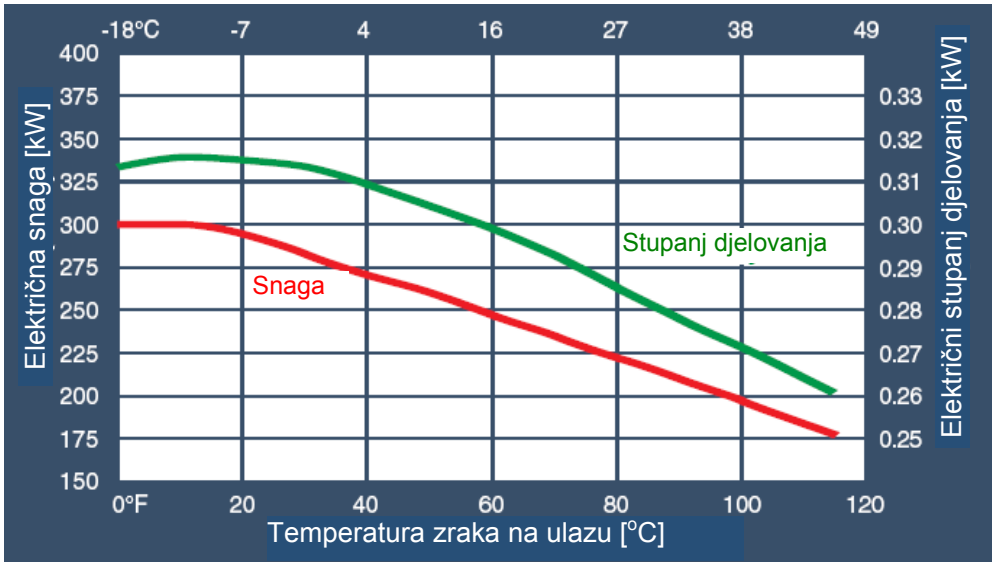


Sl. 10. Shematski prikaz sustava V3

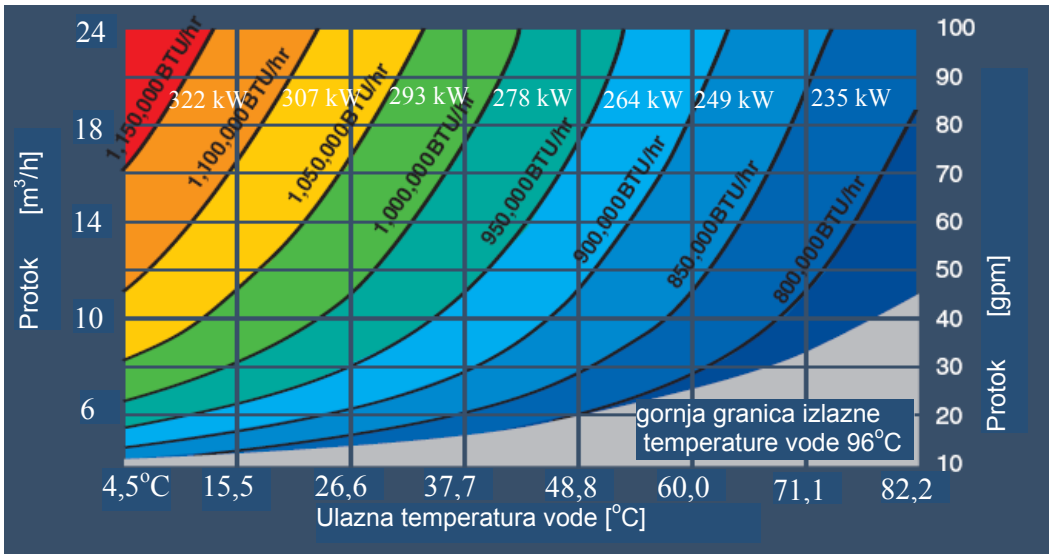
Plinske mikroturbine su mali kogeneracijski sustavi. Na tržištu su na raspolaganju i uređaji snage oko 250 kW, tj. upravo one snage potrebne za razmatranu aplikaciju. Glavne komponente su kompresor, komora za izgaranje, turbina, generator i rekuperator (Sl. 11). Rekuperator služi internom predgrijavanju zraka za izgaranje, čime se ostvaruje relativno visok električni stupanj djelovanja.
Ispušni plinovi na izlazu iz rekuperatora imaju temperaturu oko 250°C, i mogu se koristiti za zagrijavanje vode. Tipični dijagrami koji iskazuju električki i termički stupanj djelovanja jednog ovakvog sustava, čiji je nominalni učinak 250 kW kod ulazne temperature zraka 15°C, dani su na slikama 12 i 13.



Sl.11. Shematski prikaz mikroturbine. 1 - Kompresor, 2 – komora izgaranja, 3 – gorivo (plin), 4 – plinska turbina, 5 - zrak za izgaranje, 6 – generator, 7 – rekuperator



Sl. 12.Učinak i električni stupanj djelovanja mikroturbine učinka 250 kW za različite ulazne temperature zraka

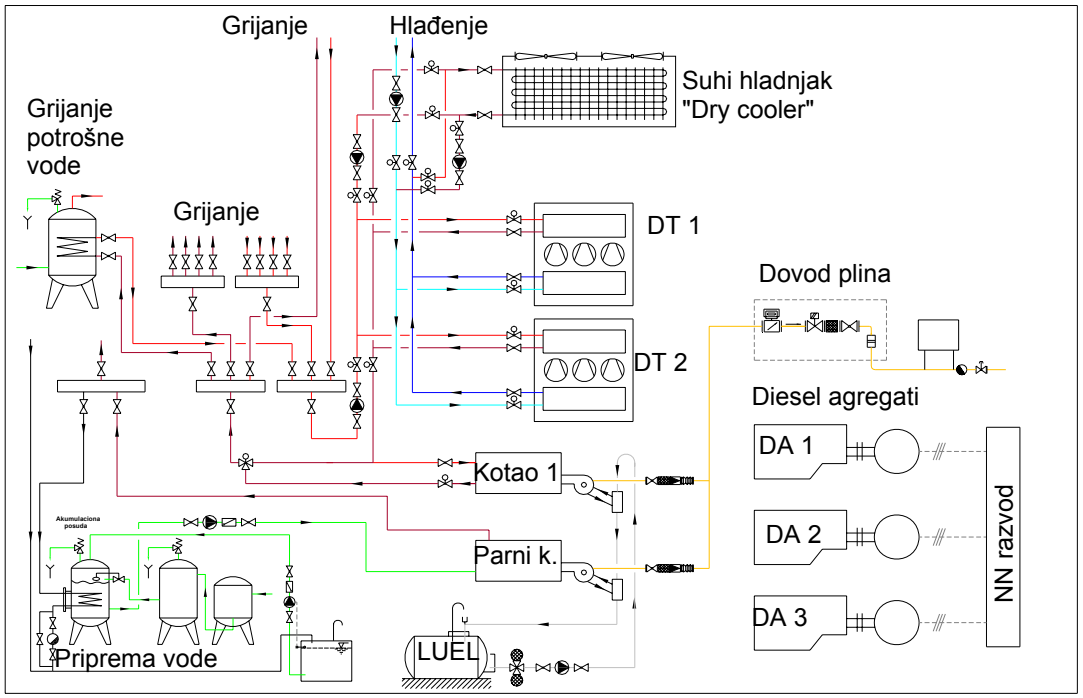


Sl.13. Iskoristiva toplina za različite protoke i ulazne temperature grijane vode u rekuperatoru

Iz prethodnih je dijagrama vidljivo da se može očekivati srednji električni stupanj djelovanja oko 30%, i otprilike jednak termički stupanj djelovanja kod temperature vode na ulazu 70°C i protoka oko 12 m^{3}/h, što uz iskorištenu toplinu od 250 kW daje izlaznu temperaturu vode od oko 88°C. Voda ovakve temperature ne može se iskoristiti za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja, ali je njena temperatura dovoljno visoka da se iskoristi za potrebe grijanja.
Potrebna ulazna energija plina je za taj slučaj oko 833 kW, a kako se iskorištava 250 kW električne i 250 kW termičke energije, ukupni je stupanj djelovanja 60%.
Ukoliko želimo toplinu ispušnih plinova iskoristiti za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja, to zbog temperatura vode limitiranih tehničkim uvjetima gradnje uređaja ne bi bilo moguće provesti korištenjem vode kao prijenosnika topline između ispušnih plinova i generatora apsorpcijskog uređaja, jer je za njega potrebna temperatura vrele vode od oko 180°C. U tom slučaju bilo bi potrebno provesti ispušne plinove kroz generator, što bi zahtijevalo nešto više prostora za odgovarajući smještaj kanala za plin. Potrebna temperatura ispušnih plinova za rad apsorpijskog rashladnog uređaja kreće se oko 500°C, što odgovara temperaturi ispušnih plinova na izlazu iz mikroturbine (nakon rekuperatora).
Ugradnjom mikroturbine smanjeni su troškovi za električnu energiju koja se sad ne nabavlja i oni su odbijeni od ukupnog troška. Ukupna angažirana snaga smanjena je za 250 kW, a godišnja potrošnja elektroenergije iz mreže za 2190000 kWh. Iako se kogeneracijski i trigeneracijski sustavi smatraju opravdanima, troškovi ovako koncipiranog sustava nadilaze troškove svih ranije analiziranih sustava.
To je ustvari pokazatelj da je cijena električne energije na tržištu toliko niska da je još uvijek sustav s energetski učinkovitim kotlom i kompresijskim rashladnim uređajima pogonjenim električnom energijom uz opskrbu iz mreže povoljniji s gledišta troškova od trigeneracijskog sustava.
Stvarni troškovi sustava V3 se mogu iskazati kao sumarni trošak za dobavu plina umanjen za uštedu zbog smanjene dobave električne energije i iznose ***T* = 1507244 kn**. Ovaj se trošak odnosi na slučaj korištenja prirodnog plina kao energenta, jer druge varijante nisu ni u kojem slučaju povoljne. Vidi se da je već u potrošnji energije ovaj trošak veći nego li je to trošak za pogon sustava grijanja i klimatizacije u ranije analiziranim varijantama.

Sustav varijanta 4 – kompresijske dizalice topline za grijanje i hlađenje

Logičnim se čini u objektima kao što su telefonske centrale i slični objekti iskoristiti toplinu koju oslobađaju elektronički uređaji. Za to je pogodna primjena dizalica topline. Toplina dobivena hlađenjem telefonskih centrala u zimskom razdoblju može se iskoristiti za grijanje perifernih dijelova objekta u kojima su smještene kancelarije i ostali prostori u kojima boravi osoblje. Da bi se to moglo ostvariti, potrebno je sve sustave grijanja u objektu izvesti kao niskotemperaturne sustave grijanja, dakle s temperaturama vode u polazu grijanja nižim od 55°C. Kako su kod dizalica topline uobičajene razlike temperature polaza povrata tople vode oko 10°C, tu je grijanje toplom vodom 55/45°C uobičajeni način, za razliku od sustava 90/70°C za koji se projektiraju toplovodne kotlovnice. Obzirom na manju razliku temperatura (10°C umjesto 20°C) za prilagodbu na rad s dizalicom topline trebalo bi u postojećim objektima s već izgrađenom mrežom za distribuciju topline najčešće izmijeniti sustav distribucije tople vode (cjevovode, crpke), ali bi također trebalo zamijeniti i toplinske izmjenjivače u sustavima klimatizacije te radijatore instalirane u prostorijama. Zamjena ventilatorskih konvektora ne bi bila potrebna, jer su oni obično projektirani za niskotemperaturni sustav grijanja, ali bi trebalo provesti kontrolu njihovog učinka, obzirom da bi bilo potrebno prijeći na punjenje sustava glikolnom smjesom, s kojom je prijelaz topline lošiji nego kod korištenja vode kao medija za transport topline. Postojeći neovisni sustavi hlađenja (za centrale i ostale sadržaje koji se hlade 24 sata dnevno) morali bi se povezati na centralni sustav hlađenja ili bi pored hlađenja neovisnim sustavima trebalo osigurati i paralelno hlađenje korištenjem centralnog sustava.
Takav sustav za analizirani objekt sadrži dvije kompresijske dizalice topline, a kao rezerva kapaciteta predviđen je postojeći toplovodni kotao. Također je predviđen i parni kotao za ovlaživanje. Postojeći elektroagregati se ne mijenjaju. Principijelna shema prikazana je na slici 14.
Da bi se uravnotežila bilanca energije potrebne za rad dizalica topline (osiguran dovoljan izvor topline u režimu grijanja) potrebno je u sustavu predvidjeti ugradnju suhog hladnjaka (dry cooler), koji pored toga što zamjenjuje rashladni toranj u ljetnom radu (odavanje topline na okolni zrak ljeti), služi za preuzimanje potrebne topline od okolnog zraka zimi. Sustav cjevovoda trebalo bi napuniti glikolnom smjesom kako bi se izbjeglo smrzavanje vode u suhom hladnjaku.



Sl.14. Principijelna shema sustava – varijanta 4

Izračunate su potrošnje električne energije i enrgije plina za razmatranu varijantu, vodeći računa o parcijalnim opterećenjioma, dinamici rada rashladnih uređaja (dio topline koja nastaje kao posljedica hlađenja ne može se iskoristiti jer npr. u noći, u vrijeme hlađenja sustava koji rade 24 sata dnevno nema potrebe za grijanjem objekta), te o kapacitetu dizalica topline koje su odabrane tako da zadovolje hlađenje, pa u nekim trenucima treba provesti grijanje plinskim kotlovima. S cijenama energenata određeni su opet ukupni troškovi koji su prikazani u Tab. 4.

Tab 4. Ukupni godišnji troškovi energije i snage za grijanje i hlađenje MTTC Kozala – varijanta 4

	Troškovi plina kn	Troškovi za električnu energiju kn	Ukupni troškovi kn
Prirodni plin	**141750**	**312771**	**454521**

U varijanti 4 ukupni godišnji troškovi energije iznose 454521 kn/god, što je manje nego u slučaju korištenja kompresijskih rashladnih uređaja i loženja plinom po varijanti 1, gdje su ti troškovi iznosili 540253 kn/god.

5. Troškovi gradnje analiziranih sustava

Oprema i radovi na obnovi rashladne stanice i kotlovnice, obnovljene prema varijanti 1 s predviđenim korištenjem plina kao goriva uključivali bi dva nova kompresijska rashladna uređaja učinka po 600 kW svaki, novi rashladni toranj za ukupni učinak kondenzacije, novi toplovodni kotao učinka 720 kW, novi parni kotao učinka oko 450 kW, kombinirane plamenike (lož ulje – plin) za sve kotlove, sustave dobave plina i lož ulja, nove grupu crpki isparivača, kondenzatora, kruga grijanja i kruga hlađenja, uređaj za omekšavanje vode, uređaj za održavanje tlaka u sustavu, automatiku, cjevovode, izolaciju i armaturu (zapornu, sigurnosnu, regulacijsku). Za varijantu 1, procjenjuje se investicija u strojarske termotehničke instalacije s pripadajućom automatikom i elektroinstalacijama na vrijednost 3.700.000,00 kn bez PDV-a, odnosno 4.514.000,00 s PDV-om. (varijanta 1b).

Varijanta 2a uključuje dva nova apsorpcijska rashladna uređaja učinka po oko 600 kW svaki, komplet s rashladnim tornjevima i kombiniranim plamenicima na lož ulje i plin, novi parni kotao učinka oko 450 kW, kombinirane plamenike (lož ulje – plin) za parni i postojeći toplovodni kotao, sustave dobave plina i lož ulja,

novu grupu crpki isparivača, krugova grijanja i hlađenja, uređaj za omekšavanje vode, uređaj za održavanje tlaka u sustavu, automatiku, cjevovode, izolaciju, armaturu (zapornu, sigurnosnu, regulacijsku) i dodatne preinake na sustavima hlađenja koji rade 24 sata, kako bi se isti osposobili i za hlađenje iz centralnog sustava. Za varijantu 2a, procjenjuje se investicija u strojarske termotehničke instalacije s pripadajućom automatikom i elektroinstalacijama na vrijednost 5.500.000,00 kn bez PDV-a, odnosno 6.710.000,00 s PDV-om.

Varijanta 2b uključuje dva nova apsorpcijska rashladna uređaja učinka po 580 kW svaki, komplet s rashladnim tornjevima i kombiniranim plamenicima na lož ulje i plin (radni i rezervni), novi parni kotao učinka oko 450 kW, novi rezervni toplovodni kotao učinka 720 kW, kombinirane plamenike (lož ulje – plin) za parni, novi i postojeći toplovodni kotao, sustave dobave plina i lož ulja, nove grupu crpki isparivača, kruga grijanja i hlađenja, uređaj za omekšavanje vode, uređaj za održavanje tlaka u sustavu, automatiku, cjevovode, izolaciju i armaturu (zapornu, sigurnosnu, regulacijsku). Postojeći kompresijski rashladni sustavi za 24 satni rad se ne mijenjaju i ostaju neovisni o centralnom sustavu. Za varijantu 2b, procjenjuje se investicija u strojarske termotehničke instalacije s pripadajućom automatikom i elektroinstalacijama na vrijednost 5.000.000,00 kn bez PDV-a, odnosno 6.100.000,00 s PDV-om.

Varijanta 3 uključuje dva nova apsorpcijska rashladna uređaja učinka po 580 kW svaki, komplet s rashladnim tornjevima i kombiniranim plamenicima na lož ulje i plin (radni i rezervni), te mogućnošću korištenja topline ispušnih plinova iz mikroturbine, novi parni kotao učinka oko 450 kW, sustav korištenja topline ispušnih plinova mikroturbine, kombinirane plamenike (lož ulje – plin) za parni i postojeći toplovodni kotao, sustave dobave plina i lož ulja, nove grupe crpki isparivača, krugova grijanja i hlađenja, uređaje za omekšavanje vode i održavanje tlaka, automatiku, cjevovode, izolaciju i armaturu. Za varijantu 3, procjenjuje se investicija u strojarske termotehničke instalacije s pripadajućom automatikom i elektroinstalacijama na vrijednost 6.800.000,00 kn bez PDV-a, odnosno 8.296.000,00 s PDV- om.

Varijanta 4 uključuje dvije nove kompresijske dizalice topline, rashladnog učinka po 600 kW, suhe hladnjake za izmjenu topline s okolinom, novi parni kotao učinka oko 450 kW, kombinirane plamenike (lož ulje – plin) za sve kotlove, sustave dobave plina i lož ulja , nove grupe crpki isparivača, kondenzatora, krugova grijanja i hlađenja, uređaje za omekšavanje vode i održavanje tlaka, automatiku, cjevovode, izolaciju i armaturu, prilagodbu radijatorskog grijanja za rad u niskotemperaturnom sustavu (zamjena radijatora i cijevne mreže) i rilagodbu klima komora za rad u niskotemperaturnom sustavu (zamjena grijača i regulacijske armature).
Za varijantu 4, procjenjuje se investicija u strojarske termotehničke instalacije s pripadajućom automatikom i elektroinstalacijama na vrijednost 5.900.000,00 kn bez PDV-a, odnosno 7.198.000,00 s PDV- om.

6. Ukupni godišnji troškovi

6.1. Statička metoda proračuna ukupnih troškova [7]

Troškovi gradnje i kapitala kod statičke metode računaju se kao

$$K_{k0} = \frac{I}{n_b} \ , \tag{7}$$

gdje je n_b (god) vrijeme razmatranja, tj. trajanja postrojenja, a I investicija.

Troškovi vezani na potrošnju su troškovi goriva, električne energije, pomoćnog materijala i eventualni troškovi vezani na održavanje sustava za opskrbu energijom, a ovdje se izračunavaju za prvu godinu i iznose K_{E0}.

U troškove vezane na pogon spadaju troškovi održavanja, popravaka, upravljanja pogonom, osiguranje i sl. Računaju se kao i troškovi potrošnje s izračunatom vrijednošću za prvu godinu K_{B0}.

Za varijantu 1, varijantu 1a, varijantu 3 i varijantu 4 sustava usvojeno je da godišnji troškovi pogona iznose 3% vrijednosti investicije, dok je za varijante 2a i 2b usvojeno da su ovi troškovi 2% vrijednosti investicije.

Ukupni troškovi izračunavaju se kao suma navedenih troškova

$$K_0 = K_{K0} + K_{E0} + K_{B0} \ . \tag{8}$$

6.2. Dinamička metoda proračuna ukupnih troškova [7]

Troškovi kapitala. Izabere li se godina investiranja kao bazna, i usvoji vrijeme n_b (god) kao vrijeme razmatranja, a vrijeme L (god) kao vrijeme trajanja opreme, mogu se kod proračuna po dinamičkoj metodi dobiti godišnji troškovi kapitala kao produkt ukupne investicije I i faktora anuiteta a pomoću izraza

$$K_k = Ia \,. \tag{9}$$

Pri tome je

$$a = \frac{q^{n_b}(q-1)}{q^{n_b}-1} \tag{19}$$

i

$$q = 1 + \frac{p}{100} \,, \tag{11}$$

gdje je p godišnja kamatna stopa. Nadilazi li vrijeme trajanja postrojenja L vrijeme za koje se provodi razmatranje n_b, treba uzeti u obzir ostatak vrijednosti, pa vrijedi

$$K_k = I(1-r)a \,. \tag{12}$$

Pri tome je faktor ostatka vrijednosti

$$r = \frac{L-n_b}{L}\left(\frac{k_{ew}}{q}\right)^{n_b} \,. \tag{13}$$

Faktor $k_{ew} = 1 + \frac{e_w}{100}$ je faktor porasta cijene kod ponovne nabave uređaja (e_w je godišnji porast u %).

Gornjim se izrazima dobiva ukupna vrijednost kapitala, tj. investicije i kamata, podijeljena s vremenom razmatranja.

Za konkretno razmatranje usvojeno je $p = 7\,\%$, $q = 1{,}07$, $n_b = 15$ godina za sve uređaje osim apsorpcijskih rashladnih uređaja, $L = 25$ godina za apsorpcijske rashladne uređaje, $a = 0{,}09203$, $e_w = 10\,\%$, $k_{ew} = 1{,}1$, $r = 0{,}6056$.

Troškovi vezani na potrošnju izračunavaju se kao

$$K_E = K_{E0}\, d\, a \,. \tag{14}$$

K_{E0} su troškovi vezani na potrošnju u prvoj godini, dok je produkt da faktor porasta cijena. Pri tome je diskontni faktor

$$d = \frac{q^{n_b} - k_e^{n_b}}{q^{n_b}(q-k_e)} \tag{15}$$

i anuitetni faktor

$$a = \frac{q^{n_b}(q-1)}{q^{n_b}-1} \,. \tag{16}$$

k_e je faktor porasta cijene troškova vezanih na potrošnju, pri čemu je

$$k_e = 1 + \frac{k}{100} \,. \tag{17}$$

Za konkretno razmatranje usvojene su sljedeće vrijednosti: $k = 4\,\%$, $k_e = 1{,}04$, $d = 11{,}5751$, $da = 1{,}065$.

Troškovi vezani na pogon računaju se kao i troškovi potrošnje pomoću izraza

$$K_B = K_{B0}\, d\, a \,. \tag{18}$$

Ukupni troškovi izračunavaju se kao suma pojedinih troškova (19). Među analiziranim sustavima, onaj s najnižim ukupnim troškovima možemo smatrati najpovoljnijim s ekonomskog gledišta.

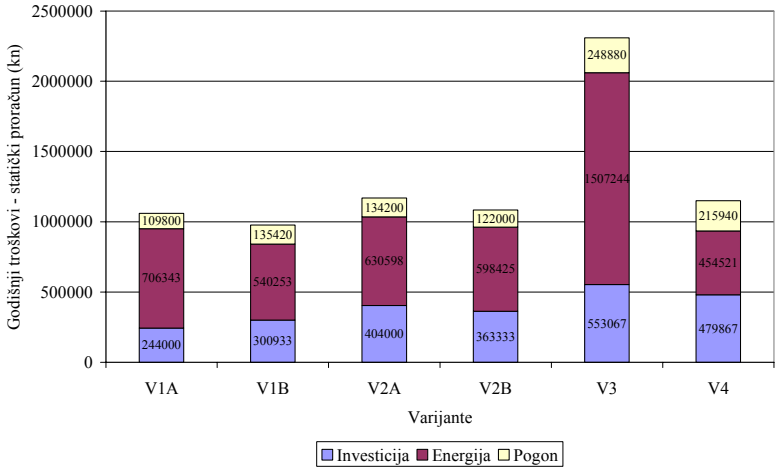
$$K = K_K + K_E + K_B \ . \tag{19}$$

6.3. Usporedba ukupnih troškova analiziranih varijanti

Analizom ukupnih rezultata prethodnih razmatranja, koristeći statičku metodu slijede rezultati ukupnih troškova prikazani u tablici 5.

Tab. 5. Struktura ukupnih godišnjih troškova – statički proračun

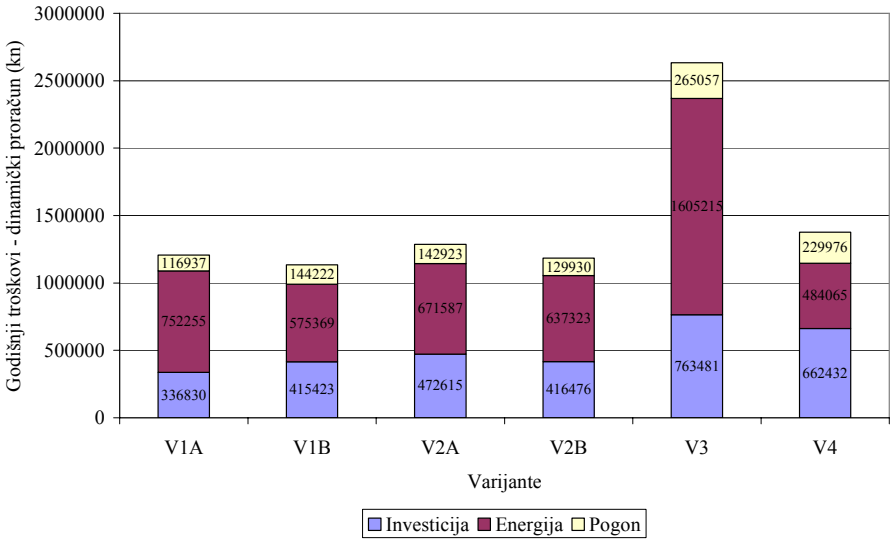
	V1A	V1B	V2A	V2B	V3	V4
Investicija I (kn)	3660000	4514000	6710000	6100000	8296000	7198000
Troškovi za investiciju K_{K0} (kn)	244000	300933	404000	363333	553067	479867
Troškovi za energiju K_{E0} (kn)	706343	540253	630598	598425	1507244	454521
Troškovi pogona K_{B0} (kn)	109800	135420	134200	122000	248880	215940
UKUPNI TROŠKOVI K_0 (kn)	1060143	976606	1168798	1083758	2309191	1150328



Sl. 15. Struktura ukupnih godišnjih troškova – statički proračun

Tab. 6. Struktura ukupnih godišnjih troškova – dinamički proračun

	V1A	V1B	V2A	V2B	V3	V4
Investicija I (kn)	3660000	4514000	6710000	6100000	8296000	7198000
Troškovi za investiciju K_K (kn)	336830	415423	472615	416476	763481	662432
Troškovi za energiju K_E (kn)	752255	575369	671587	637323	1605215	484065
Troškovi pogona K_B (kn)	116937	144222	142923	129930	265057	229976
UKUPNI TROŠKOVI K (kn)	1206022	1135015	1287124	1183729	2633753	1376473



Sl. 16. Struktura ukupnih godišnjih troškova – dinamički proračun

7. Zaključak

Kao što se iz tablica 5 i 6, te slika 15 i 16 vidi, kao ekonomski najpovoljniji pokazuju se sustav prema varijanti V1b – kotlovnica ložena plinom i kompresijski rashladni uređaji pogonjeni električnom energijom, te sustav prema varijanti V2b – kotlovnica ložena plinom, apsorpcijski rashladni uređaj za centralne sustave i postojeći kompresijski rashladni uređaji za sustave hlađene tijekom 24 sata dnevno. Analiza koja uzima u obzir i porast cijena energije s konzervativno usvojenim postotkom od 4% godišnje daje veću prednost korištenju apsorpcijskih rashladnih uređaja nego što je to u slučaju analize s vrijednostima u prvoj godini.
Što se tiče emisija štetnih tvari, može se reći da je prednost na strani korištenja apsorpcijskih rashladnih uređaja, jer se emisije štetnih tvari korištenjem apsorpcijskog rashladnog uređaja loženog prirodnim plinom smanjuju u usporedbi s kompresijskim rashladnim uređajem za koji se električna energija proizvodi u elektrani loženoj lož uljem za sljedeće iznose: SO_2 za 100%, NO_x za 44%, CO_2 za 23% i lebdeće čestice za 94%.
Radna tvar koju koriste apsorpcijski rashladni uređaji koji rade sa smjesom LiBr – H_2O je voda. Ova radna tvar nije štetna po okoliš, i njezin je potencijal razgradnje ozona („Ozone Depletion Potential“) ODP = 0 te potencijal globalnog zagrijavanja („Global Warming Potential“) GWP = 0. Time voda kao radna tvar nije i neće biti obuhvaćena bilo kakvim odredbama Montrealskog protokola i nastavnih amandmana.
Nasuprot tome, bilo koja od danas korištenih radnih tvari kompresijskih rashladnih uređaja (osim amonijaka, NH_3) može u budućnosti doći pod udar zakonske regulative, obzirom da i zamjenske radne tvari (HFC – hydrofluorocarbons) imaju visok GWP.
Iz svih navedenih razloga u studiji je konačno predloženo korištenje prirodnog plina kao energenta za grijanje (kotlovi loženi plinom) i hlađenje (apsorpcijski rashladni uređaji) razmatranog objekta kao ekonomski i ekološki najprihvatljivije rješenje (varijanta 2b).

8. Literatura

[1] Pavković, B., Jelušić, K., Peran, M.: Ocjena stanja, energetska studija i idejni projekt strojarskih termotehničkih instalacija kotlovnice i rashladne stanice objekta MTTC Kozala - Rijeka, Tehnički fakultet u Rijeci, 2006.
[2] Recknagel, H. Sprenger, E., Hönmann, V.; *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, R. Oldenbourg Verlag, München, 1985.
[3] http://www.ina.hr
[4] http://www.energo.hr
[5] MINGORP RH: *Energija u Hrvatskoj 2006* - Kratki pregled, Zagreb 2006.
[6] http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx
[7] Von Cube, H.L.(Hrsg.): *Handbuch der Energiespartechniken*, Bd. 1, 2 und 3, Verlag C. F.Müller, Karlsruhe 1983.

Antun Galović*
Marija Živić**

Analiza procesa izgaranja prirodnog plina uzorka ''Osijek''

Sažetak

U radu se prikazuje adijabatska temperatura izgaranja, efikasnost ložišta, volumen dimnih plinova, masa nastalog ugljik dioksida i temperatura rosišta dimnih plinova prirodnog plina razmatranog uzorka, u ovisnosti o volumenskom (molnom) udjelu ugljik monoksida u suhim dimnim plinovima i faktoru pretička zraka. Molni udio ugljk monoksida u dimnim plinovima variran je od 0 do 5%, dok faktor pretička zraka varira od 1 do 2. Volumen dimnih plinova izražen je u m^3 po m^3 prirodnog plina, dok je masa CO_2 dana u kg po m^3 prirodnog plina. Na taj se način iz očitane potrošnje prirodnog plina trošila može lako izračunati volumen dimnih plinova kao i masa CO_2, koji su od trošila kroz dimnjak ispušteni u atmosferu.

Analysis of a natural gas combustion process of the sample ''Osijek''

In this paper the adiabatic combustion temperature, effectiveness of a combustion chamber, mass of produced carbon dioxide, the volume and the dew-point temperature of the sample of combustion gases as a function of the mole fraction of the carbon monoxide in dry combustion gases and the excess air are presented. Mole fraction of CO in products is varied in the range 0 - 5%, while the excess air is varied from 1 to 2. Volume of the combustion gases is expressed in m^3 per m^3 of natural gas, while the mass of CO_2 is given in kg per m^3 of natural gas. In that way, from the meter reading of natural gas consumption it is possible to easy calculate the volume of combustion gases and the mass of CO_2 that are emitted from the appliance through chimney in the atmosphere.

1 Uvod

U posljednje se vrijeme vrši snažna plinofikacija u Republici Hrvatskoj. Stoga, mnoga domaćinstva koriste prirodni plin za potrebe kuhanja, zagrijavanja stambenih objekata i za potrebe potrošne tople vode. I pored toga što korištenje prirodnog plina za navedene potrebe pokazuje dobru energijsku učinkovitost s jedne, odnosno, ekološku prihvatljivost s druge strane, ipak procesom izgaranja prirodnog plina odlazi u atmosferu i nepoželjan stakleнički plin ugljik dioksid. Ovim se radom upravo kvantificira energijska učinkovitost, volumen nastalih dimnih plinova, masa ispuštenog ugljik dioksida kao i temperatura rosišta dimnih plinova za trošila koja koriste naznačeni prirodni plin. U radu se razmatra kako potpuno tako i nepotpuno izgaranje prirodnog plina.

2 Prikaz algoritma proračuna

Proračun polazi od zadanog sastava, zadane ogrjevne vrijednosti i ostalih fizikalnih veličina prirodnog plin koje prikazuje donja tablica. Podaci iz tablice su dobiveni laboratorijskom analizom prema propisanim normama. [1]

Tablica 1 Sastav razmatranog prirodnog plina

Sudionici u gorivu	**Maseni sastav %**	**Molni sastav y_{iG}%**
N_2	3,75	2,23
CO_2	0,57	0,21
C_1	92,58	96,0
C_2	2,50	1,38
C_3	0,22	0,08
i - C_4	0,05	0,01
n - C_4	0,09	0,03
i - C_5	0,03	0,01
n - C_5	0,13	0,03
C_{6+}	0,07	0,01

Svojstva razmatranog prirodnog plina

Gornja ogrjevna vrijednost:	37,397	MJ/m^3 (15°C)
Donja ogrjevna vrijednost:	33,687	MJ/m^3 (15°C)
Molarna masa:	16,635	kg/kmol
Gustoća:	0,7051	kg/m^3 (15°C)
Relativna gustoća:	0,5763	(zrak = 1)
Specifična plinska konstanta	499,80	J/(kgK)

Iz zadanog sastava goriva oblika C_xH_y najprije se računa minimalna količina kisika, [2]

$$O_{\min} = \sum_i y_{i\_g}\left(x_i + \frac{y_i}{4}\right), \quad x_i=1,2,3; \quad y_i = 4,6,8; \tag{1}$$

odnosno stvarna količina zraka za izgaranje

$$Z_{stv} = \lambda \frac{O_{\min}}{0,21} \tag{2}$$

Kako se udjeli CO i CO_2 odnose na suhe dimne plinove, može se lako doći do sljedeće jednadžbe:

$$n_{sdp} = \frac{x + O_{\min}\left(4,76\lambda - 1\right) + y_{N_2\_g} + y_{CO_2\_g}}{1 - 0,5\, y_{CO\_dp}} \tag{3}$$

gdje je $x = \sum_i x_i\, y_{i\_g}$

Kada je poznat n_{sdp}, računaju se količine svih sudionika koji se javljaju u vlažnim dimnim plinovima prema sljedećim jednadžbama

$$\begin{aligned} n_{CO} &= y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} \\ n_{CO_2} &= x + y_{CO_2\_g} - y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} \\ n_{O_2} &= 0,5 \cdot y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} + (\lambda - 1) O_{min} \\ n_{N_2} &= 3,76 \cdot \lambda \cdot O_{min} + y_{N_2\_g} \\ n_{H_2O} &= y/2 \end{aligned} \qquad (4)$$

gdje je $y = \sum_i y_i \cdot y_{i\_g}$

Zbrajanjem lijevih i desnih strana jed.(4) dobije se količina dimnih plinova izražena u kilomolima vlažnih dimnih plinova po kilomolu prirodnog plina:

$$n_{vdp} = x + 0,5 \cdot y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} + O_{min} (4,76 \cdot \lambda - 1) + y/2 + y_{N_2\_g} + y_{CO_2\_g} \qquad (5)$$

Da bi se gornja jednadžba prevela na mjernu jedinicu m^3/m^3, tj. na metre kubne vlažnih dimnih plinova po metru kubnom prirodnog plina, potrebno je specificirati tlak i temperaturu za koje se računaju volumeni prirodnog plina odnosno dimnih plinova. Za dimne plinove uzeta je temperatura 160 ^oC i tlak 1 bar, a za prirodni plin temperatura 15 ^oC i tlak 1,015 bar[1]. Za ta toplinska stanja molarni volumen dimnih plinova iznosi 36 m^3/kmol, a molarni volumen prirodnog plina je 23,94 m^3/kmol. Koristeći te vrijednosti i jed.(3) dobiva se izraz za volumen dimnih plinova izražen po m^3 prirodnog plina:

$$V_{vdp} = 1,503 \cdot \left(x + 0,5 \cdot y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} + O_{min} (4,76 \cdot \lambda - 1) + y/2 + y_{N_2\_g} + y_{CO_2\_g} \right) \qquad (6)$$

Masa ugljičnog dioksida izražena u kilogramima ugljičnog dioksida po m^3 prirodnog plina računa se prema sljedećoj jednadžbi

$$\begin{aligned} m_{CO_2} &= 1,838 \cdot \left(x + y_{CO_2\_g} - y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} \right) \\ m_{CO_2} &= 1,838 \cdot \left(x + y_{CO_2\_g} - y_{CO\_dp} \cdot \frac{x + O_{min} (4,76\lambda - 1) + y_{N_2\_g} + y_{CO_2\_g}}{1 - 0,5\, y_{CO\_dp}} \right) \end{aligned} \qquad (7)$$

Temperatura kondenzacije vodene pare računa se prema liniji napetosti kapljevina - para, koja za vodu ima sljedeći oblik, [3]
1

$$p_{H_2O} = p_0 \cdot \exp\left(\frac{r}{R_{H_2O} T_0} \left(1 - \frac{T_0}{T_{kond}} \right) \right) \qquad (8)$$

Za vodu pojedine veličine imaju sljedeće numeričke vrijednosti: p_0 = 0,01 bar; T_0 = 280,13 K; R_{H2O} = 0,462 kJ/(kgK) i r = 2485 kJ/kg. Iz gornje jednadžbe moguće je izravno odrediti

[1] Tlak je izračunat prema zadanoj temperaturi i gustoći promatranog prirodnog plina

temperaturu kondenzacije budući da se parcijalni tlak vodene pare u dimnim plinovima računa prema jednadžbi:

$$p_{H_2O} = y_{H_2O}\, p_{vdp} = \frac{n_{H_2O}}{n_{vdp}} \cdot p_{vdp} \tag{9}$$

gdje je za ukupni tlak vlažnih dimnih plinova uzeta vrijednost 1 bar.

Iz jednadžbe (8) eksplicitno se može izraziti temperatura kondenzacije(zasićenja) vodene pare:

$$T_{kond} = \frac{T_0}{1 - \frac{R_{H_2O} T_0}{r} \ln \frac{p_{H_2O}}{p_0}} \tag{10}$$

Adijabatska temperatura izgaranja, uz zanemarenje ulazne osjetne topline prirodnog plina i zraka za izgaranje, računa se na sljedeći način:

$$\vartheta_{ad} = \frac{\Delta H_m\left(0^oC\right) - y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} \cdot \left(\Delta H_m\left(0^oC\right)\right)_{CO}}{n_{vdp} \sum_i y_i \left[C_{mpi}\right]_0^{\vartheta_{ad}}} \tag{11}$$

U gornjoj jednadžbi veličine $\Delta H_m\left(0^oC\right)$ i $\Delta H_m\left(0^oC\right)_{CO}$ označuju molarne ogrjevne vrijednosti prirodnog plina i ugljik- monoksida koje iznose 794,74 odnosno 283,26 MJ/kmol. Vidi se da jed.(11) zahtijeva iteracijski postupak rješavanja, budući da molarni toplinski kapaciteti C_{mpi} sudionika u dimnim plinovima ovise o traženoj temperaturi ϑ_{ad}. Za sve sudionike dimnih plinova poznate su funkcijske ovisnosti molarnih toplinskih kapaciteta o temperaturi[2], pa se u ovom tekstu kao primjer navodi ta funkcijska ovisnost za CO_2:

$$C_{mpCO2} = -3 \cdot 10^{-6} \vartheta^2 + 0{,}0139 \cdot \vartheta + 37{,}595 \tag{12}$$

Sličnog su oblika funkcije i za ostale sudionike: CO, N_2; O_2 i H_2O.

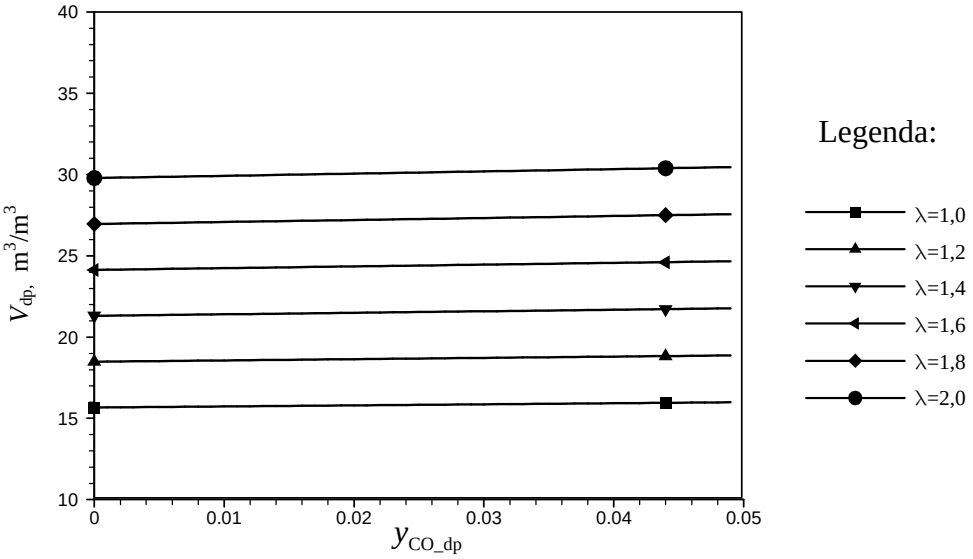
Budući su u potpunosti opisane sve ulazno izlazne veličine, stupanj djelovanja ložišta može se odrediti prema sljedećem izrazu: [2]

$$\eta_{lož} = \frac{\Delta H_m\left(0^oC\right) - y_{CO\_dp} \cdot n_{sdp} \left(\Delta H_m\left(0^oC\right)\right)_{CO} - \vartheta_{izl} n_{vdp} \sum_i y_i \left[C_{mpi}\right]_0^{\vartheta_{izl}}}{\Delta H_m\left(0^oC\right)} \tag{13}$$

3 Prikaz i diskusija rezultata proračuna

3.1 Volumen vlažnih dimnih plinova

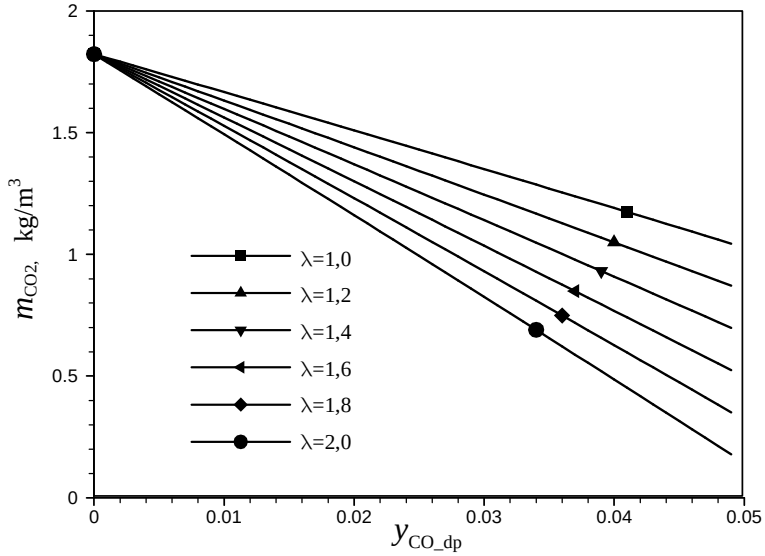
[2] Na osnovu poznatih tabličnih vrijednosti srednjih molarnih kapaciteta pojedinih plinova, razvijeni su polinomi koji dovoljno točno opisuju njihove numeričke vrijednosti.



Slika 1. Volumen vlažnih dimnih plinova u ovisnosti o molnom udjelu CO
u suhim dimnim plinovima i faktoru pretička zraka λ

Dijagram na slici 1. jasno pokazuje vrlo mali porast volumena dimnih plinova s povećavanjem molnog udjela CO. Dominantni utjecaj leži u povećanju faktora pretička zraka λ. Ako je $y_{CO\_dp} = 0,0$, tada se radi o potpunom izgaranju analiziranog prirodnog plina, što znači da su za taj slučaj, odnosne vrijednosti volumena dimnih plinova označene simbolima na ordinatnoj osi.

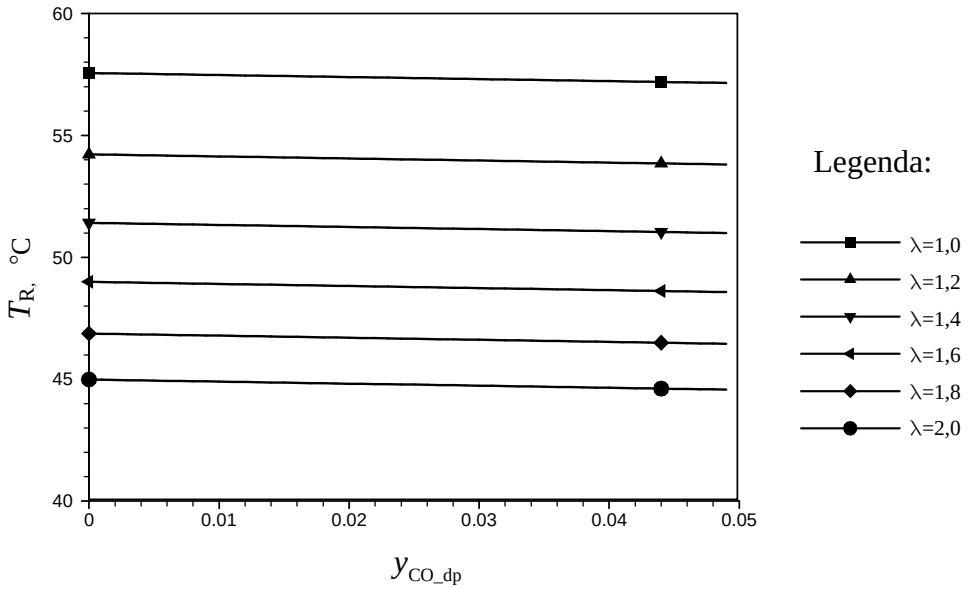
3.2 Masa CO_2 u dimnim plinovima



Slika 2. Masa CO_2 , izražena u kg CO_2 po m^3 prirodnog plina, u ovisnosti o molnom udjelu CO
u suhim dimnim plinovima i faktoru pretička zraka λ

Dijagram na slici 2. ukazuje na snažan utjecaj oba čimbenika na masu nastalog CO_2 u dimnim plinovima, u smislu da se ta veličina izrazito smanjuje kako s povećavanjem molnog udjela CO tako i s povećavanjem faktora pretička zraka λ. Utjecaj povećavanja λ, na masu CO_2, postaje izrazitiji pri većim vrijednostima molnog udjela CO. Za konstantni λ, masa CO_2 praktički slijedi zakon pravca (linearna ovisnost), pri čemu koeficijent nagiba pravca raste s povećavanjem λ. Vidi se da taj pramen pravaca ide iz iste točke, za molni udio CO jednak nuli, a koja predstavlja slučaj potpunog izgaranja. Dakako da se za taj slučaj dobije maksimalni iznos mase CO_2 i koji je neovisan o faktoru pretička zraka λ.

3.3 Temperatura rosišta vodene pare u dimnim plinovima

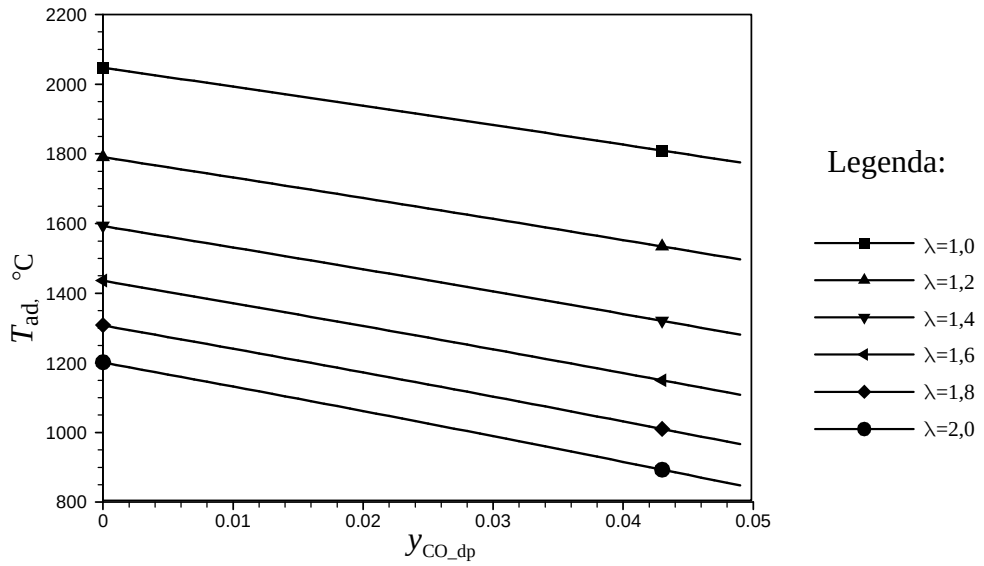


Slika 3. Temperatura rosišta vodene pare u dimnim plinovima u ovisnosti o molnom udjelu CO i faktoru pretička zraka λ

Iz dijagrama se iščitava da dominantni utjecaj na smanjenje temperature rosišta ima povećanje faktora λ, dok je praktički nesignifikantan utjecaj povećanja sadržaja CO na smanjenje temperature rosišta. Vidi se da je najveća temperatura rosišta za stehiometrijski pretičak zraka, λ = 1,0 i potpuno izgaranje pri čemu je molni udio CO jednak nuli. Povećavanjem λ i molnog udjela CO opada temperatura rosišta, tako da se u promatranom slučaju najniža temperatura postiže za λ =2,0 i $y_{CO\_dp} = 0,05$.

Analize prikazane na slikama 1-3 proizašle su iz sastava goriva i, s nametnutim režimom izgaranja, dobivenog sastava dimnih plinova. Sve relevantne jednadžbe za izračun odnosnih veličina dobivene su iz zakona o održanju mase kod procesa izgaranja. Sljedeća dva dijagramska prikaza uključuju i zakon održanja energije.

3.4 Adijabatska temperatura izgaranja



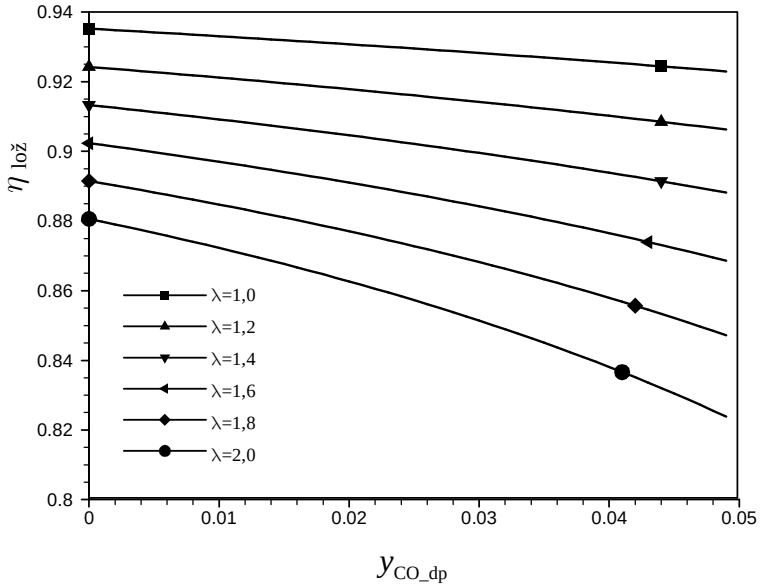
Slika 4. Adijabatska temperatura izgaranja prirodnog plina u ovisnosti o molnom udjelu CO u suhim dimnim plinovima i faktoru pretička zraka λ

Dijagram jasno pokazuje signifikantan utjecaj povećavanja kako molnog udjela CO tako i faktora pretička zraka na smanjenje adijabatske temperature izgaranja. Za konstantni λ adijabatska temperatura praktički linearno opada s povećavanjem molnog udjela CO. Za $y_{CO\_dp} = 0,0$ označene vrijednosti na ordinati predstavljaju adijabatske temperature pri potpunom izgaranju za pojedini faktor pretička zraka λ. Nadalje se može zaključiti, da je praktički jednak utjecaj molnog udjela CO, za svaki λ, na smanjenje adijabatske temperature izgaranja, jer se radi o praktički paralelnim pravcima u dijagramu na slici 4.

3.5 Iskoristivost ložišta

Dijagram na slici 5. prikazuje iskoristivost ložišta analiziranog prirodnog plina.

Slika 5. pokazuje da efikasnost ložišta opada s povećavanje faktora pretička zraka λ i molnog udjela CO u suhim dimnim plinovima. Vidi se da se pri potpunom izgaranju, ($y_{CO\_dp} = 0,0$) vrijednost efikasnosti ložišta kreću od 0,935 na 0,88, uz povećanje faktora pretička zraka λ = 1,0 na λ = 2,0. Nadalje se može zaključiti da veće vrijednosti molnog udjela CO kao i veće vrijednosti λ imaju snažniji utjecaj na smanjenje efikasnosti ložišta. Dakako da to i mora biti tako, budući se u tim slučajevima povećavaju kako gubitci na osjetnoj toplini dimnih plinova tako i gubitci zbog neizgorenosti goriva. Jasno je da su vrijednosti u dijagramu na slici 5 vezane za jednu izlaznu temperaturu dimnih plinova, koja u ovom slučaju iznosi 160 ^{o}C. Za veće izlazne temperature dimnih plinova iskoristivost ložišta se smanjuje, dok se za niže izlazne temperature efikasnost ložišta povećava.



Slika 5. Efikasnost ložišta analiziranog prirodnog plina u ovisnosti o molnom udjelu CO i faktoru pretička zraka λ uz ϑ_{izl} = 160 °C

4 Zaključak

Iz iznesenog slijedi da razvijeni matematički model u potpunosti omogućuje izračun relevantnih veličina pri procesu izgaranja prirodnog plina poznatog sastava. Iz izmjerene potrošnje prirodnog plina, molnog sastava suhih dimnih plinova, izlazne temperature dimnih plinova iz ložišta, moguće je izravno dobiti vrijednosti volumena zraka za izgaranje, volumena dimnih plinova, efikasnosti ložišta i temperature rosišta vodene pare u dimnim plinovima. Iz očitane ukupne potrošnje može se izračunati ukupnu masu CO_2 koji je ispušten u atmosferu. Tako npr. ukupna potrošnja prirodnog plina u trima županijama u Republici Hrvatskoj 2007. godine iznosila je 153114533 m^3. Za slučaj potpunog izgaranja tog prirodnog plina, masa CO_2 ispuštena u atmosferu iznosila bi 275606 tona. Dakako da je to važan podatak, budući da se CO_2 ponaša kao staklenički plin i ima izravni utjecaj na globalno zagrijavanje. To znači da se prikazanim algoritmom može pratiti kvaliteta procesa izgaranja u trošilu koje za gorivo koristi prirodni plin.

5 Literatura

[1] Izvješće laboratorijske analize uzorka "Osijek" prirodnog plina

[2] Galović, A.: Termodinaika II, IV. promijenjeno izdanje, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2008.

[3] Wark, K., Donald E. R.: Thermodynamics, sixth edition, McGraw - Hill, Boston, 1999.

---

* **Dr. sc. Antun Galović**, redoviti profesor, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, antun.galovic@fsb.hr (osoba kontakt)

****Dr. sc. Marija Živić**, docent, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, marija.zivic@sfsb.hr

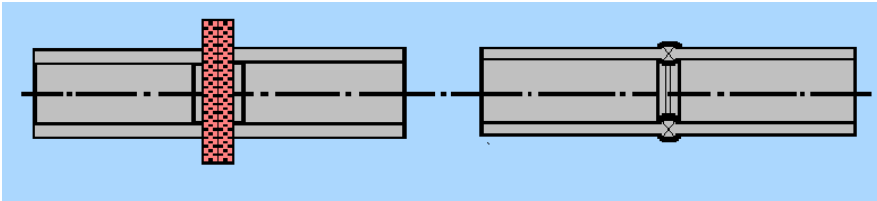
POSTUPCI KOD ELEKTROFUZIJSKOG I SUČEONOG ZAVARIVANJA U UVJETIMA RADA NA NISKIM TEMPERATURAMA

Autor:
Milan Fistonić dipl.ing.str.
PTMG d.o.o.
Gornjostupnička 18
10255 Stupnik

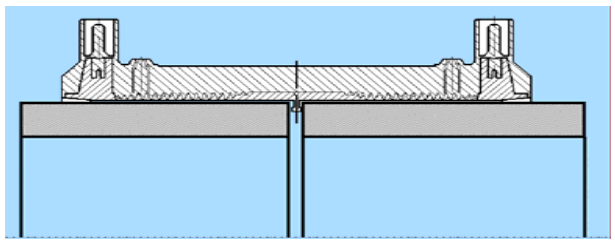
GEORG FISCHER +GF+

Postupci zavarivanja

Sučeono



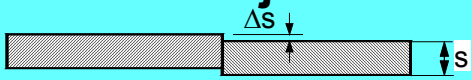
Elektrofuzijsko



Priprema za postupak sučeonog zavarivanja

- Učvrstiti krajeve cijevi u stegu hidrauličke jedinice
- Ostrugati krajeve cijevi

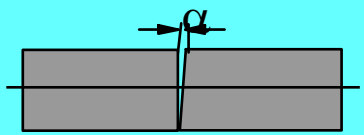
Pomak cijevi



Δs max. = 0.1 x s

→ međusobni pomak krajeva cijevi iznosi max. 10% debljine stjenke cijevi

Maksimalni razmak (između krajeva cijevi koje se zavaruju)



Δs max. = 0.5 mm kod sučeonog zavarivanja

Δs max. = 0.2 mm kod IR-Zavarivanja

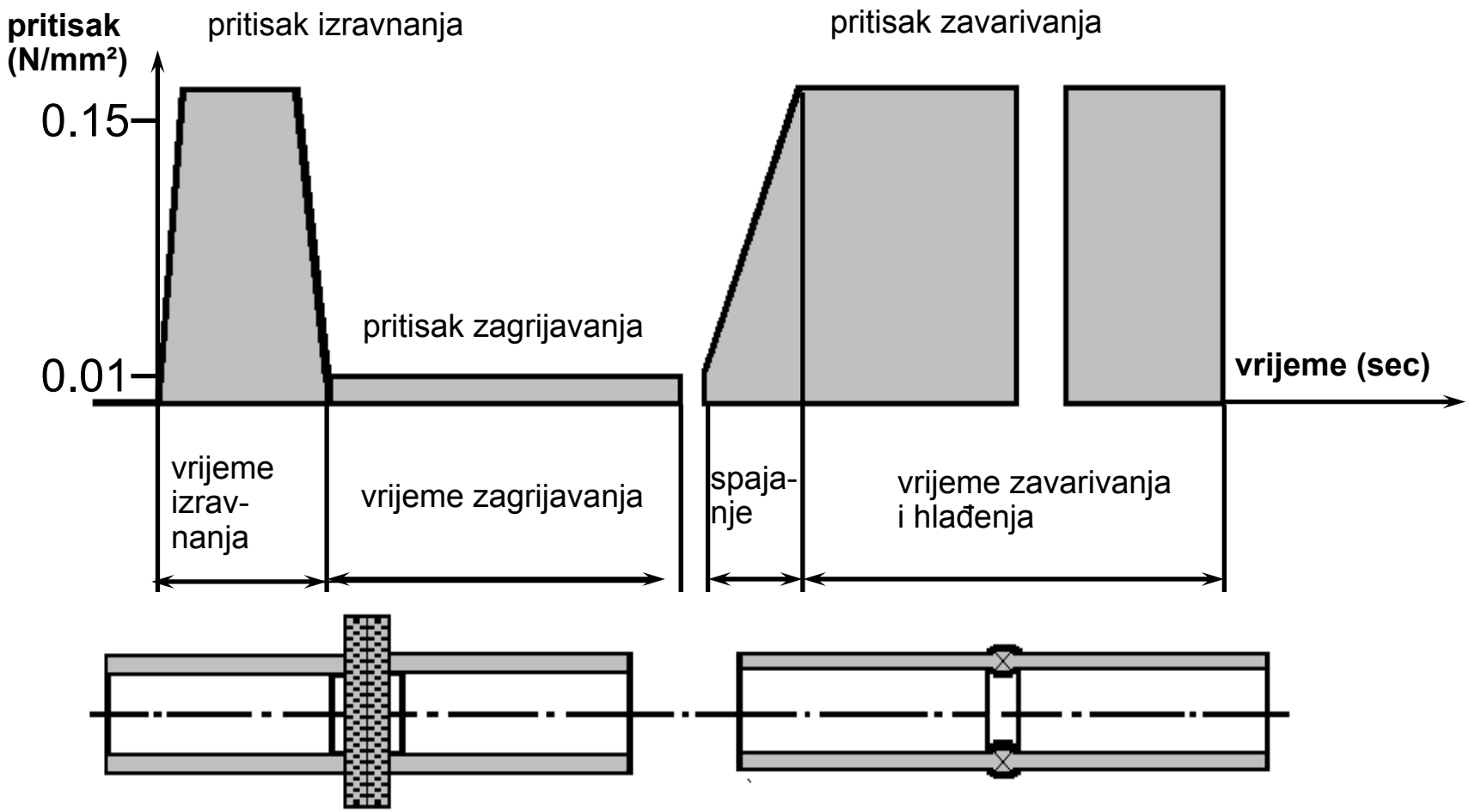
Stjenke cijevi koje se zavaruju



neispravno

ispravno

Dijagram pritisak-vrijeme za sučeono zavarivanje



Postupak zavarivanja ELGEF Plus spojnice 1/2

1. Očistiti cijev od blata i prljavštine te odrezati cijev pod pravim kutom



2. Ostrugati površinu cijevi (približno 1 cm duže od dužine elementa)



3. Odmastiti samo dio koji se zavaruje



4. Izvući spojnicu iz PE vrećice bez diranja površina koje se zavaruju





Postupak zavarivanja ELGEF Plus spojnice 2/2

5. Spojnicu učvrstiti u stegu.



6. Spojiti stroj za zavarivanje i očitati podatke sa kartice.



7. Nakon zavarivanja ukloniti kablove i prekontrolirati vizualne indikatore zavarenosti.



8. Stega se ne smije odstraniti dok ne završi cijeli proces hlađenja.



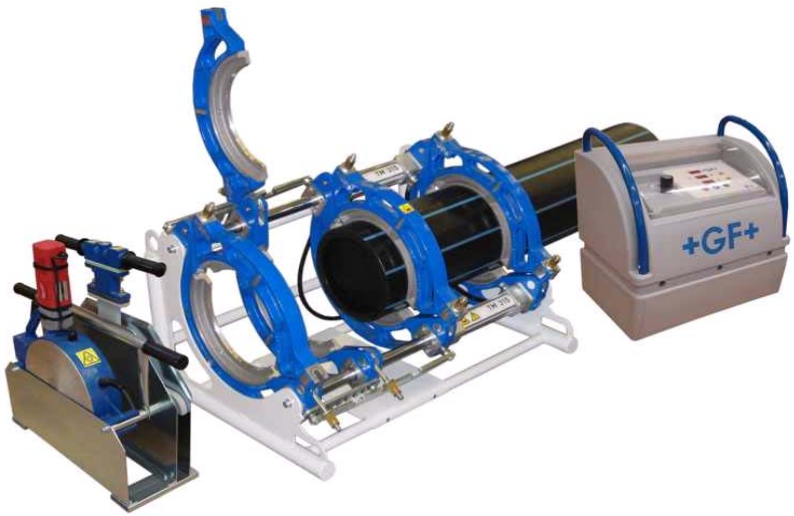
GEORG F

Temperaturno područje rada strojeva za zavarivanje



Eeletrofuzijsko zavarivanje

- 10 do + 45^{0}C

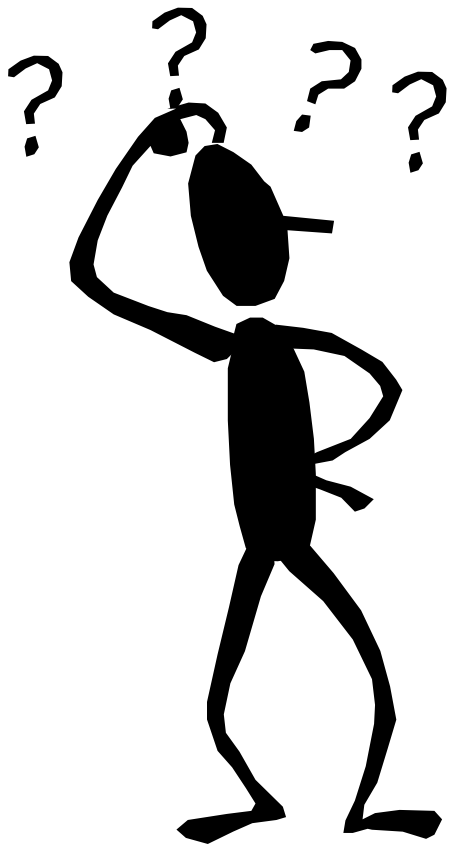


Sučeono zavarivanje

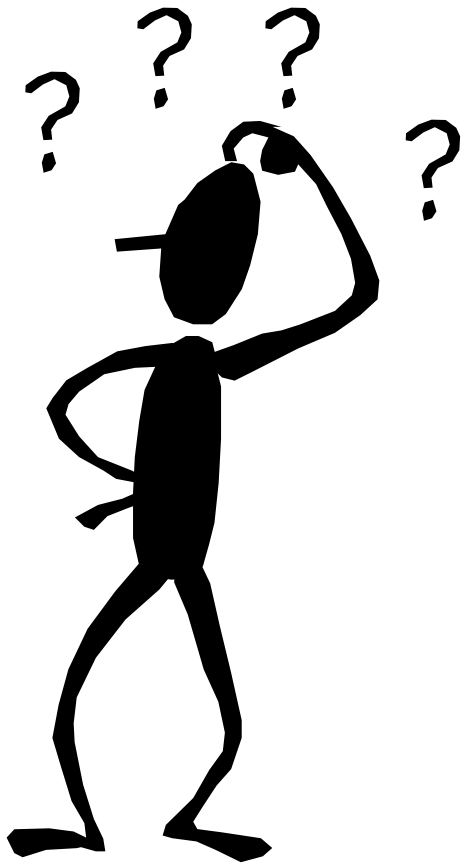
+ 5 do + 45^{0}C

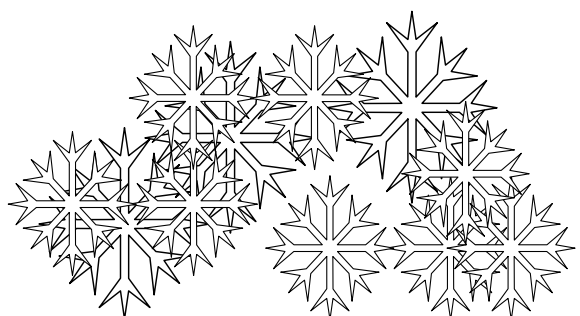
GEORG FISCHER +GF+

Što poduzeti da se osigura ispravno zavarivanje?



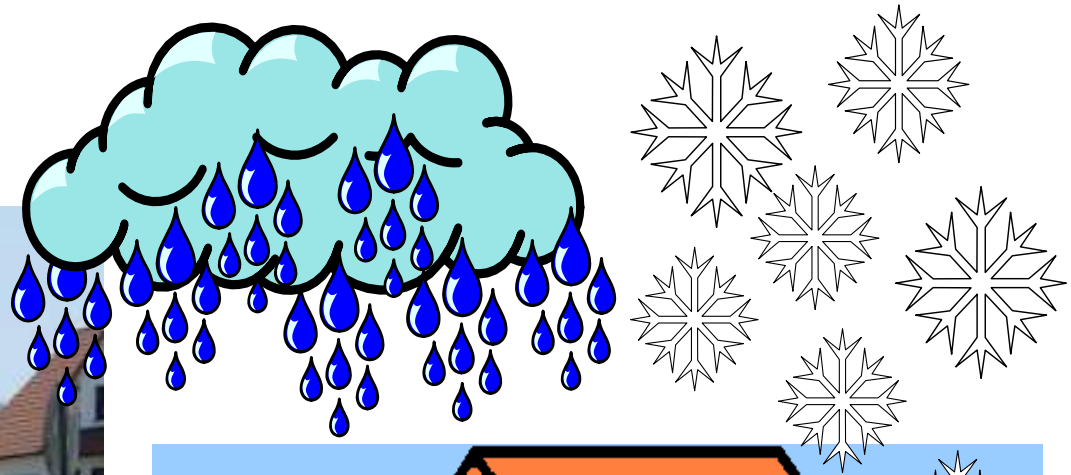
-10°C

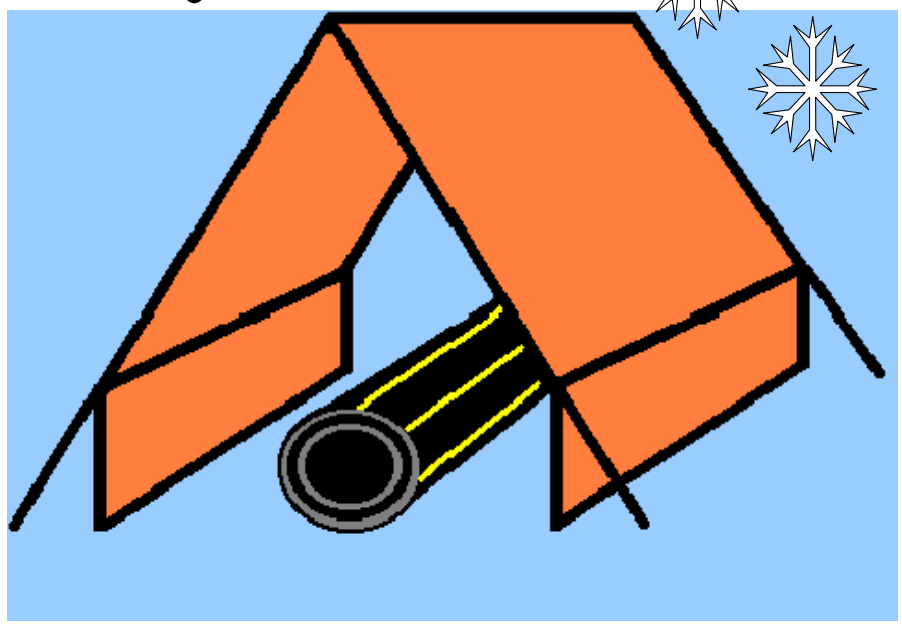




Zaštita mjesta zavarivanja od vremenskih utjecaja

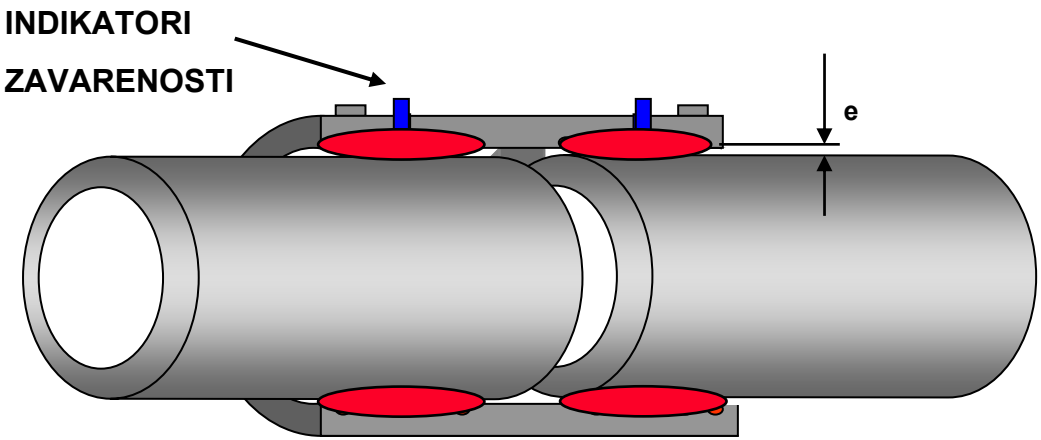




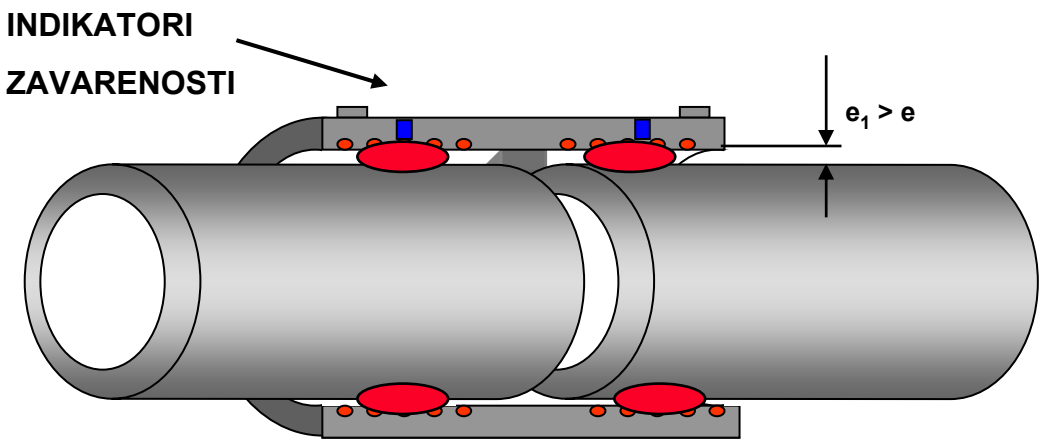



広島 建 5 923

Osigurati podjednake temperature elementa i cijevi



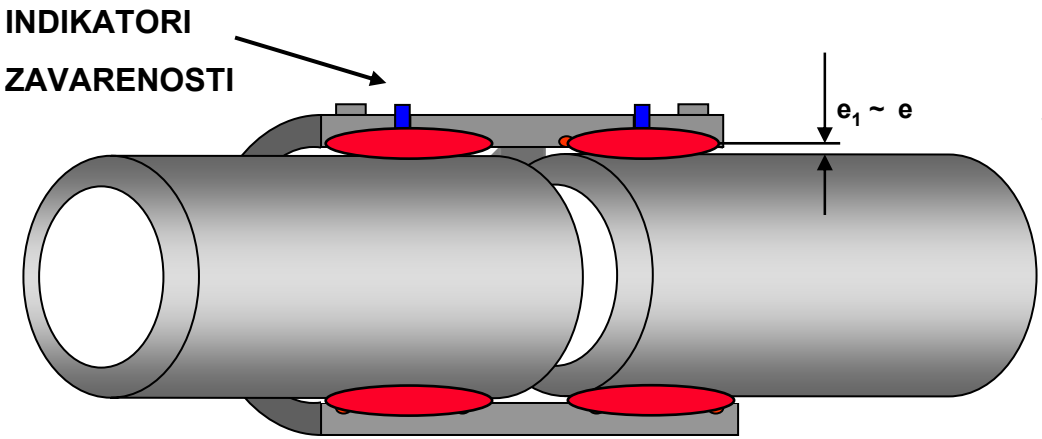
kod vanjske temperature +5 d + 45°C



kod vanjske temperature ispod + 5°C

- **Spojni element zagrijan**
- **Cijev na vanjskoj temperaturi**

Osigurati podjednake temperature elementa i cijevi



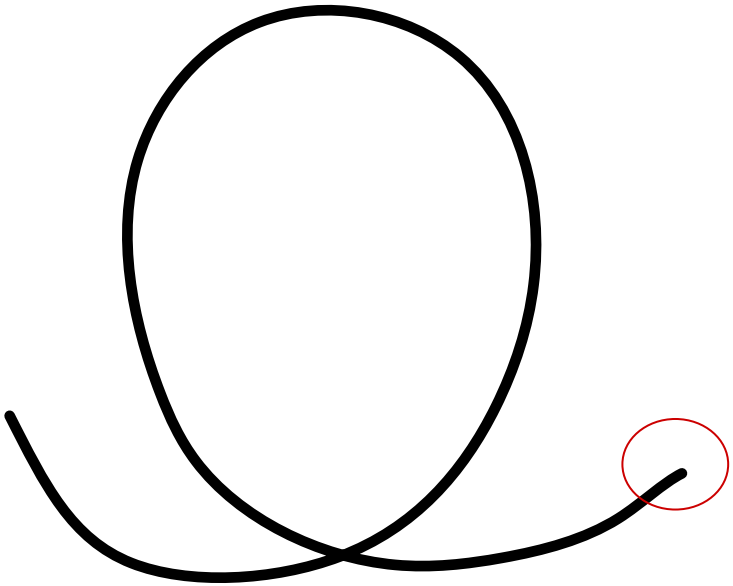
kod vanjske temperature ispod + 5°C

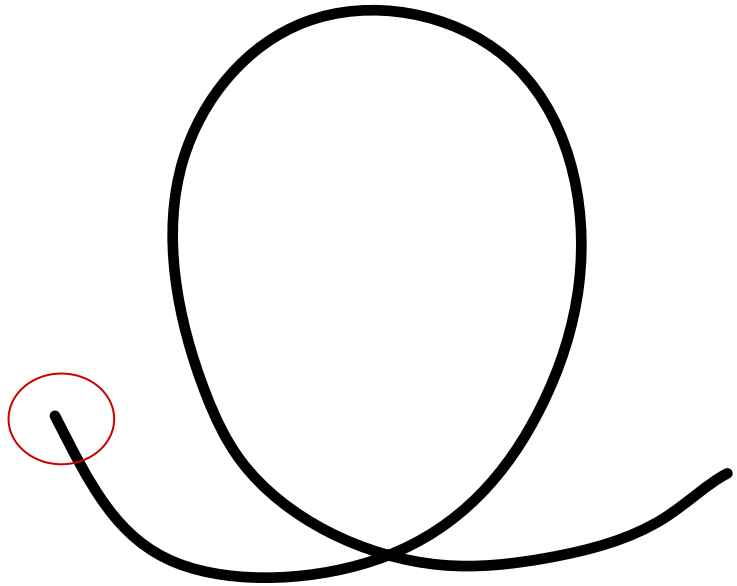
Spojni element ohlađen na temperaturu cijevi

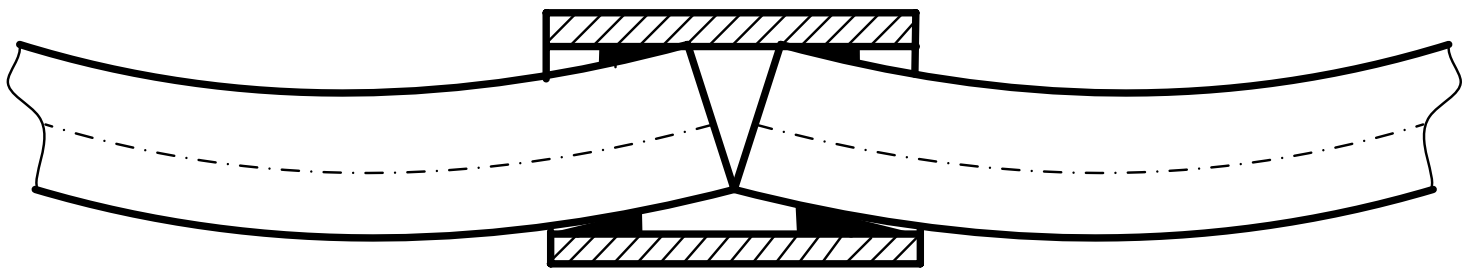
UKOLIKO NIJE DOŠLO DO “IZLASKA” INDIKATORA ZAVARENOSTI

- **Ohladitit spojno mjesto i ponoviti u potpunosti postupak zavarivanja**
- **Izrezati spoj ukoliko se nakon ponovljenog postupka zavarivanja indikatori nisu pojavili**

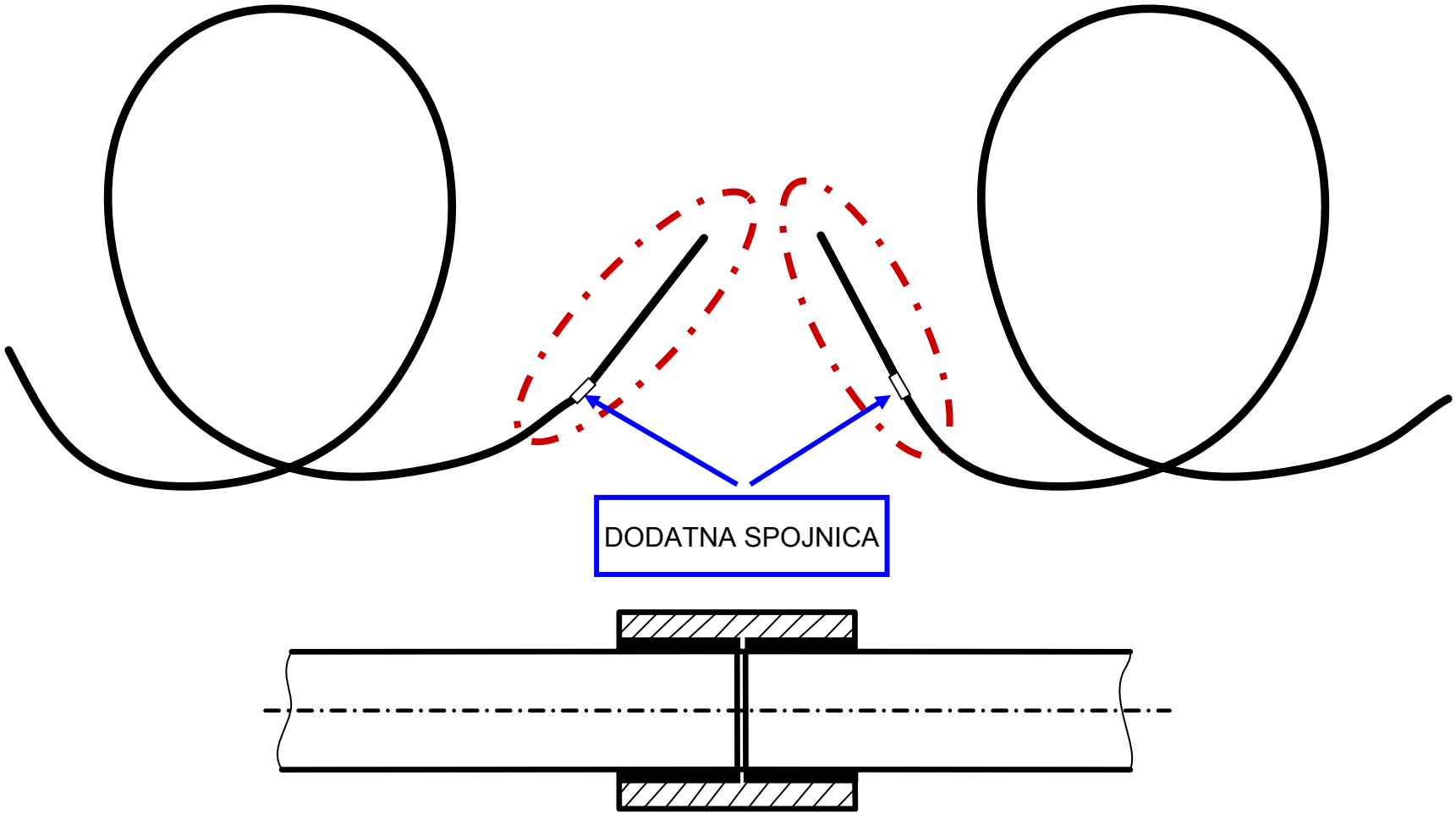
Međusobno zavarivanje cijevi u kolutu



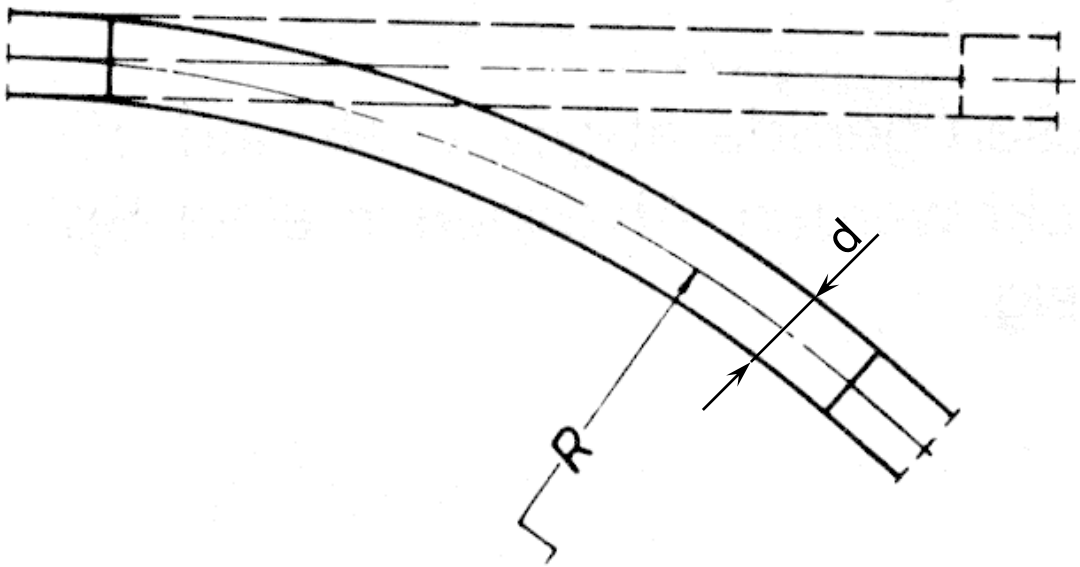




Međusobno zavarivanje cijevi u kolutu



Dozvoljeni radijus savijanja PE cijevi



• VANJSKA TEMPERATURA	• MIN. RADIJUS SAVIJANJA
º C	R
+20	20xd
+10	35xd
0	50xd

AUTOR: Krešimir Pećar, dipl.ing.stroj.

NAZIV RADA:

RAČUNALNO PROGRAMIRANJE HIDRAULIČKOG MODELA PLINOVODNE MREŽE SREDNJEG TLAKA 1-4 bar

SAŽETAK:

Svakodnevno smo svjedoci implementacije informatičke tehnologije u sve domene života. Tako je i inženjerstvo općenito doživjelo svoj procvat jer je uporabom modernih računala i pogodnih programa višestruko skraćeno vrijeme izrade različitih kompliciranih proračuna i, što je još bitnije, gotovo je nestala mogućnost pogreške uslijed zamornog tipkanja po tipkovnici džepnog računala. U članku se opisuje razvoj hidrauličkog modela plinovodne mreže srednjeg tlaka na primjeru hidrauličkog proračuna plinske mreže luke Slavonski Brod.

KLJUČNE RIJEČI:

hidraulički proračun, plinovodna mreža, srednji tlak, matematički model

1. UVOD

Zadnjih su godina mnogi manje ili više zahtjevni matematički modeli različitih inženjerskih proračuna postali dostupni širokoj stručnoj javnosti upakirani u različita korisnička sučelja. No pri tome korisnik uobičajeno nailazi na nekoliko mogućih problema:

- nepostojanje određenih željenih modela proračuna
- nepostojanje određenih potrebnih performansi unutar kupljenog modela
- visoka cijena programskog paketa
- jezična barijera uslijed nepoznavanja stranih jezika
- metoda proračuna različita od one na koju je korisnik navikao, itd.

Stoga je uputno promisliti o razvoju vlastitog matematičkog modela za rješavanje i najsloženijih struktura inženjerskih tehničkih proračuna uporabom tabličnog kalkulatora EXCEL dostupnog na svakom računalu. Jasno je pri tome da ovakav model ne može do kraja zamijeniti gotov produkt neke specijalizirane informatičke tvrtke koji će povezati ulazne datoteke i proračune s nacrtima, troškovnicima itd., međutim može u velikom broju situacija biti konkurentan jer:

- model je besplatan ako se ne uzme u obzir vrijeme rada inženjera na modeliranju ovisno o težini i složenosti problema
- može se koristiti u neograničenom vremenskom periodu za razliku od besplatnih probnih verzija pojedinih programskih paketa neke programerske tvrtke
- ima sve potrebne performanse i strukturu na koju je autor navikao, dapače-sam kreirao
- može se neograničeno razvijati u vlastitoj režiji sukladno daljnjim potrebama, novim tehnološkim saznanjima, iskustvima primjene programa u praksi itd.

Cilj je ovog članka ukazati na prednosti i beneficije pri programiranju vlastitih računalnih modela te na koji način pristupati razvoju istih za potrebe.vlastite tvrtke.

2. KONCEPCIJA PROSTORA LUKE SLAVONSKI BROD

Predviđena zona luke nalazi se na sjevernoj obali rijeke Save istočno od grada Slavonski Brod pored postojeće industrijske zone na udaljenosti od otprilike 5 km od glavne željezničke stanice, smještene u centru grada, blizu glavne industrijske zone.

Opća luka pokriva ukupnu površinu od otprilike 107,9 ha. Ova je površina podijeljena na:

- zonu slobodne luke od otprilike 71,6 ha južno od nove spojne ceste za Ruščicu, i
- javnu površinu luke od otprilike 36,3 ha, koji se protežu oko zone slobodne luke od terminala za rasuti terret na zapadu preko skladišta hrane danske catering kompanije, objekta za skladištenje proizvoda i distribuciju INA Trgovina d.d., uslužnog objekta na ulazu u luku, rezervirane površine za elektranu i postrojenja za pročišćavanje vode do remontnog brodogradilišta na istoku.



Slika 1.1. Situacija šireg područja

Lokaciju predmetnog područja terenski karakterizira nizinsko-ravničarski reljef s prosječnom visinom od približno 91,00 metar iznad razine mora.

Predviđeni kapacitet plinske mreže Q_{max}=4200 m^3/h pri opskrbnom tlaku 4 bar (ukupne duljine L=5767 m), planiran je za opskrbu područja obuhvata luke. U tijeku je prikupljanje ponuda za gradnju industrijskih i sličnih objekata na području luke te u ovom trenutku nije moguće niti približno utvrditi konačne kapacitete.

Stoga se u dogovoru s nadležnim distributerom BROD-PLIN d.o.o., a sukladno odrednicama iz Urbanističkog plana uređenja, odredio opći kapacitet kako je naređeno.

Predviđeno mjesto priključenja plinovoda kroz prostor obuhvata luke Slavonski Brod, a sukladno odrednicama Urbanističkog plana uređenja, je na sjeverozapadnom dijelu lučkog prostora koji graniči s gradom Slavonski Brod (nedaleko peradarnika VINDIJA).

3. HIDRAULIČKI MODEL ZRAKASTE PLINOVODNE MREŽE SREDNJEG TLAKA 1-4 bar

I KORAK-ULAZNI PODACI

Da bi se kreirao matematički model hidrauličkog proračuna plinovodne mreže srednjeg tlaka općenito, potrebno je definirati sljedeće parametre:

- tlak i količinu dobave plina u izvoru
- radni medij sa svim potrebnim fizikalnim parametrima (gustoća pri radnom tlaku, dinamička viskoznost, relativna gustoća)
- geodetske značajke čvorova mreže (mjesta spoja dva ili više plinovodnih krakova)
- matricu plinovodne mreže (ulazni i izlazni krakovi pojedinih čvorova)
- rubne uvjete cijevnog sustava (duljine pojedinih dionica trase, protočne količine plina kroz pojedine dionice plinovoda, materijal i dimenzije cijevi)

Pod ulaznim podacima se podrazumijevaju svi relevantni podaci potrebni kako bi matematički model što je moguće realnije prikazao moguća stanja sustava. Ulazni podaci definiraju plinovodni sustav (sve njegove elemente: raspoloživi ulazni tlak, čvorove, dionice, protočne količine plina, koeficijente hrapavosti cijevi itd...), način prikaza rezultata, preciznost izračuna i druge za proračun bitne parametre. Prostorni smještaj dionica i čvorova, kao i karakteristike cijevi (duljine i profili) dani su u priloženoj hidrauličkoj shemi koja je osnovni izvor ulaznih podataka modela.

Sastavni dio samog modeliranja sustava je i kreiranje baze podataka sa svim potrebnim podacima za proračun kako bi se u model unosili samo najznačajniji i što jednostavniji parametri. Tako se unošenjem imena radnog medija (zrak, prirodni plin, ukapljeni naftni plin itd.) iz baze podataka automatski dobivaju sve fizikalne karakteristike potrebne za proračun. Unošenjem podataka o materijalu cijevi i nazivnim promjerima NO pojedinih dionica plinovoda model automatski iz spomenute baze podataka dobiva ostale potrebne parametre: vanjski i unutarnji promjer cjevovoda, debljinu stijenke, koeficijent apsolutne hrapavosti itd. Time se sprječava zamorno unošenje mnogobrojnih podataka koji se učestalo ponavljaju i značajno pridonosi pouzdanosti proračuna te se smanjuje mogućnost pogreške kod njihovog unosa na najmanju moguću mjeru.

U proračunskim tablicama u nastavku plavo su označena polja u koja se unose potrebni parametri, dok se svi ostali parametri izvlače iz baze podataka ili automatski računaju.

NAPOMENA:

Kao što je već u poglavlju 2. KONCEPCIJA PROSTORA LUKE SLAVONSKI BROD bilo rečeno, u tijeku je prikupljanje ponuda za gradnju industrijskih i sličnih objekata na području luke te u ovom trenutku nije moguće niti približno utvrditi konačne kapacitete, kako ukupne za cjelokupni prostor luke tako i lokalne po pojedinim dionicama. Stoga su se isti grubo procijenili iz šturih postojećih podataka prostornog plana.

HIDRAULIČKI PRORAČUN SREDNJETLAČNE PLINSKE MREŽE
LUKA SLAVONSKI BROD

1. DEFINIRANJE IZVORA

količina dobave	**Q [m^3/h]**	**0**	**2100**	**4200**	**6300**
tlak dobave	**p [bar]**	**4,0**	**4,0**	**4,0**	**4,0**

2. DEFINIRANJE FIZIKALNIH KARAKTERISTIKA RADNOG MEDIJA

radni medij		**prir. plin**	
gustoća radnog medija	ρ=	0,753	kg/m^3
dinamička viskoznost	η=	1,11E-05	Ns/m
kinematička viskoznost	ν=	1,469E-05	m^2/s
relativna gustoća	d=	0,59	

3. DEFINIRANJE GEODETSKIH ZNAČAJKI ČVOROVA

Nema značajne razlike geodetskih visina pojedinih čvorišta trase plinovoda

4. DEFINIRANJE MATRICE MREŽE

BROJ ČVORIŠTA	$n_Č$=	XX
BROJ DIONICA	n_D=	XX

DIONICA PLINOVODA	IZLAZNI ČVOR	ULAZNI ČVOR
1	2	1
2	3	2
3	4	3
4	5	4
5	6	5
6	7	6
7	7	8
8	8	9
9	9	10
10	10	2
11	11	2
12	12	4
13	13	6
14	14	5
15	15	7
16	16	7
17	8	4
18	9	3

dionica	materijal cijevi	koeficijent apsolutne hrapavosti k [mm]	nazivni promjer cjevovoda DN [mm]	unutarnji promjer d_u [mm]	površina pop. presjeka A m^2	koeficijent k/d_u	protok Q $[m^3/h]$	duljina dionice L [km]	ulazni tlak p_{aps} [bar]	geod. visinska razlika h [m]
1	PEHD	0,10	250	220,4	0,0382	0,0005	**4200**	0,180	4,00	0,0
2	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**1700**	0,380	3,99	0,0
3	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**1350**	0,295	3,94	0,0
4	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**800**	0,250	3,91	0,0
5	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**750**	0,020	3,91	0,0
6	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**320**	0,370	3,90	0,0
7	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**610**	0,290	3,91	0,0
8	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**780**	0,270	3,91	0,0
9	PEHD	0,10	160	141,0	0,0156	0,0007	**1410**	0,400	3,95	0,0
10	PEHD	0,10	180	158,6	0,0198	0,0006	**2000**	0,380	3,99	0,0
11	PEHD	0,10	90	79,2	0,0049	0,0013	**100**	0,090	3,99	0,0
12	PEHD	0,10	90	79,2	0,0049	0,0013	**180**	0,050	3,91	0,0
13	PEHD	0,10	90	79,2	0,0049	0,0013	**400**	0,270	3,90	0,0
14	PEHD	0,10	110	96,8	0,0074	0,0010	**320**	0,350	3,91	0,0
15	PEHD	0,10	90	79,2	0,0049	0,0013	**200**	0,230	3,90	0,0
16	PEHD	0,10	90	79,2	0,0049	0,0013	**250**	0,310	3,90	0,0
17	PEHD	0,10	110	96,8	0,0074	0,0010	**320**	0,360	3,91	0,0
18	PEHD	0,10	110	96,8	0,0074	0,0010	**320**	0,370	3,94	0,0

II KORAK – HIDRAULIČKI PRORAČUN

Nakon definiranja izvora, fizikalnih karakteristika radnog medija i matrice plinovodne mreže srednjeg tlaka, slijedi automatski proračun padova tlaka po pojedinim dionicama.

Pri strujanju plina u srednjetlačnom i visokotlačnom području, uz veću razliku tlakova između promatranih presjeka, plin dobija karakteristike stlačivog fluida. Pri tome se gustoća mijenja, plin se s padom tlaka rasteže (ekspandira), pri čemu brzina strujanja raste, čak i ako je presjek plinovoda konstantan, a time će i gubici strujanja u plinovodu biti veći od onih koji nastaju prilikom strujanja plina u niskotlačnom području kad se plin općenito uzevši ponaša kao nestlačivi fluid.

Pad tlaka plina u plinovodu općenito se računa prema poznatim izrazima iz literature (modificirana jednadžba kontinuiteta, uvjet izotermne promjene stanja, Darcy – Weisbach-ova jednadžba, faktor stlačivosti):

$$w_1 \cdot \rho_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot \rho_2 \cdot A_2$$

$$\frac{p_1}{\rho_1} = \frac{p}{\rho} = const.$$

$$dp = -\frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot D} \cdot dL$$

$$w_n = \frac{4 \cdot Q_{VN}}{3600 \cdot D^2 \cdot \pi}$$

te je konačno

$$p_1^{\,2} - p_2^{\,2} = 1.71 \cdot 10^6 \cdot Z \cdot \lambda \cdot d \cdot Q_{VN}^{\,2} \cdot \frac{L}{D^5}$$

gdje je:

w	$[\ m/s\ ]$	*brzina strujanja plina unutar cijevi*
ρ	$[\ kg/m^3]$	*gustoća plina*
A	$[m^2]$	*površina poprečnog presjeka plinovoda*
p	[bar]	*apsolutni tlak*
D	[mm]	*unutarnji promjer plinovoda*
Q_{VN}	$[m^3/h]$	*protočni volumen pri 0°C i 101325 Pa tlaka*
λ		*koeficijent trenja*
L	[km]	*duljina plinovoda*
Z		*faktor kompresibilnosti*
d		*relativna gustoća plina (=1 za zrak)*

Plinovodi se prema poznatim iskustvenim smjernicama dimenzioniraju na način da brzina strujanja plina unutar njega bude do ca. 20 m/s ovisno o radnom tlaku plinovoda. Ove vrijednosti brzina unutar plinovoda daju područje prihvatljivih rubnih uvjeta strujanja plina te padova tlaka što je kontrolni kriterij pri dimenzioniranju plinovoda. Sva se odstupanja od navedenih vrijednosti programski zapisuju i upozoravaju korisnika da provjeri unos parametara i odabir dimenzije cjevovoda na pojedinoj dionici koja nije zadovoljila prethodno spomenuti kontrolni kriterij. Dakako, određena manja odstupanja po pojedinim dionicama su moguća (npr. dozvoljena veća brzina strujanja plina na kraćoj dionici ili podkapacitiranost dionice u očekivanju daljnjeg povećanja plinskog konzuma).

U modelu su se u ovom slučaju zanemarili lokalni hidraulički gubici kroz zapornu i sigurnosnu armaturu te fazonske komade koji su zanemarivi u odnosu na velike duljine (a time i padove tlaka) po pojedinim dionicama plinovoda. Ove lokalne gubitke je, međutim, lako moguće obuhvatiti u slučaju da se umjesto plinovodne mreže modelira sustav razvoda plina srednjeg tlaka nekog objekta gdje se zbog manjih dimenzija i duljina cijevi te značajnih hidrauličkih lokalnih otpora isti ne mogu zanemariti. Proračunom je obuhvaćeno pretpostavljeno stanje plinskog konzuma Luke Slavonski Brod (Qv=4200 m^3/h) s projektiranim dimenzijama plinovoda srednjeg tlaka.

6. HIDRAULIČKI PRORAČUN PADA TLAKA PO DIONICAMA

broj dionice	protok plina Q [m^3/h]	brzina strujanja w [m/s]	REYNOLDS-ova značajka Re	koef. otpora trenja λ	razlika kvadrata ulaznog i izlaznog tlaka dionice $p_1^2-p_2^2$ [bar^2]	kvadrat izlaznog tlaka dionice p_2^2 [bar^2]	izlazni tlak p_2 [bar]	pad tlaka uslijed strujanja Δp_f [bar]	pad tlaka uslijed strujanja Δp_f [Pa]	pad tlaka uslijed geod. razlike visina Δp_g [Pa]	ukupni pad tlaka dionice Δp_U [Pa]
1	4200,0	**30,58**	458865	0,018	0,10814	15,8919	3,9865	0,0135	1354	0	1354
2	1700,0	**30,24**	290320	0,019	0,38702	15,5048	3,9376	0,0488	4884	0	4884
3	1350,0	**24,02**	230548	0,020	0,19224	15,3126	3,9131	0,0245	2449	0	2449
4	800,0	**14,23**	136621	0,021	0,05966	15,2529	3,9055	0,0076	763	0	763
5	750,0	**13,34**	128082	0,021	0,00422	15,2487	3,9050	0,0005	54	0	54
6	320,0	**5,69**	54649	0,023	0,01577	15,2329	3,9029	0,0020	202	0	202
7	610,0	**10,85**	104174	0,021	0,04136	15,2149	3,9006	0,0053	530	0	530
8	780,0	**13,88**	133206	0,021	0,06140	15,2563	3,9059	0,0079	785	0	785
9	1410,0	**25,08**	240795	0,020	0,28352	15,3177	3,9138	0,0361	3605	0	3605
10	2000,0	**28,12**	303651	0,019	0,29065	15,6012	3,9498	0,0366	3662	0	3662
11	100,0	**5,64**	30403	0,027	0,00778	15,8841	3,9855	0,0010	98	0	98
12	180,0	**10,15**	54726	0,025	0,01292	15,2997	3,9115	0,0017	165	0	165
13	400,0	**22,55**	121614	0,023	0,31966	14,9291	3,8638	0,0411	4115	0	4115
14	320,0	**12,08**	79602	0,023	0,09768	15,1553	3,8930	0,0125	1253	0	1253
15	200,0	**11,28**	60807	0,024	0,07252	15,1604	3,8936	0,0093	930	0	930
16	250,0	**14,10**	76009	0,024	0,14921	15,0837	3,8838	0,0192	1916	0	1916
17	320,0	**12,08**	79602	0,023	0,10047	15,2121	3,9003	0,0129	1286	0	1286
18	320,0	**12,08**	79602	0,023	0,10326	15,4016	3,9245	0,0131	1313	0	1313

III KORAK- IZLAZNI PODACI

Izlazni podaci matematičkog modela ispisani redom u nastavku odnose se na cjelokupnu modeliranu plinovodnu mrežu, a grupirani su tako da se za svaki čvor mreže ispisuje podatak o raspoloživom tlaku polaznog cjevovoda u tom čvoru te konačno kontrolni maksimalni pad tlaka za cjelokupnu mrežu s ispisom kritičnog čvora. Za svaki čvor dodatno se kontrolira raspoloživi tlak polaznog cjevovoda u skladu s ranije usvojenim maksimalno dozvoljenim brzinama i padovima tlaka u sustavu. U slučaju da brzina plina na pojedinoj dionici prijeđe dozvoljenu vrijednost, korisnik se automatski izvješćuje o grešci i upućuje na izmjenu parametara kritičnih dionica plinovoda.

7. TLAK U ČVOROVIMA MREŽE

OZNAKA ČVORA	TLAK U ČVORU [bar]
Č 1	4,0000
Č 2	3,9865
Č 3	3,9376
Č 4	3,9131
Č 5	3,9055
Č 6	3,9050

Č 7	*3,9029*
Č 8	*3,9059*
Č 9	*3,9138*
Č 10	*3,9498*
Č 11	*3,9855*
Č 12	*3,9115*
Č 13	*3,8638*
Č 14	*3,8930*
Č 15	*3,8936*
Č 16	*3,8838*

$p_{n,min}$	Δp_{max}	u čvoru
[bar]	**[bar]**	**Č.**
3,8638	**0,1362**	**13**

Dodatni gubitak tlaka na uređajima:

plinomjer, Δp_{max}=	0,0	[mbar]
ostalo, Δp_{ost}=	0,0	[mbar]

Te je ukupni hidraulički pad tlaka na plinskoj mreži

Δp_{ukupno}=	**0,1362**	**[bar]**

IV KORAK - ANALIZA REZULTATA

Datoteke „6. HIDRAULIČKI PRORAČUN PADA TLAKA PO DIONICAMA“ i „7. TLAK U ČVOROVIMA MREŽE“ su kreirane na način da pružaju jednostavan pregled kako pojedinih dionica i čvorova razmatranog sustava, tako i cjeline. Iz njih se općenito iščitavaju sljedeće stavke:

- dimenzije pojedinih dionica plinovoda koje su određene Prostornim planom luke s hidrauličkog aspekta ne odgovaraju zahtjevima tehničkih smjernica i preporuka za projektiranje plinskih mreža. Vidljivo je da na nekim dionicama brzine plina znatno prelaze 20 m/s što može uzrokovati poremećaje strujanja plina unutar cijevi

- maksimalni očekivani pad tlaka na zadnjem potrošaču iznosi ca. 140 mbar što je znatno manje od prihvatljivih 10% radnog tlaka (dozvoljeno ca. 400 mbar), dakle sveukupno gledajući, ova plinska mreža će imati mogućnosti za daljnja proširenja plinskog konzuma pod uvjetom da se navedene kritične dionice pravilno dimenzioniraju

NAPOMENA:

Prikazan je proračun plinovodne mreže zrakastog tipa. U slučaju da se treba provesti proračun prstenaste plinske mreže, bilo bi potrebno obuhvatiti Kirchoffova pravila čvorova mreže i to uvođenjem iterativnih cirkularnih jednadžbi za svaku pojedinačnu dionicu.

4. ZAKLJUČAK

Izloženi model hidrauličkog proračuna plinovodne mreže srednjeg tlaka ukazuje na praktički neograničenu složenost strukture matematičkog modela kojeg je moguće provesti uporabom tabličnog kalkulatora. Ovo je samo jedan od mogućih zadataka i tehničkih izazova s kojima se inženjeri raznih struka svakodnevno susreću, a pri čemu ovakvi matematički modeli bivaju od neizmjerne pomoći.

Zvonimir Brković

SCHIEDEL SISTEM DIMNJAKA ADVANCE
SCHIEDEL CHIMNEY SYSTEM ADVANCE

Schiedel sistem ADVANCE najnoviji je, moderan, univerzalni sistem dimnjaka s kojim je SCHIEDEL napravio korak u budućnost, pa zbog toga ni do odabira engleske riječi „ADVANCE“, koja označava „NAPREDAK“, za taj najnoviji sistem dimnjaka nije došlo slučajno.

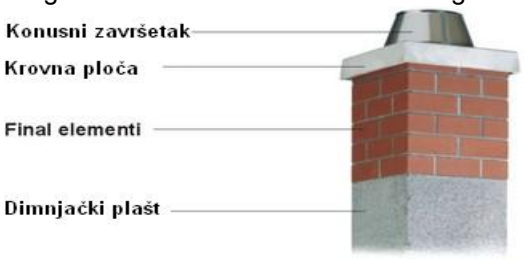


Kako bi poboljšali i unaprijedili tržištu dobro poznat i odlično prihvaćen sistem dimnjaka UNI plus i zadovoljili zahtjeve za univerzalnošću sistema dimnjaka za sve vrste energenata i ložišta, razvili smo i izradili najmoderniju profilnu cijev od tehničke keramike. Ono što zaista ADVANCE razlikuje od ostalih sistema na tržištu je upravo ta profilna cijev od tehničke keramike. Cijev se proizvodi specijalnim izostatičkim suhim postupkom, tlačenjem pod visokim tlakom, na način da se 15 mm pripremljene sirovine od vrlo finih čestica, tlači na 6 mm debljine stjenke cijevi. Takav postupak osigurava profilnoj cijevi od tehničke keramike vrhunske karakteristike za siguran rad, otpornost na temperaturne promjene, kiseline, apsolutnu neosjetljivost na kondenzat te visoku tvrdoću, bez obzira o kakvom se ložištu ili vrsti goriva radi. Cijev je izvedena u dužini od 1,33 m, 0,66 i 0,33 m, s proširenjem na kraju cijevi, što omogućava brzu i jednostavnu montažu, te maksimalnu sigurnost od propuštanja, obzirom se spajanje cijevi izvodi uticanjem cijevi u cijev. Cijev je sukladna hrvatskoj normi HRN EN 1457 kl. A1N1/B2N1/D3P1.

Ta cijev je srce novog sistema dimnjaka ADVANCE, a u kombinaciji s plaštem i priborom dobro poznatog i isprobanog sistema dimnjaka UNI plus, predstavlja potpuno pouzdani sistem, koji omogućuje sigurnost, ugodnost i neovisnost za više generacija.

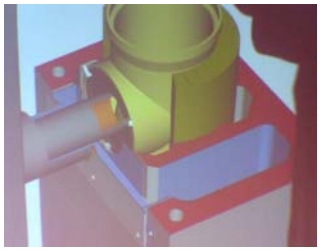
Zahvaljujući najnaprednijoj tehnologiji izrade izostatične profilne cijevi od tehničke keramike, ADVANCE sistem dimnjaka pruža maksimalnu neosjetljivost na nepovoljne uvjete, kao što su vlaga, kiselina, mogućnost zapaljenja čađe i izloženost agresivnom kondenzatu.

Sistem je namijenjen prije svega za sve vrste plinskih trošila, ali se zbog svojih karakteristika može ugrađivati za sve vrsta ložišta i energenata, kod visokih i niskih temperatura dimnih plinova, u mokrim i suhim uvjetima, podtlaku i predtalku. Njegova univerzalnost proizlazi iz činjenice da može biti ugrađen u ekstremnim uvjetima visokih temperatura dimnih plinova i otpornosti na zapaljenje čađe, ali je isto tako pogodan za ugradnju kod vrlo niskih izlaznih temperatura dimnih plinova kod kondenzacijskih ložišta i otporan na vrlo agresivni kondenzat koji nastaje u dimnjaku.





Sistem ADVANCE sukladan je novim Tehničkim propisima za dimnjake u građevinama i hrvatskoj normi HRN EN 13063-1 za suhe uvjete, klase T400 N1 D 3 G50 i HRN EN 13063-2 za vlažne uvjete, klase T200 N1 W 2 O00. Posebna prednost Schiedel ADVANCA je u njegovoj kasnijoj prilagodbi i mogućnosti izbora drugog sistema grijanja prije svega za obiteljske kuće, u slučaju energetskih kriza ili obrnuto, prelaska sa klasičnog grijanja na grijanje pomoću plinskog turbo aparata i sl. Sistem je opremljen dodatnom opremom, tako da se pomoću ugradnje odgovarajućih adaptera može priključiti bilo koje ložište, ako se projektira i ugradi sistem sa kanalom za zrak koji služi za dovod zraka u



trošilo, npr. za priključivanje kondenzacijskih trošila u protustrujnom postupku. Na kraju može se zaključiti da bitne prednosti u odnosu na ostale sisteme koji postoje na tržištu jesu:
1. garantirana sigurnost zahvaljujući najnaprednijoj profilnoj cijevi od tehničke keramike
2.otpornost na temperature, vlagu, agresivan kondenzat i kiseline
3.primjenjivost za sve vrste goriva: plin, tekuća i tvrda goriva
4.posebno razvijen profil cijevi za povećani učinak izmjene topline
5.ekološki podoban zbog manjih emisija dimnih plinova i sirovina koje se u njega ugrađuju
6.brza montaža zahvaljujući cijevima od 1,33 m, 0,66 m i 0,33 m, te praktičnim paketima i završecima dimnjaka
Sistem se proizvodi kao jednokanalni, jednokanalni sa ventilacijom, dvokanalni, dvokanalni sa ventilacijom i kombinirani od profila 14 do 20 cm.

Zvonimir Brković

Topličanec Boris

Decentralizirana proizvodnja struje i topline – ecoPOWER

Ključne riječi: decentralizirana proizvodnja struje
mikro – kogeneracija
plinski motor
zaštita okoliša

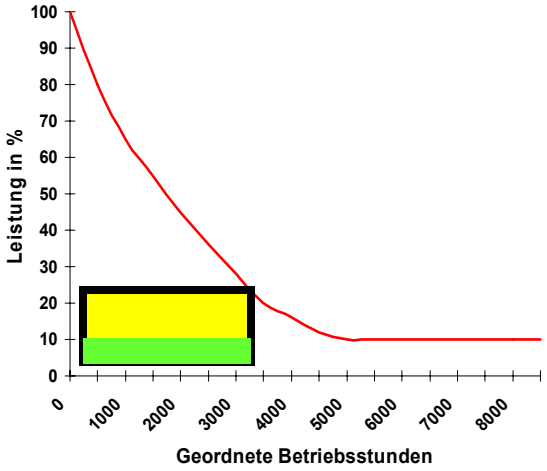
Unatoč toga što se današnjom Europom širi trend ujedinjenja i razvoja tržišta energije,velika važnost se posvečuje efikasnom iskorištenju energije u svakoj državi za sebe.Snagu i važnost pojedine države u regiji, uz druge čimbenike određuje energetska neovisnost. Danas se eksploatacija energije zapravo zasniva na fosilinim oblicima,pri čemu mogućnost korištenja iste postaje svakim danom sve složenija. Otežavajuće okolnosti uz smanjenje rezervi predstavljaju razni politički i ekološki događaji.Ovdje prvenstveno mislimo na događaje na Bliskom istoku,sukobe koji direktno utječu na cijenu nafte dok sa druge strane sve češće nas pogađaju velike prirodne katastrofe kao poplave,suše...Upravo to su razlozi zbog kojih decentralizirana proizvodnja struje i topline ima veliku važnosti.

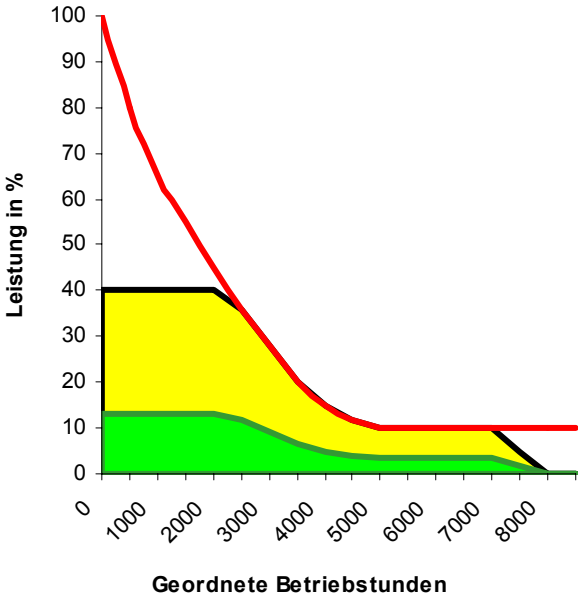
Razvojni timovi u Vaillantu,visoke ekološke svijesti, konstantno rade na udovoljenju novih zahtjeva tržišta.S druge strane Vaillant konstantno izdvaja velika sredstva za razvoj novih tehnologija. To nas je i dovelo na vodeću poziciju u svijetu u oblasti grijanja i pripreme potrošne tople vode a sve to uz razvoj visoko kvalitetnih,sofisticiranih i za krajnjeg korisnika ergonomski konstruiranih automatika.Kako bi nova tehnološka rješenja mogla zaživjeti i na terenu velika važnost se pridaje transferu znanja.Radi toga Vaillant organizira redovite obuke svojih djelatnika.Tako je i organiziran seminar u Vaillantovom pogonu u Geri,, početkom ožujka,na kom su sudjelovali djelatnici Predstavništva iz Zagreba i Ljubljane.Seminaru su prisustvovala i dvojica Vaillantovih ovlaštenih servisera,gosp.Mlinarević iz Osijeka i gosp.Tošnjak iz Ljubljane koji će preuzeti održavanje prvih primjeraka kogeneracijskih uređaja koji će biti prodani na teritoriju za koje je zaduženo Predstavništvo Vaillant.



Razvoj i primjena novih tehnologija dovela nas je danas u situaciju da možemo ponuditi i „ običnom“ čovjeku mogućnost vlastite proizvodnje struje i topline u svom domu.Međutim,kao i uvijek na prvo mjesto „proguraju“ se investicijski troškovi,koji su kod primjena novih tehnologija obično viši no što je to slučaj kad primjenjujemo konvencionalna rješenja.To je momenat kada se zapravo mora uključiti i država,jer kao što smo rekli na samom početku,energetska neovisnost i ekologija (sjetimo se obaveza preuzetih potpisivanjem Kyoto protokola) moraju biti od velikog značaja u politici svake države.
Dakle sada tek dolazimo i do činjenica da je upotreba kogeneracijskih postrojenja interesantna i zbog ušteda u prijenosu energije (izbjegavaju se gubici u prijenosu) i štednja primarnih resursa.

Srce Vaillantovog mikro-kogeneracijskog postrojenja je plinski motor.Naime,radi se o četverotaktnom plinskom motoru sa jednim cilindrom, 272 cm3.Sami motor radi sa promjenjivim brojem okretaja u rasponu od 1700 do 3600 o / min.Upravo takav rad omogućava nam da, u usporedbi sa postrojenjem sa konstantnim brojem okretaja,bitno duži period tokom godine pokrivamo svoje potrebe za toplinom i strujom bez upotrebe dodatnih uređaja tj. bez da pokrivamo svoje potrebe za strujom iz javne elektro distributivne mreže,slike 1 i 2.

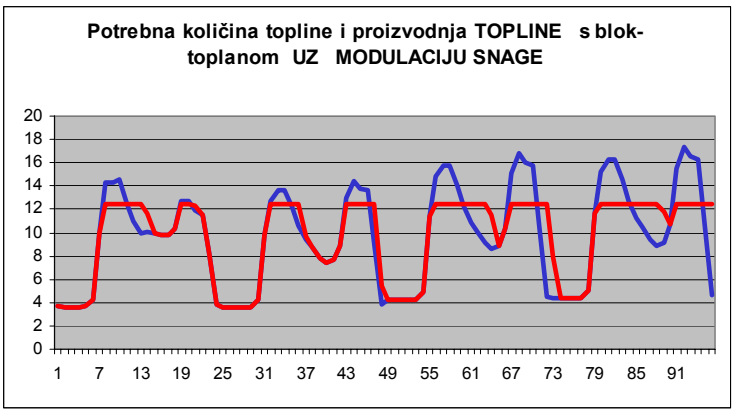


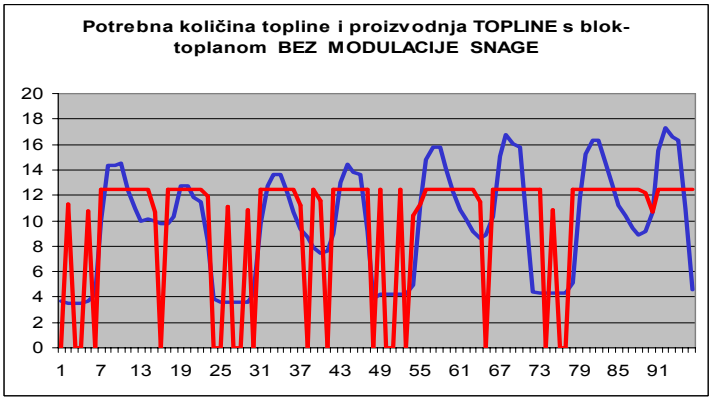


Slika 1.konst.br.okr.

slika 2,s promjenj.br. okretaja

Osim toga prilikom usporedbe dijagrama rada postrojenja sa modulacijom snage i stvarnih potreba u obiteljskoj kući sa četiri člana vidimo da se ti dijagrami gotovo preklapaju tako da vlastita proizvodnja topline i struje ne pokriva samo vršne potrebe u domaćinstvu.Promatrajući plinske motore bez modulacije snage vidimo velika odstupanja između dijagrama rada motora i dijagrama koji prikazuje potrebe jednog domaćinstva,slika 3.





Kada govorimo o upravljanju ,korisnik može odabrati strujno ili toplinsko upravljanje radom motora.Prlikom odabira rada strujno upravljanje, ponovno nam stoje dvije opcije na raspolaganju.Naime, u koliko poznamo vlastitu potrošnju struje (snimanje potrošnje) možemo podesiti tri fiksna broja okretaja u određenim vremenskim intervalima.S druge strane imamo i na raspolaganju mogućnost spajanja impulsnog izlaza brojila sa motorom pa se cjelokupni rad motora prilagođava trenutnim zahtjevima korisnika.
Tokom rada ecoPOWER odaje izuzetno nisku emisiju štetnih tvari putem dimnih plinova u okolinu (prema TA – Luft 2002).
Motor može biti priključen na prirodni (0,6 – 1,9 m3) i ukapljeni plin (propan 0,76 – 1,55 kg / h).

Ugljični monoksid – opasnost i zaštita

Dragutin Sekulić

Moguće opasnosti

- Opasnosti trovanja
- Opasnosti od nastanka eksplozivnih smjesa

Gorenje ugljika

- Ugljik se nalazi u krutim, tekućim i plinovitim tvarima
- Zapaljen na zraku ili u kisiku gori.
- Uz nedovoljan dostup zraka nastaje **ugljični monoksid**, CO.
- $2\ C + O_2 \rightarrow 2\ CO$ •
- Uz dovoljan dostup zraka nastaje **ugljični dioksid**, CO_2
- $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Bilanca tvari i energije

- Kod izgaranja ugljika potreban je kisik
  - Nepotpuno izgaranje uz 6470 l zraka daje 101.66 kJ i produkt CO
  - Potpuno izgaranje treba 8850 l zraka i daje 33.842 kJ uz produkt CO_2
- **Potpuno izgaranje treba 26% zraka više, a nastaje 70% više energije**

Štetno djelovanje

- Transport kisika u tijelu je krvotokom:
  - Kisik se u plućima veže na eritrocite u krvi i transportira po tijelu
  - U stanicama se uzima kisikod krvi i predaje ugljični dioksid
- Ugljični monoksid ima 250 puta veći afinitet spajanja s hemoglobinom pa istiskuje kisik iz krvi i sprečava izmjenu tvari u organizmu
- Također se vezuje uz mioglobin što vodi do slabosti mišića, poremećaja koordinacije pokreta i nemogućnost hijega

Ugljični monoksid

- Ugljični monoksid je bezbojan i otrovan plin.
- Prvi znak trovanja ugljičnim monoksidom je **glavobolja**.
- Ima ga u ispušnim plinovima automobila.
- Zato se motori automobila ne smiju paliti u zatvorenim garažama.

Sadržaj CO u zraku %

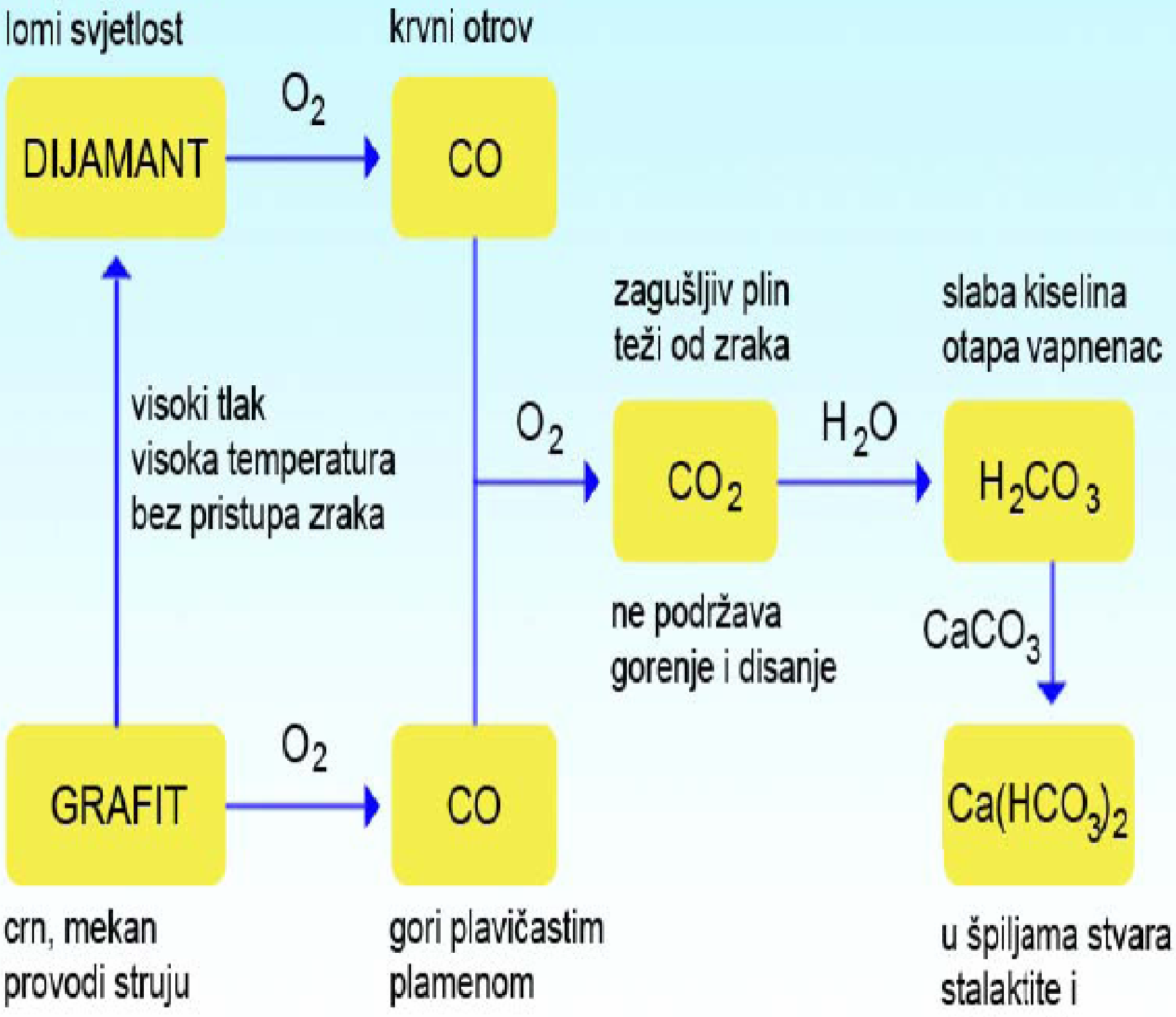
- Ugljični monoksid je plin bez boje i mirisa, te ga je nemoguće osjetiti u zraku.
- Simptomi:
  - 0,00-0,04 glavobolja, nedostak daha
  - 0,04-0,064 umor, nesvjestica
  - O,o64-0,4 nesvjestica, prestanak disanja
  - Iznad 0,4 smrt u roku od 5 do 10 minuta

Prateće pojave

- Ako osoba udahne plin, u plućima se preko krvi veže s hemoglobinom i djeluje vrlo brzo i
- Osobe koje pak i osjete simptome trovanja te posumnjaju na prisutnost plina, ustaju iz stolice ili kreveta i refleksno kreću prema prozoru ili vratima,
- CO je lakši od zraka i nalazi se u gornjim dijelovima prostorije, a to je područje glave uspravljenog čovjeka
- Većina ugušenih osoba tijelima okrenuto upravo u smjeru prozora ili vrata, do kojih na žalost nisu stigli

Gorenje ugljičnog monoksida

- Ugljični monoksid gori na zraku ili u kisiku pri čemu nastaje ugljikov dioksid, CO_2
- $2\ CO + O2 \rightarrow 2\ CO_2$
- Gustoća ugljičnog dioksida veća je od gustoće zraka i sakuplja se u donjim dijelovima prostorija
- Nije otrovan ali onemogućuje disanje i gorenje, te dovodi do gušenja zbog manjska kisika u zraku.


lomi svjetlost
krvni otrov
DIJAMANT
O_2
CO
zagušljiv plin
teži od zraka
slaba kiselina
otapa vapnenac
visoki tlak
visoka temperatura
bez pristupa zraka
O_2
CO_2
H_2O
H_2CO_3
ne podržava
gorenje i disanje
$CaCO_3$
GRAFIT
O_2
CO
$Ca(HCO_3)_2$
crn, mekan
provodi struju
gori plavičastim
plamenom
u špiljama stvara
stalaktite i

Zemni plin

- Metan ili zemni plin pogodan je za upotrebu u kućanstvu za kuhanje hrane i zagrijavanje prostorija.
- Ne ostavlja pepeo i ne čađi.
- Uz dovoljan dotok zraka izgara lijepim plavičastim plamenom u ugljični dioksid i vodu.
- $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

Gorenje metana

- Uz nedovoljan dotok zraka izgara čađavim plamenom.
- Pritom nastaje **ugljični monoksid** koji je jak krvni otrov
- $2\ CH_4 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO + 4\ H_2O$

Izvješća

- ZAGREB, 6. Siječnja:
- Troje studenata, dva mladića i jedna djevojka pronađeni su u ponedjeljak pola sata prije ponoći mrtvi u suterenskom stanu na Kraljevcu 8.
- Uzrok smrti je gušenje ugljičnim monoksidom iz neispravnog bojlera u kupaonici.

Izvješće 2

- Na tijelima bračnog para D. G (24) i S.S. (26) iz Slavonskog Broda te njihovog prijatelja B. J. (23) koji su bili podstanari u stanu u kojem su se ugu.ili nije bilo vidljivih znakova nasilja.
- Pronađeni su mrtvi u stanu

Znakovi trovanja

- Znakovi trovanja ugljčnim-monoksidom podsjećaju na gripu.
- Mnoge osobe čak i ne znaju da su udisale ugljični monoksid.
- Oni koji prežive, mogu ostati sa oštećenjima mozga, izgubiti vid ili sluh, ili patiti od srčanih tegoba.

Izvori nastajanja

Uobičajeni izvori ugljičnog-monoksida su:

- Peći, bojleri i grijači vode na gas i naftu
- Štednjaci i kamini na drva
- Uređaji na gas, poput rerni, štednjaka i strojeva za sušenje rublja
- Ogrjevni uređaji koji sagorijevaju kruta, tekuća i plinovita goriva
- Roštilji sa ugljenom ili plinski

- Vozila
- Neispravni dimovodni sustavi

Osjećaj djelovanja

- Udisanje malih količina ugljičnog monoksida može oštetiti mozak, srce i druge dijelove tijela.
- Pri višim dozama, mozgu je kisik do te mjere uskraćen da se ne može jasno misliti.
- Gubi se kontrolu nad mišićima i može biti onemogućeno sklanjanje na sigurno.
- Visoka doza ugljičnog monoksida može izazvati gubitak svijesti, komu ili smrt.



Simptomi prisustva CO

- Ljudi obično misle da je trovanje ugljičnim monoksidom gripa. To je zato što se osjećaju kao da imaju gripu.
- Znaci blagog trovanja ugljen-monoksidom mogu biti: glavobolja , muka , povraćanje, vrtoglavica, zbrkanost, umor, malaksalost, pospanost , pritisak u grudima, otežano disanje
- I promjene na osjetilima vida, mirisa, sluha, dodira i ukusa su neki od simptoma.

Opasne koncentracije

- Eksplozivna koncentracija ugljičnog monoksida u zraku iznosi 12,5 do 75%
- Maksimalne dopuštene koncentracije u zraku u prostorima boravka iznosi 30 ml/m^3 (ppm) odnosno 33 mg/ m^3

KONTROLA PLINOVODA I KUĆNIH PRIKLJUČAKA

Željko Krklec, dipl.ing.str.
Tomislav Pavić, dipl.ing.str.
Hrvoje Pešut, ing.građ.

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
Osijek, 2008.

Svaki plinovod koji je u pogonu potrebno je kontrolirati.

KONTROLA – provođenje mjera sa svrhom utvrđivanja ili procjene stvarnog stanja plinovoda.

Rokovi i metode kontrole opisani su u tehničkim pravilima plinske struke.

Tehnička pravila:

DVGW G 465-1 (11/1997) - Kontrola plinovoda radnog tlaka do 4 bar

DVGW G 465-2 (04/2002) - Plinovodi radnog tlaka do 5 bar - Održavanje

DVGW G 465-3 (10/2000) - Klasifikacija propuštanja na podzemnim i nadzemnim plinovodima

DVGW G 466-1 (04/2002) - Čelični plinovodi radnog tlaka iznad 5 bar - Održavanje

Rokovi kontrole plinovoda do 4 (5) bar ovise o broju pronađenih propusnih mjesta po kilometru plinovoda i o radnom tlaku plinovoda - (DVGW G 465-1)

Propusnosti po **km** plinske mreže	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1
Radni tlak	Rokovi kontrole u **godinama**		
do 100 mbar	6*	4	2
od 100 mbar do 1 bar	4*	2	1
>1bar	2*	1	1/2

* Rokovi vrijede za PE plinovode i katodno štićene čelične plinovode.

Rokovi kontrole čeličnih plinovoda radnog tlaka > 5 bar ovise o blizini objekata pored kojih prolaze (objekti namijenjeni trajnom boravku ljudi) - (DVGW G 466-1)

	Vizuelna kontrola trase		Kontrola indikatorom plina
	Hodanjem, vozilom	Letjelicom	
Objekti namijenjeni trajnom boravku ljudi na udaljenosti < 20 m	svaka 2 mjeseca	1 x mjesečno	1 x godišnje
Neizgrađena područja	svaka 4 mjeseca	1 do 2 x mjesečno *(2 x godišnje određene točke hodanjem)*	-
Područja gdje postoji mogućnost utjecaja rudarske djelatnosti (slijeganje tla, ...)	svakih 14 dana *(objekti bliži od 20 m)*	-	Elementi na plinovodu (okna, zapori, ...)
	1 x mjesečno *(neizgrađena područja)*	-	Elementi na plinovodu (okna, zapori, ...)

Kućni priključci položeni u zemlju ispituju se u rokovima kao i distributivni plinovodi. (DVGW G 465-1)

Kućni priključci unutar objekta ispituju se na ispravnost i nepropusnost najmanje jednom u 12 godina. (DVGW G 465-1)

Zaporni elementi na plinovodu moraju se funkcionalno ispitati 1 x godišnje.

Metode kontrole:

- Vizuelna
  - Hodanjem
  - Vozilom
  - Letjelicom
- Indikatorom plina
  - Hodanjem
  - Vozilom

Vizuelna kontrola trase obuhvaća:

- promatranje promjena na vegetaciji u blizini trase,
- promatranje radova u blizini trase plinovoda,
- promatranje promjena u smislu novoizgrađenih objekata u blizini ili na trasi

U praksi se pokazalo da se često izgradi novi objekt ili proširi postojeći objekt na trasi kućnog priključka.

Kontrola indikatorom plina: (DVGW G 465-1)

• Kontrola njuškalom po površini terena pri laganom hodu po trasi plinovoda

• Kontrola nabušivanjem po trasi plinovoda
- udaljenost nabušenih rupa ne bi smjela biti veća od 2,5 m
- dubina nabušivanja cca 30 cm, odnosno dublje pri dubini ukapanja plinovoda većoj od 1 m
- *ograničenja radi vrste tla (zemlja lakše, ostalo problem*)

• *Kontrola vozilom vožnjom uz trasu plinovoda*
- *naša iskustva nisu pokazala zadovoljavajuće rezultate u pogledu sigurnog detektiranja manjih koncentracija pri površini*

KONTROLA PLINOVODA I KUĆNIH PRIKLJUČAKA



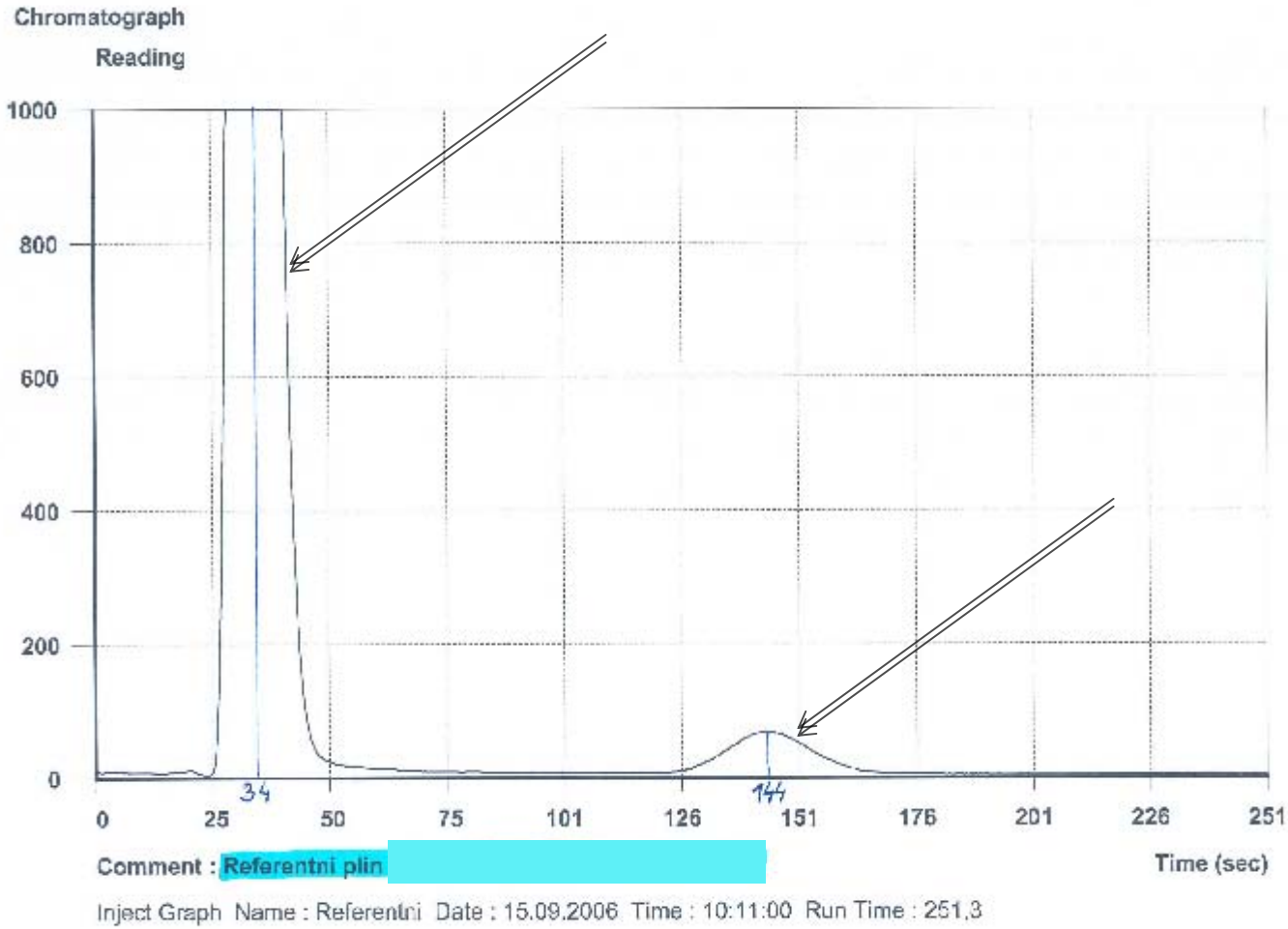
Prilikom kontrole indikatorom plina sva okna i elemente na plinovodu, te područja uz objekte i okna drugih komunalnih instalacija u blizini kojih prolazi plinovod potrebno je kontrolirati indikatorom plina.

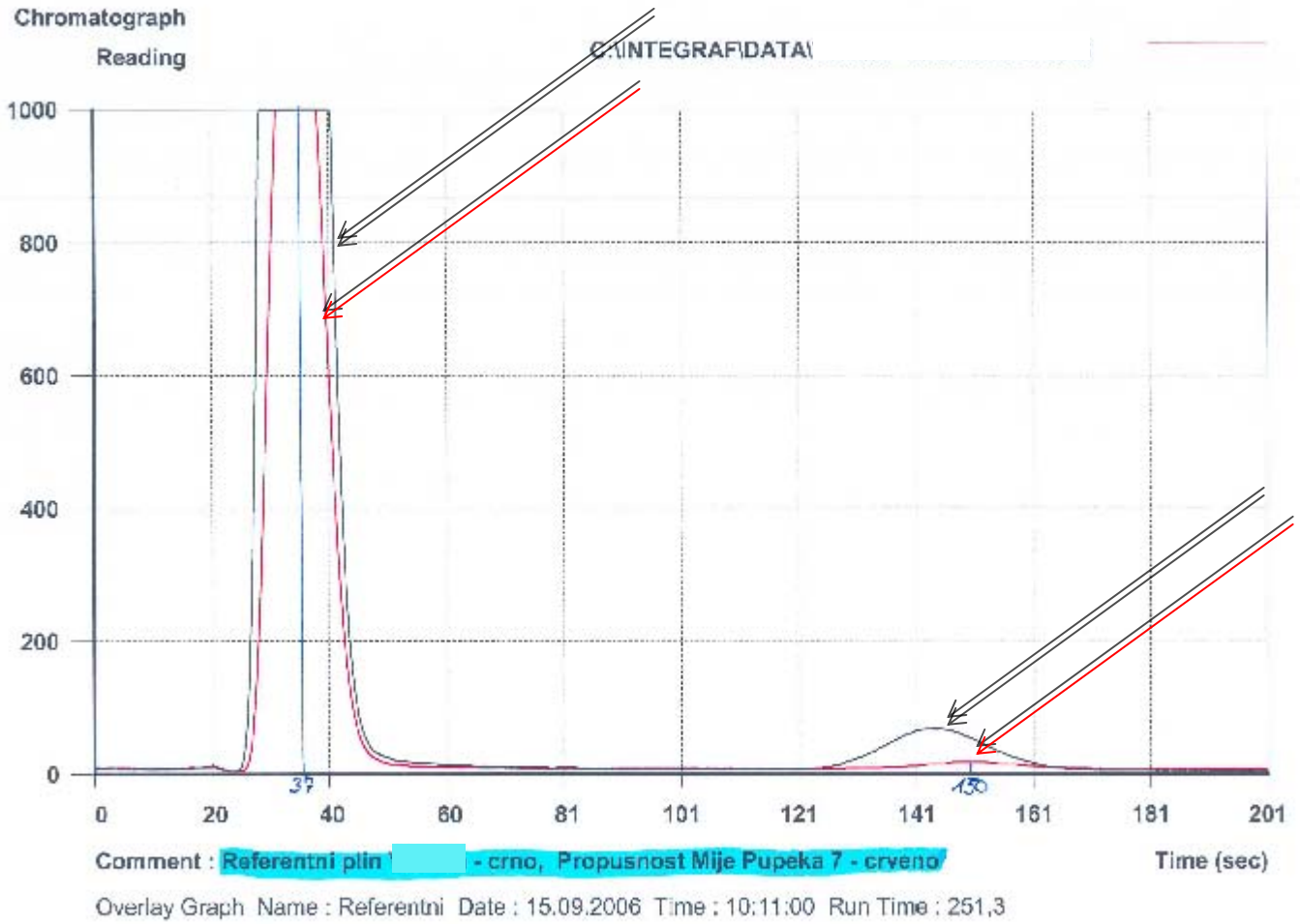
KONTROLA PLINOVODA I KUĆNIH PRIKLJUČAKA



Utjecaji na kvalitetu ispitivanja:

- propusnost površine tla (smrznuto tlo, asfalt, ...),
- vrsta tla i pokrova plinovoda,
- put plina kroz tlo (linija lakšeg otpora),
- nagib terena (plinovoda),
- vlažnost, temperatura tla
- djelovanje bakterija u tlu (procesi raspadanja i nastajanja bioplina),
- ispušni plinovi automobila (CO)


Chromatograph
Reading
1000
800
600
400
200
0
34
144
0
25
50
75
101
126
151
176
201
226
251
Time (sec)
Comment : Referentni plin
Inject Graph Name : Referentni Date : 15.09.2006 Time : 10:11:00 Run Time : 251,3

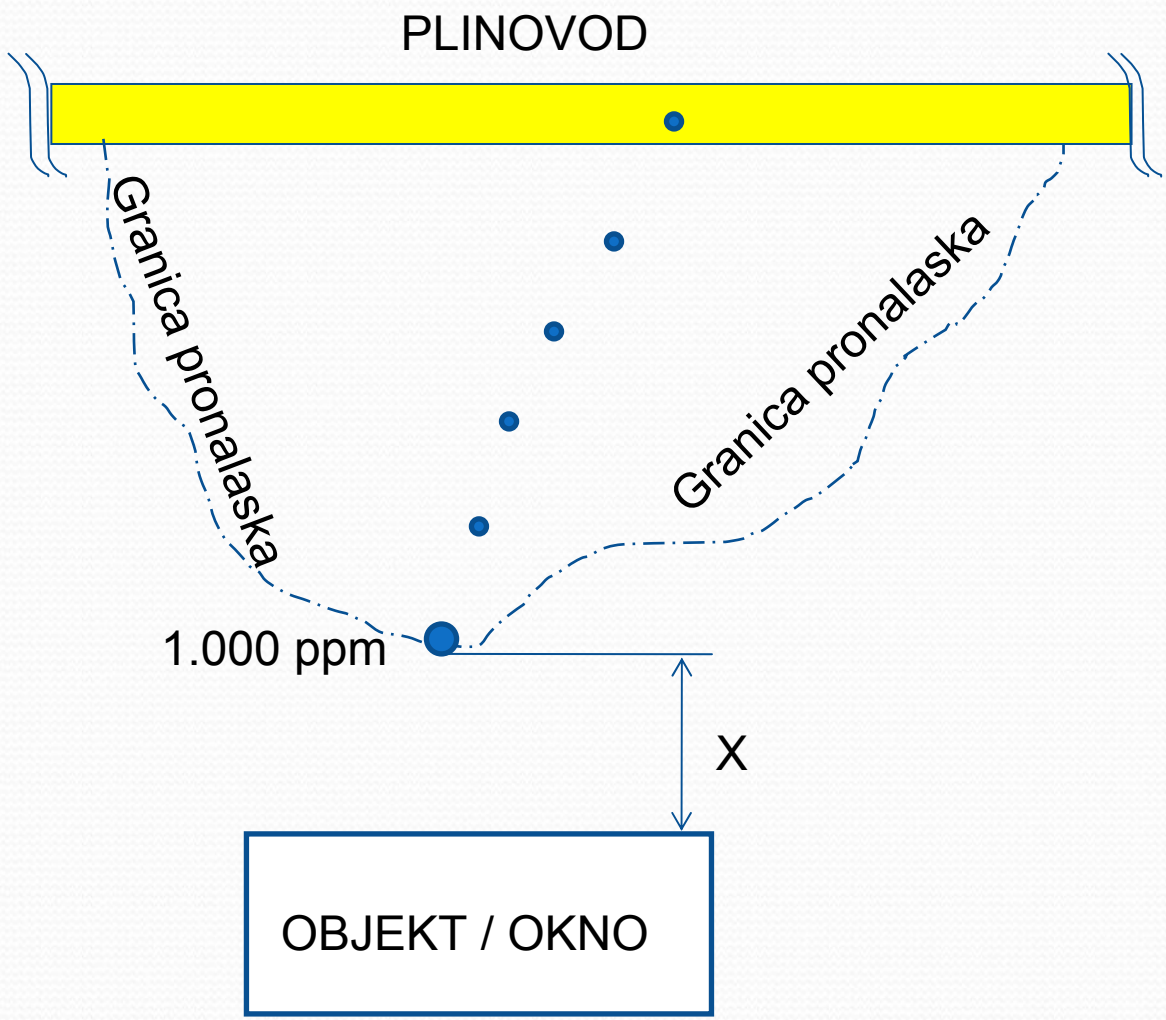

Chromatograph
Reading
C:\INTEGRAF\DATA\
1000
800
600
400
200
0
37
130
0
20
40
60
81
101
121
141
161
181
201
Comment : Referentni plin - crno, Propusnost Mije Pupeka 7 - crveno
Time (sec)
Overlay Graph Name : Referentni Date : 15.09.2006 Time : 10:11:00 Run Time : 251,3

Klasifikacija propuštanja podzemnih plinovoda: (DVGW G 465-3)

Nakon pronalaska propuštanja vrši se klasifikacija propusnih mjesta.

Provodi se radi određivanja mjera koje se poduzimaju u svrhu sigurnog korištenja plinovoda.

Kriterij klasifikacije je udaljenost granice pronalaska propusnosti od građevine odnosno podzemnih okna i šupljina.


PLINOVOD
Granica pronalaska
Granica pronalaska
1.000 ppm
X
OBJEKT / OKNO

(DVGW G 465-3)

Klasa	Mjesto pronalaska udaljenost (x) od objekta u **m**	Mjere	Kontrola	Početak sanacije
AI	U objektu	Poduzeti sigurnosne mjere	Prema potrebi do otklanjanja	Bez odgode, ODMAH
AII	0 do 1	Poduzeti mjere sigurnosti	Dnevna, tjedna	Unutar 1 tjedna
B	1 do 4	Riješiti planskim održavanjem	2 x mjesečno, zimi dnevno do svakih 14 dana	Prije zime, prema planu održavanja
C	> 4	Riješiti planskim održavanjem	Prema potrebi, zimi dnevno do svakih 14 dana	Prema potrebi i planu održavanja

Kontrola plinovoda i kućnih priključaka treba biti dokumentirana.

Izvještaj o kontroli treba sadržavati slijedeće podatke:

- naziv tvrtke koja je obavila ispitivanje,
- lokaciju ispitivanja,
- datum ispitivanja,
- popis ispitivača,
- popis korištenih uređaja i metoda,
- osnovne podatke o plinovodu (materijal, radni tlak,...),
- vremenske uvijete za vrijeme ispitivanja,
- rezultate ispitivanja (mjesta propuštanja i uočene nedostatke),
- mjesta propuštanja (trebaju biti skicirana).

OBAVIJEST

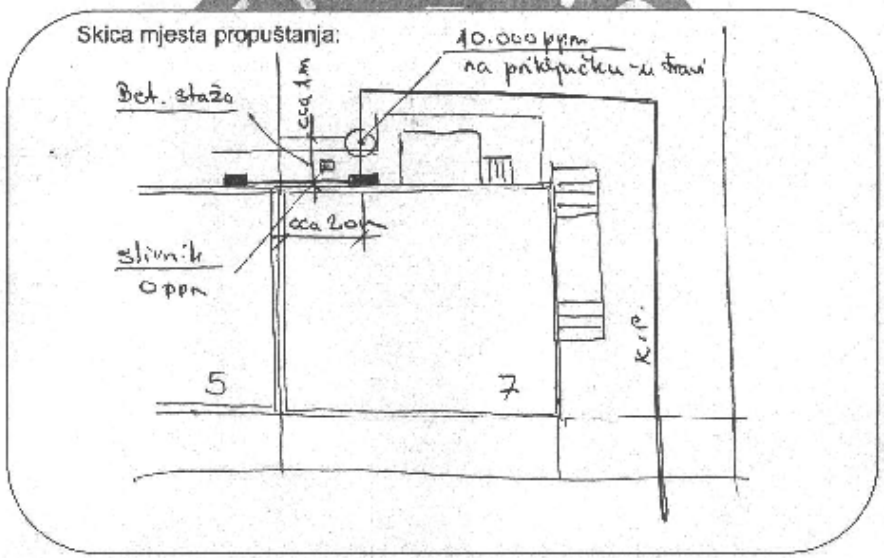
o pronađenoj propusnosti na lokaciji: MIJE PUPEKA 7 dvorište (iza objekta)

Datum: 05.09.2006

Vrijeme: 17⁰⁰

Pronađena propusnost predstavlja opasnost, te je potrebno ODMAH osigurati lokaciju propusnosti od nekontroliranog pristupa i pristupiti saniranju iste.

Skica mjesta propuštanja:



Predstavnik Investitora - Distributera preuzima na sebe osiguranje lokacije od nekontroliranog pristupa neovlaštenih osoba i sanaciju propusnosti.

Za Energonova d.o.o.:

IVAN [illegible]

Za Investitora - Distributera

Primjer pronađenih propusnosti na starom čeličnom plinovodu koji nije katodno štićen.

Godina	Dužina ispitanog plinovoda (**km**)	Ispitani priključci (**kom**)	Propusnosti na plinovodu (**kom**)	Propusnosti u ormarićima
2002	26	923	12	268
2004	26	964	21	301
2005	26	981	15	350
2006	26	1020	9	324

Primjer pronađenih propusnosti na novom PE plinovodu.

Godina	Dužina ispitanog plinovoda (**km**)	Ispitani priključci (**kom**)	Propusnosti na plinovodu (**kom**)	Propusnosti u ormarićima
2000	8,5	191	-	11
2002	11	263	-	7
2004	11	292	1 (priključak)	9
2006	11	321	-	7



Uz vizuelnu kontrolu trase i kontrolu indikatorom plina mnogo kompleksnije ispitivanje koje se provodi u svrhu ocjene stanja postojećeg plinovoda može se podijeliti u tri grupe:

- Ispitivanje plinovoda za vrijeme rada bez otkapanja plinovoda
- Ispitivanje plinovoda za vrijeme rada s otkapanjem plinovoda
- Ispitivanje plinovoda s obustavom rada

•**<u>Ispitivanje plinovoda za vrijeme rada bez otkapanja plinovoda:</u>**

- kontrola katodne zaštite

- kontrola vanjske propusnosti detektorom plina

- kontrola oštećenja izolacije Pearsonovom detekcijom

- **<u>Ispitivanje plinovoda za vrijeme rada s otkapanjem plinovoda:</u>**

  - kontrola probojnosti izolacije visokonaponskim detektorom

  - kontrola debljine izolacije

  - kontrola ovalnosti cijevi

  - kontrola debljine stijenke

  - radiografska kontrola zavara

  - mjerenje tvrdoće u zoni zavarenog spoja

  - kontrola prijanjanja (adhezije) izolacije na podlogu i površinska kontrola stanja cijevi

- **<u>Ispitivanje plinovoda s obustavom rada:</u>**

  - vizuelna kontrola unutarnje stijenke otvaranjem dijela plinovoda, endoskopom

  - tlačna proba plinovoda ili stress test

  - unutarnja kontrola geometrije plinovoda i stanja cijevi «PIG» postupkom

HVALA NA PAŽNJI

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Hrvoje Pešut, ing. građ.
Tomislav Pavić, dipl.ing.str.
Željko Krklec, dipl.ing.str.

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
Osijek, 2008.

Plinska instalacija je instalacija od glavnog zapora do ispusta dimovodnog uređaja.

Plinska instalacija sastoji se od:

- **cijevne instalacije (plinski cjevovod sa opremom)**
- **plinskih naprava**
- **opskrbe zrakom za izgaranje**
- **dimovodnog uređaja.**

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Ispitivanje ispravnosti i nepropusnosti plinske instalacije vrši se:

- **prije puštanja plinske instalacije u rad**
- **tijekom upotrebe, u vremenskim razmacima obzirom na vrstu (namjenu) plinske instalacije**
- **nakon svake promjene na plinskoj instalaciji.**

Ispitivanje ispravnosti i nepropusnosti plinskih instalacija vrše osposobljene pravne ili fizičke osobe sa ovlaštenjem od strane distributera plina.

Popis propisa i tehničkih smjernica

Tablica 1

NAZIV	BROJ
ZAKON o zapaljivim tekućinama i plinovima	**NN 108/95**
PRAVILNIK o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica	**Sl.list 10/90, 52/90**
ZAKON o zaštiti od požara	**NN 58/93, 33/05, 107/07**
ZAKON o zaštiti na radu	**NN 59/96, 94/96,114/03, 86/08**
PRAVILNIK o listi strojeva i uređaja sa povećanim opasnostima	**NN 47/02**
TEHNIČKI PROPISI za plinske instalacije	**HSUP-P600**
PRAVILNIK o uvjetima provjere plinskih instalacija	**HSUP-P601.111**

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Izvadak iz propisa i tehničkih smjernica

Tablica 2 *Rokovi prema* Zakonu o zapaljivim tekućinama i plinovima, NN 108/1995 (čl. 9, st. 1,2,3)

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
novoizgrađena ili obnovljena (rekonstruirana) plinska instalacija	**prije puštanja u rad**
plinska instalacija te trošila koja se koriste za zagrijavanje radnih prostora i/ili u tehnološkom procesu	najmanje jednom u **5 godina**
plinska instalacija, te trošila u građevini ili dijelu građevine namjenjene za stanovanje	najmanje jednom u **10 godina**

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Tablica 3 *Rokovi prema Pravilniku o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica Sl. list 10/90, 52/90 (čl. 73)*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Plinska instalacija u postrojenjima jediničnog opterećenja do 350 kW	**rok nije propisan**
Plinska instalacija u postrojenjima jediničnog opterećenja većeg od 350 kW	**jednom godišnje**

Tablica 4 *Rokovi prema Zakonu o zaštiti od požara, NN 58/93, 33/05, 107/07 (čl. 18, st. 1, 3)*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
nije provedena podjela	**rok nije propisan**

*Prema Zakonu o zaštiti od požara vlasnici (korisnici) građevina, građevinskih dijelova i prostora dužni su održavati u ispravnom stanju postrojenja, uređaje, električne, plinske ventilacijske i druge instalacije, dimnjake i ložišta kao i druge uređaje koji mogu prouzročiti nastajanje i širenje požara, sukladno tehničkim normativima, normama i uputama proizvođača, o čemu moraju posjedovati dokumentaciju.

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Tablica 5 *Rokovi prema Zakonu o zaštiti na radu, NN 59/96, 94/96, 114/03, 86/08 (čl. 50, st. 1,3,4)*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
nije provedena podjela *obveza poslodavca je ispitivanje u radnim prostorijama u kojima se pri radu koriste ili proizvode opasne tvari	**rok ne može biti dulji od dvije godine** *neovisno od propisanog roka, obveza ispitivanja postoji odmah nakon što su nastali uvjeti zbog kojih je ispitivanje obvezno, kao i nakon svake promjene u radnom okolišu koja ima utjecaja na stanje utvrđeno prethodnim ispitivanjem

Tablica 6 *Rokovi prema Pravilniku o listi strojeva i uređaja s povećanim opasnostima, NN 47/02 (čl. 3 i 4)*

VRSTA STROJA ILI UREĐAJA	ROK ISPITIVANJA
Kotlovnice za centralno grijanje toplinskog učinka **preko 50 kW**	**prije stavljanja u uporabu** **najmanje jedanput nakon dvije godine njihove uporabe** **poslije rekonstrukcije, a prije ponovnog korištenja** **prije početka korištenja na novom mjestu uporabe**
Parni i vrelovodni kotlovi, kotlovi i peći s plamenikom na plinovito ili tekuće gorivo	

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Tablica 7 *Rokovi prema Pravilniku o uvjetima provjere ispravnosti plinskih instalacija, HSUP-P 601.111 (prilog B)*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
plinska instalacija pojedinog stana, zgrade obiteljskog stanovanja do dva stana, stambene zgrade sa više od dva stana, male kućne kotlovnice snage do 50 kW	jednom u **10 godina**
instalacije radnih prostora obrta i male privrede, mala tehnološka postrojenja obrta i male privrede	jednom u **5 godina**
plinske kotlovnice centralnog grijanja snage 50 do 350 kW	**jednom godišnje**
plinske kotlovnice centralnog grijanja snage iznad 350 kW	**jednom godišnje**
plinske instalacije industrijskih mjernih i mjerno regulacijskih postrojenja, industrijskih i tehnoloških postrojenja koje troše plin	**jednom godišnje**

Osvrt na navedene propise i tehničke smjernice

Pregledom propisa i tehničkih smjernica ostaje nerazriješeno pitanje rokova kontrole slijedećih vrsta plinskih instalacija:

- Plinske instalacije u kotlovnici snage do 350 kW
- Plinske instalacije sa termogenima (grijačima zraka) pojedinačne snage **do 50 kW, iznad 50 kW i** plinske instalacije **sa infra grijalicama**
- Plinske instalacije u **zanatsko-ugostiteljskim kuhinjama**, nazivnog toplinskog opterećenja do 50 kW i iznad 50 kW
- Plinske instalacije **u laboratorijima i nastavnim prostorijama prirodnih i tehničkih znanosti**

Iskustva iz prakse

Servisiranje i podešavanje izgaranja plinskih plamenika termogena (grijača zraka) vrši se tek onda kada je podešavanje potrebno zbog zahtjeva za predočenjem zapisnika servisera ili tek onda kad plamenik više ne radi. U velikom broju slučajeva, servis i pregled infra grijalica se ne vrši, kao ni pregled stanja i funkcionalnosti njihovog dimovodnog uređaja.

U zanatsko-ugostiteljskim kuhinjama, najčešće, se plinske naprave ne servisiraju već se iste koriste do krajnjih granica tehničke ispravnosti. Pri pranju i čišćenju prostora kuhinja vrlo često se plinske naprave miču i otpajaju sa plinskog cjevovoda, a plinski cjevovod sa pripadajućom opremom i plinske naprave izložene su trajnoj vlazi i agresivnom djelovanju sredstava za čišćenje.

ROKOVI KONTROLE PLINSKIH INSTALACIJA

Prilikom ispitivanja plinskih instalacija uočeno je da je vrlo malo novih laboratorija nastavnih prostorija prirodnih i tehničkih znanosti, gdje bi se nalazila kompletna nova oprema (digestori, Bunsenovi plamenici, radni stolovi).

U postojećim laboratorijima se koriste stari radni stolovi i digestori, stari laboratorijski pipci, a čest je slučaj Bunsenovih plamenika bez osiguranja od nekontroliranog istjecanja plina (termoelementa), kao i spoj istih na laboratorijske pipce neodgovarajućim fleksibilnim spojem. U velikom broju slučajeva, u starijim laboratorijima su postavljene plinske brzogrijalice (protočni grijači vode) na kojima, od kada su postavljene, nije izvršen servis ili čišćenje.

Prijedlozi rokova kontrole plinskih instalacija

Tablica 8 *Plinske instalacije sa trošilima pojedinačne toplinske snage* ***do 50 kW***

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Plinska instalacija u stanovima i obiteljskim kućama	**8 godina***
Plinska instalacija u radnim prostorima obrta i male privrede i u kancelarijama	**5 godina**
Plinska instalacija u ugostiteljskim prostorima (namjena za grijanje prostora)	**5 godina**

*Prema Naredbi o ovjerenom razdoblju za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila (NN 47/2005).

Tablica 9 *Plinske instalacije u kotlovnicama*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Plinska instalacija u kotlovnici opterećenja od 50 do 350 kW	**2 godine**
Plinska instalacija u kotlovnici opterećenja od 350 kW	**1 godina**

Tablica 10 *Plinske instalacije sa plinskim napravama za zagrijavanje radnih prostora i tehnoloških postrojenja*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Plinska instalacija sa termogenima pojedinačne snage do 50 kW	**5 godina**
Plinska instalacija sa termogenima pojedinačne snage iznad 50 kW	**2 godine**
Plinska instalacija sa infra grijalicama	**5 godina**

Tablica 11 *Plinske instalacije u zanatsko – ugostiteljskim kuhinjama*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Instalacija sa napravama učina do 50 kW i prirodnom ventilacijom	**5 godina**
Instalacija sa napravama učina do 50 kW i prisilnom ventilacijom	**2 godine**
Instalacija sa napravama učina iznad 50 kW	**1 godina**

Tablica 12 *Plinske instalacije u laboratorijima i nastavnim prostorijama prirodnih i tehničkih znanosti*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Instalacija u laboratorijima i prostorijama prirodnih i tehničkih znanosti sa novom opremom	**5 godina**
Instalacija u laboratorijima i prostorijama prirodnih i tehničkih znanosti sa starom opremom	**2 godine**

Tablica 13 *Plinske instalacije u tehnološkim postrojenjima (plinska instalacija se smatra oruđem za rad)*

VRSTA PLINSKE INSTALACIJE	ROK ISPITIVANJA
Instalacija u tehnološkim postrojenja koja troše plin u radnom procesu s radnim tlakom plina od 0,1 do 1 bar	**2 godine**
Instalacija u tehnološkim postrojenja koja troše plin u radnom procesu s radnim tlakom plina iznad 1 bar	**1 godina**

Zaključak

Bez obzira na navedene rokove kontrole i prijedloge rokova, izvanredna kontrola plinske instalacije mora se obavljati nakon svake promjene na plinskoj instalaciji.

Promjenom na plinskoj instalaciji smatraju se radovi na plinskom cjevovodu, zamjena opreme ili ugradnja nove opreme, građevinska rekonstrukcija građevine ili naknadna pregradnja prostorija i svi radovi kojima se može narušiti nepropusnost i pogonska sigurnost plinske instalacije.

HVALA NA PAŽNJI

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
Osijek, 2008.

ODREĐIVANJE UGROŽENOG PROSTORA KOD PROPUSNOSTI PLINA

Tomislav Pavić, dipl.ing.str.
Hrvoje Pešut, ing. građ.
Željko Krklec, dipl.ing.str.

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
Osijek, 2008.

Sadržaj prezentacije

1. Cilj istraživanja
2. Literatura i ispitna oprema
3. Primijenjeni programi za proračun
4. Simulacija propusnosti i određivanje zona opasnosti
5. Procjena ugroženosti prostora s plinskim razvodom
6. Iskustva iz prakse
7. Zaključak

1. Cilj istraživanja

- Demistificiranje “bauka” od opasnosti od plina
- Istraživanje propusnosti propisanih tehničkom regulativom
- Utjecaj propusnosti na stvaranje ugrožene zone
- Utjecaj propusnosti na ugroženost prostora
- Smanjenje troškova korisniku plina primjenom raspoložive tehničke regulative

2. Literatura i ispitna oprema
Literatura

NAZIV PROPISA	Broj
Pravilnik za izvođenje unutarnjih plinskih instalacija	DVGW G 600/07
Naknadno ispitivanje plinskih instalacija	DVGW G 624/98
Postupci za ispitivanje plinovoda i opreme na nepropusnost	DVGW G 469/87
Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica	SL. LIST 10/90
Uređaj za podešavanje i složeni uređaj za podešavanje za plinovita goriva	DIN 3391/79 (HRN M.E3.573) - EN 126/95
Regulatori tlaka plina za ulazni tlak do 100 bar	EN 334/99
Regulatori tlaka plina i sigurnosni uređaji u plinskim instalacijama	DIN 33822/88

Literatura

NAZIV PROPISA	Broj
Tehnička pravila za gradnju i opremanje postrojenja za regulaciju tlaka plina do uključivo 100 bar	DVGW G-491/04
Pravila izbjegavanja opasnosti koje nastaju stvaranjem eksplozivne atmosfere	BGR 104/04
Zone opasnosti prostora ugroženih eksplozivnom smjesom plinova i para	HRN N.S8.007/81
Klasifikacija ugroženog prostora	HRN EN 60079-10/97.
Pravilnik o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom	NN 39/06 i 106/07 (ATEX 137)
Pravilnik o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom	NN 123/05 (ATEX 95)

Ispitna oprema

- Mjerač protoka plina 0 – 250 m^3/h, Dwyer (mjerna greška 4 %)
- Mjerač tlaka plina 0 – 2000 mbar, Marus (klasa 0,6)
- Anemometar mjernog područja 0,4 – 40 m/s, Kestrel
- Uređaj za mjerenje koncentracije odoranta Odor Handy, Axel Semrau
- Stabilni uređaj za detekciju plina sa 6 detektora plina u Ex-izvedbi mjernog područja 0-100 % DGE, DRÄGER
- Indikator plina AUTOFIM II mjernog područja 0-16.000 ppm, Telegan
- Indikator plina GAS-TEC mjernog područja 0 – 10.000 ppm, Telegan (3 kom)
- Indikator plina GasPen DIGITAL mjernog područja 0 – 2,5 % VOL, Schütz Messtechnik
- Indikator plina GT-40 serije 0 – 100 % VOL, GMI
- Detektor plina Multiwarn 0 – 100 % VOL, Dräger
- Detektor plina ExTEC PM4 0 – 100 % VOL, Severin
- Infra crvena kamera GasFindIR, Flir

Ispitna oprema



Ispitna oprema



3. Primijenjeni programi za proračun

- Proračun propusnosti plina prema DVGW G 624
- Proračun prirodne ventilacije prema HANSENU
- Proračun koncentracije plina u prostoru ovisno o broju izmjena zraka na sat prema DVGW G 624

Proračun propusnosti plina prema DVGW G 624

Količina zraka koja curi pri mjerenju pada tlaka:

$$V_Z = V \cdot \left(\frac{p_1}{p_2} - 1 \right) \quad \text{l/min}$$

Vz	l/min	Količina propuštenog zraka
V	l	Sadržaj vode
P_1	mbar	Apsolutni tlak na početku mjerenja
P_2	mbar	Apsolutni tlak na kraju mjerenja

Količina plina koja curi u pogonskom stanju:

$$V_R = V_Z \frac{p_R}{p_Z} \cdot f \cdot 60 \quad \text{l/h}$$

V_R	l/h	Količina propuštanja plina u pogonskom stanju
p_R	mbar	Maksimalni radni pretlak plina
p_z	mbar	Ispitni pritisak na početku mjerenja
f		Faktor vrste plina (otpor zraka/otpor plina)

PLIN	FAKTOR f
Zrak	1,00
Zemni plin	1,68
Propan-butan	2,35
Propan	2,26
Butan	2,44
Gradski plin	1,33
Vodik	2,06

Proračun prirodne ventilacije prema HANSENU

$$w_2 = \sqrt{\frac{gH\,\Delta t / T_1}{1 + A_2^2 / A_1^2}}$$ u m/s, gde je:

H - visina prostorije m

Δ_t - razlika temperatura K

T_1 - temperatura zraka na ulazu K

A_1 - površina donjeg otvora m^2

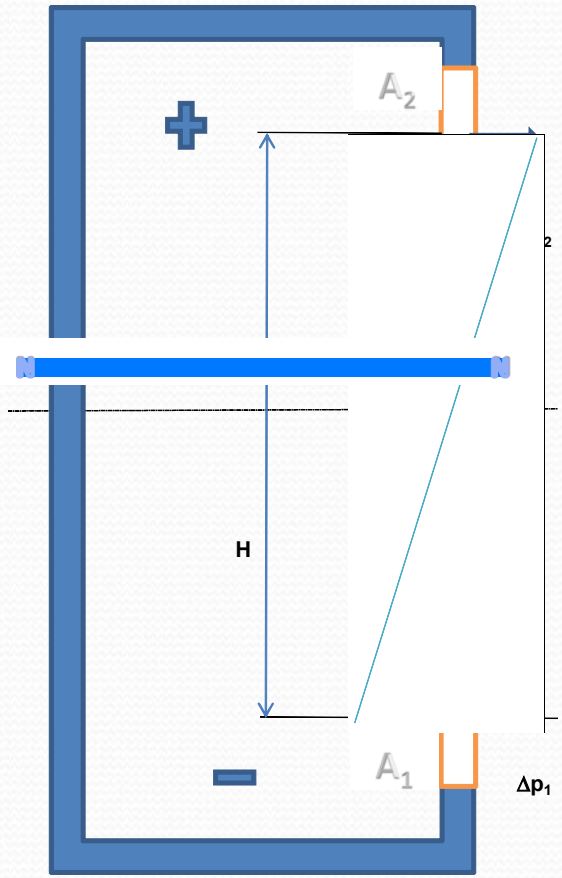
A_2 - površina gornjeg otvora m^2

w_2 - brzina zraka u gornjem otvoru A_2 u m/s

OBJEKT: **ENERGONOVA - ured**

Lokacija: **Novačka 333**

Napomena: Crtež je informativnog karaktera i ne odgovara izvedenom stanju objekta



Ulazni podaci:

H=	**3,2**	**m**	03.03.2008		
Δt=	**5,8**	**K**	t_{Ured}=	20,6	°C
T_1=	**295**	**K**	t_{Vani}=	14,8	°C

Odzračni otvor A_2 (m^2)				
Širina (m)	Visina (m)	Broj	Faktor	**0,160**
0,400	0,400	1	1	

w_2 = 0,693 m/s

Dozračni otvor A_1 (m^2)				
Širina (m)	Visina (m)	Broj	Faktor	**0,30**
0,150	2,000	1	1	

Količina odvedenog zraka Q_2=3600×A_2×w_2 (m^3/h) **Q_2= 399,3 m^3/h**

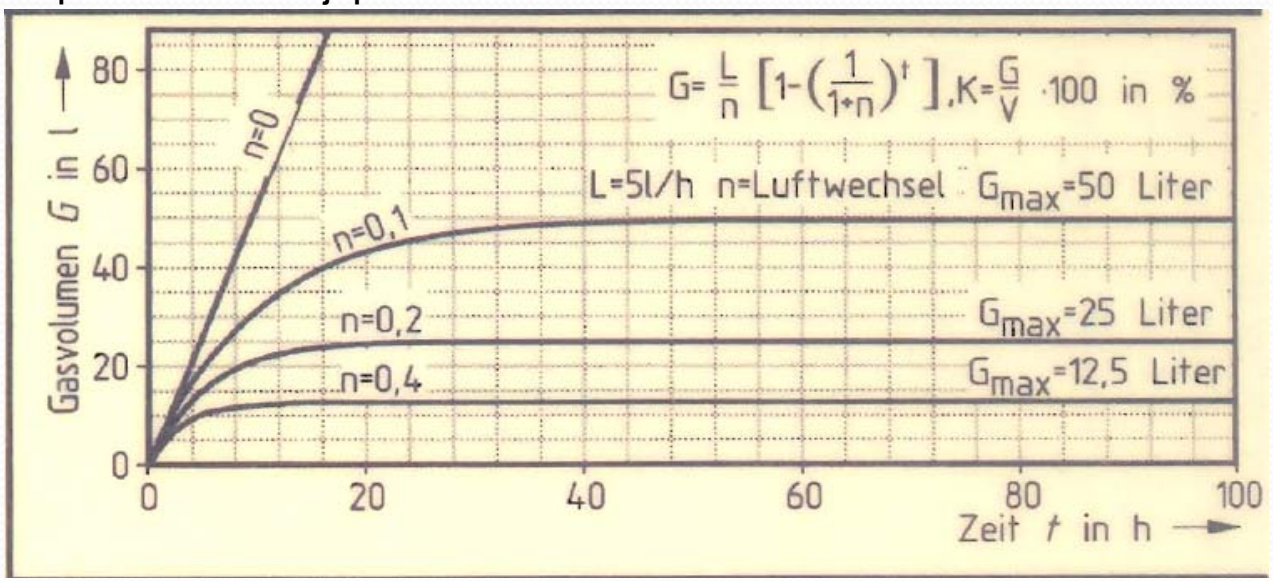
VOLUMEN PROSTORIJE V_0 (m^3)			
Dužina	9	m	**270**
Širina	6	m	
Visina	5	m	

Broj izmjena zraka
n = Q_2/V_0 (1/h)
1,48
Kod T_1= 295 K

Proračun koncentracije plina u prostoru ovisno o broju izmjena zraka na sat prema DVGW G 624

G (l)	Količina plina u prostoru		**L =**	**120**	**l/h**	dužina	9	m				
L (l/h)	Propusnost instalacije		**n =**	**1,48**		širina	6	m				
n	Broj izmjena zraka na sat		**t =**	**1**	**h**	visina	5	m				
t (h)	vrijeme					**V**	**270**	**m^3**				
K (%)	Koncentracija plina u zraku											
V (m^3)	Volumen prostora		**G =**	**48,39 l**		**K =**	**0,02 %**	**=**	**179 ppm**	**=**	**0,4% DGE**	
	G=(L/n)+((1-(1/(1+n)^t))	l	**G_{max} =**	**81,08 l**		**K_{max} =**	**0,03 %**	**=**	**300 ppm**	**=**	**0,6% DGE**	
	G_{max}= L/n	l										
	K=(G/V)*100	%										

Pri propusnosti od 5 l/h u prostoru volumena 1 m^3, kod n=0,1 izmjene zraka na sat nakon 80 h stvoriti će se eksplozivan koncentracija plina.



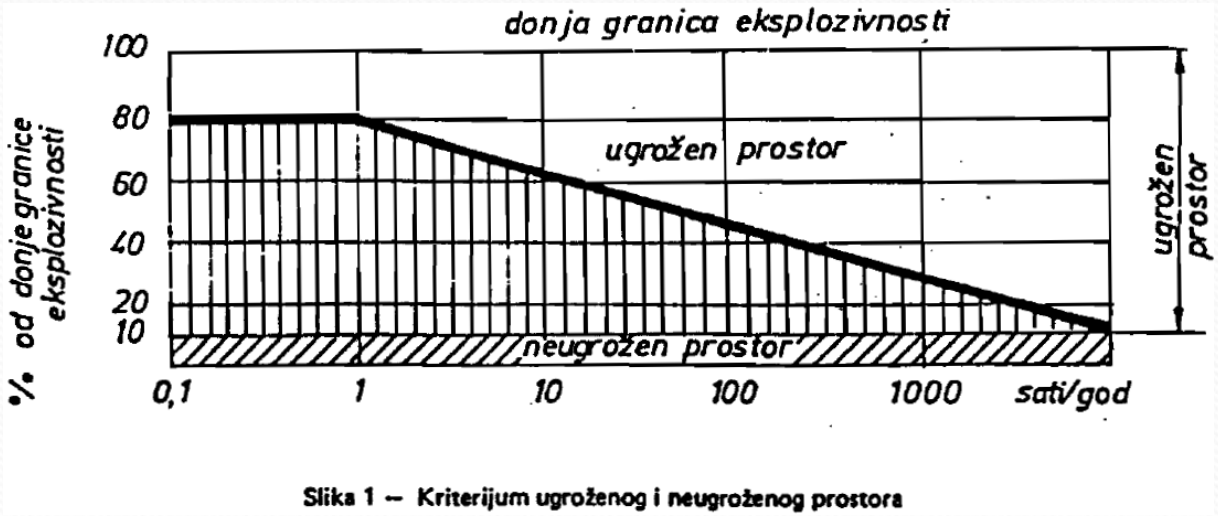
4. Simulacija propusnosti i određivanje zona opasnosti

- Istraživanje propusnosti propisanih tehničkom regulativom
- Kriterij za određivanje ugroženog prostora
- Definiranje metoda i postupka ispitivanje
- Uvjeti u prostoriji za vrijeme ispitivanja
- Mjerenje propusnosti i konstrukcija zona opasnosti

Istraživanje propusnosti propisanih tehničkom regulativom

Propusnost	OPIS
0,5 l/h	Plinska instalacija uporabiva
1,0 l/h	Granična propusnost pri kojoj je plinska instalacija uporabiva
5,0 l/h	Ograničeno uporabiva plinska instalacija koja se mora sanirati u roku 4 tjedna
10 l/h	NEUPORABIVA instalacija
50 l/h	Odgovara propusnosti zraka od **30 l/h**, a koja je granica za vanjsku propusnost uzrokovanu oštećenjem nemetalnih dijelova plinske opreme
120 l/h	Odgovara propusnosti zraka od **~ 70 l/h**, a koja je granica za vanjsku propusnost na ispusnom otvoru iz regulatora tlaka plina uzrokovanu pucanjem radne membrane
250 l/h	Odgovara propusnosti zraka od **~ 150 l/h**, a koja je granica za propusnost plinske opreme vatrootporne izvedbe

Kriterij za određivanje ugroženog prostora



Slika 1 – Kriterijum ugroženog i neugroženog prostora

- **Ugroženi prostor -** u kojemu postoji eksplozivna plinska atmosfera ili se njezina prisutnost može očekivati
- **Neugroženi prostor -** u kojem se ne očekuje prisutnost eksplozivne plinske atmosfere u količinama koje iziskuju posebne mjere glede konstrukcije, ugradbe i uporabe uređaja
- Koncentracija plinsko-zračne smjese u prostoru manja od **10 %**
  DGE smatra se NEUGROŽENIM PROSTOROM

Definiranje metoda i postupka ispitivanje

METODE ISPITIVANJA

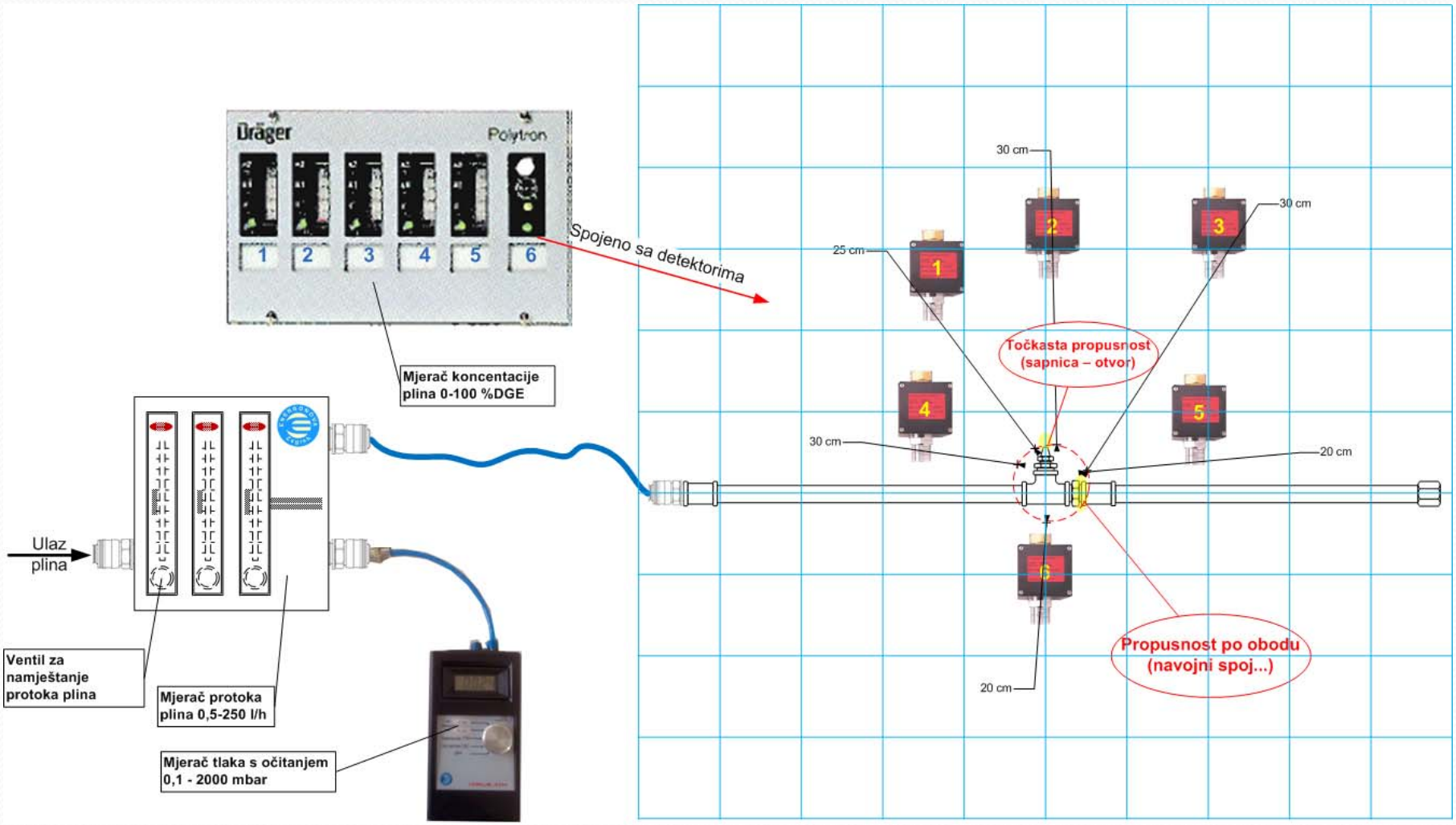
- vizualna - pjenušavo sredstvo
- vizualna – infra crvena kamera GasFindIR
- mjerenje protoka plina
- ispitivanje vanjske propusnosti mobilnim indikatorima i detektorima plina i
- ispitivanje vanjske propusnosti stabilnim sustavom za detekciju plina DRÄGER

Definiranje metoda i postupka ispitivanje

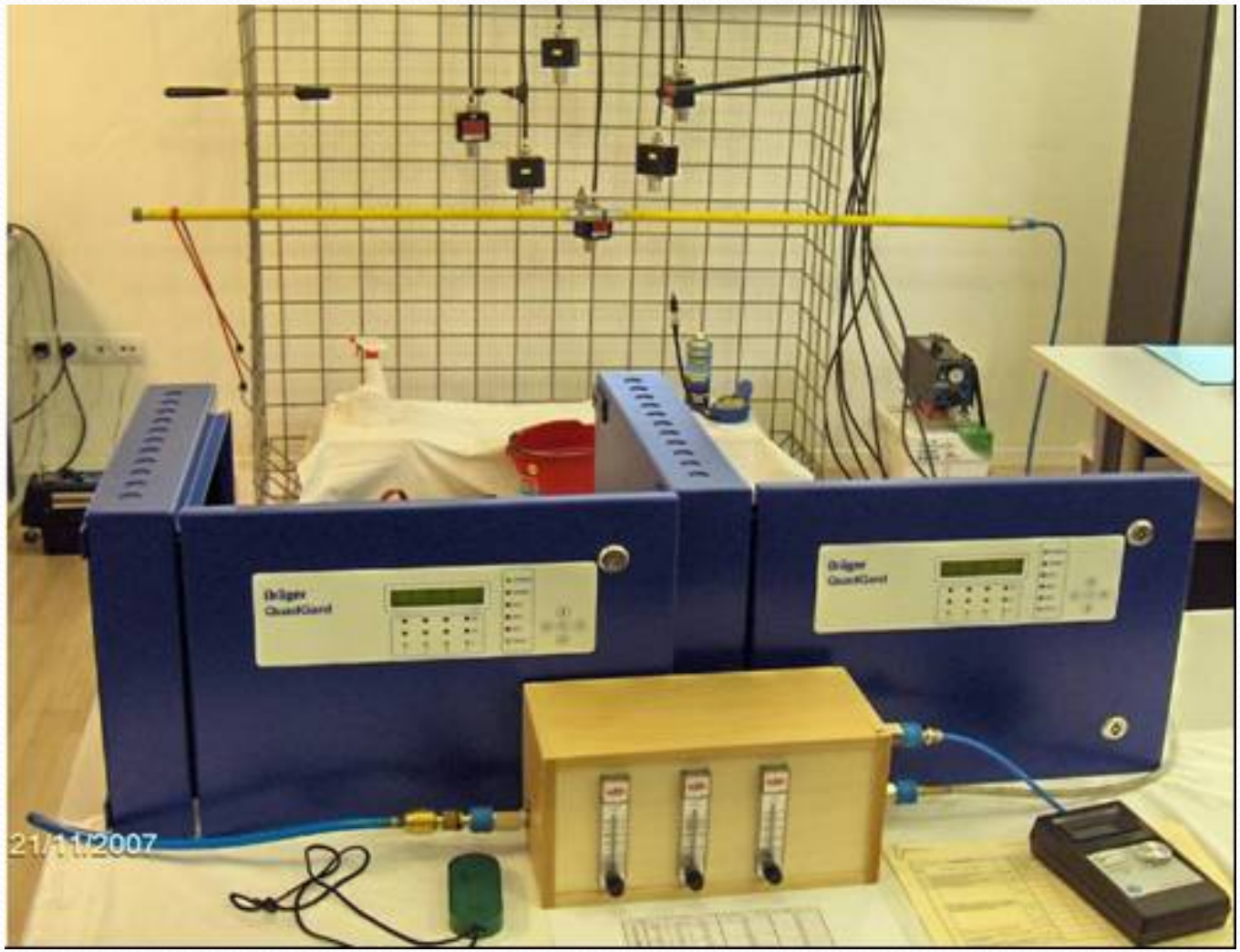
POSTUPAK ISPITIVANJA

- simulacija propusnosti na navojnom spoju DN20 (3/4”)
- postavljanje stacionarnih detektora i indikatora oko propusnog mjesta
- ispitivanjem mobilnim indikatorom propusnosti na raznim udaljenostima od izvora ispuštanja opisujući kuglu
- snimanje propusnosti infra crvenom kamerom

Shematski prikaz ispitnog sustava



Fotografija ispitnog sustava



Uvjeti u prostoriji za vrijeme ispitivanja

- Mjesto ispitivanja: zatvorena prostorija
- Volumen prostorije: **270 m³**
- Visina prostorije: 5,8 m
- Broj izmjena zraka: **n = 1,7 1/h**
- Brzina zraka na ispitnom mjestu: < 0,4 m/s
- Pozicija ispitnog mjesta (udaljenost):
  - - iznad poda 1 m
  - - od zida: 0,5 m
  - - od stropa 3 m

Mjerenje propusnosti i konstrukcija zona opasnosti

Tablica s podacima

Propusnost instalacije prirodnog plina po obodu						
Redni broj	Opis	l/h	**120 l/h**		Zona > 10 % DGE	Zona > 20 % DGE
			Mobilni uređaj za detekciju u ppm	Stabilni uređaj za detekciju u % DGE		
1	Tlak plina na propusnom mjestu	mbar	**20,4**		Mjere u cm od izvora ispuštanja	
2	Propusnost neposredno na propusnom mjestu	1 cm			> 100 cm	> 50 cm ***(Exp - 8 cm)***
3	Propusnost **IZNAD** izvora ispuštanja na definiranoj udaljenosti od izvora ispuštanja	5 cm	**80.000**			
		10 cm	**25.000**			
		20 cm	**22.000**			
		30 cm	**20.000**	**8%**		
		50 cm	**20.000**	**13%**		
4	Propusnost **BOČNO** od izvora ispuštanja na definiranoj udaljenosti od izvora ispuštanja	5 cm	**14.000**		13 cm	11 cm
		10 cm	**11.000**			
		15 cm	**500**			
		20 cm		**5%**		
5	Propusnost **ISPOD** izvora ispuštanja na definiranoj udaljenosti od izvora ispuštanja	5 cm	**800**		5 cm	5 cm
		10 cm				
		20 cm		**0%**		
		30 cm				

Granica ugroženog prostora > 10 % DGE (> 5.000 ppm)

Mjerenje propusnosti i konstrukcija zona opasnosti

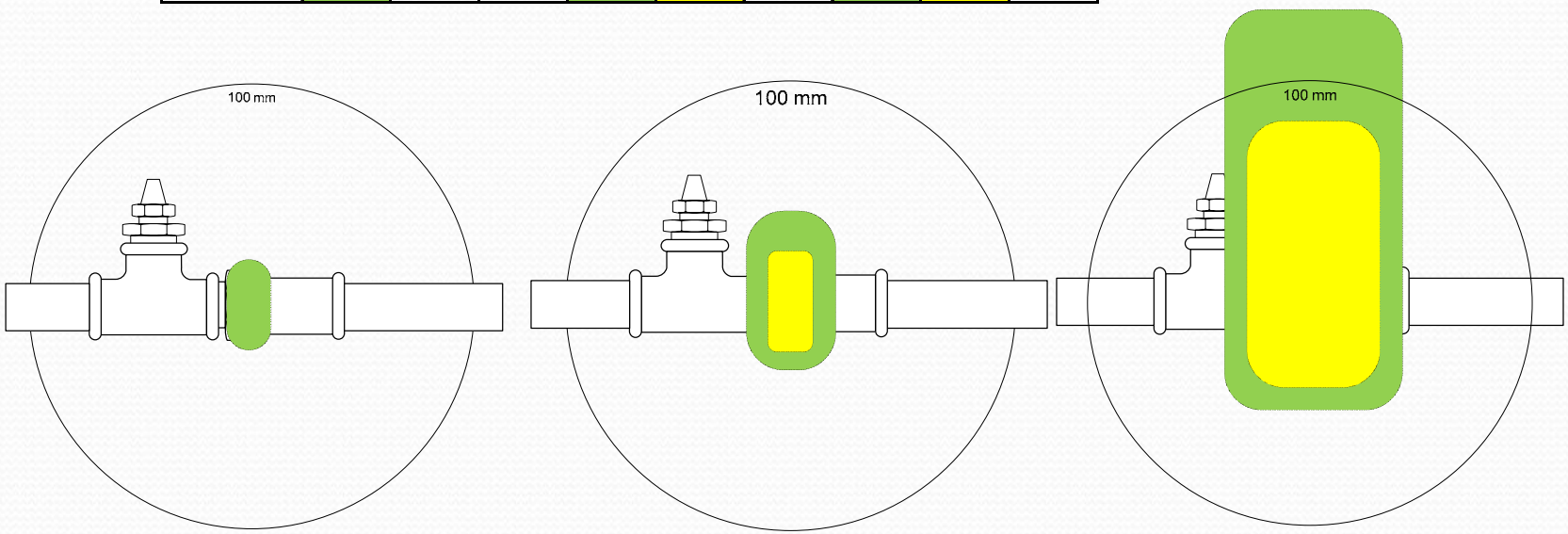
Grafički prikaz zona “uporabive” instalacije

Pozicija mjerenja /Propusnost	**0,5** l/h			**1** l/h			**5** l/h		
	10% DGE	20% DGE	100% DGE	10% DGE	20% DGE	100% DGE	10% DGE	20% DGE	100% DGE
Gore	10	0	0	30	10	0	120	70	0
Bočno	10	0	0	20	10	0	40	30	0
Ispod	10	0	0	20	10	0	40	30	0

10% DGE

20% DGE

100% DGE

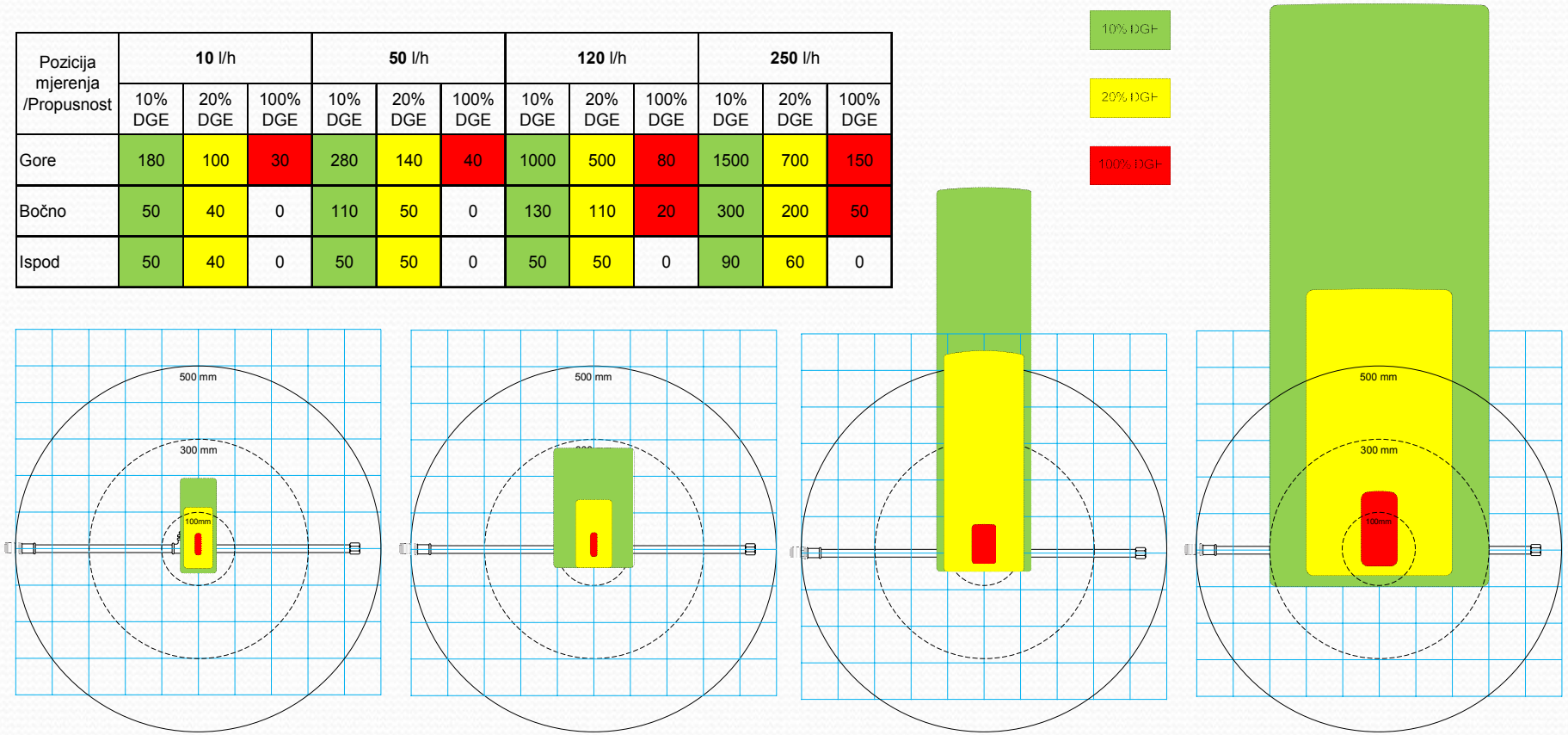


0,5 l/h **1,0 l/h** **5,0 l/h**

Mjerenje propusnosti i konstrukcija zona opasnosti

Grafički prikaz zona neuporabive instalacije

Pozicija mjerenja /Propusnost	**10** l/h			**50** l/h			**120** l/h			**250** l/h		
	10% DGE	20% DGE	100% DGE	10% DGE	20% DGE	100% DGE	10% DGE	20% DGE	100% DGE	10% DGE	20% DGE	100% DGE
Gore	180	100	30	280	140	40	1000	500	80	1500	700	150
Bočno	50	40	0	110	50	0	130	110	20	300	200	50
Ispod	50	40	0	50	50	0	50	50	0	90	60	0



Mjerenje propusnosti i konstrukcija zona opasnosti

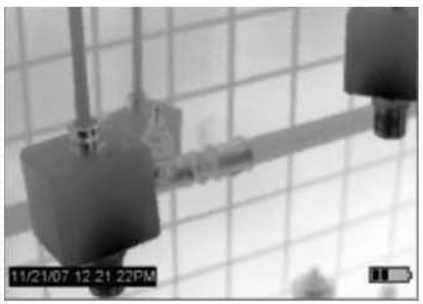
Vizualna metoda:pjenušavo sredstvo i infra crvena kamera

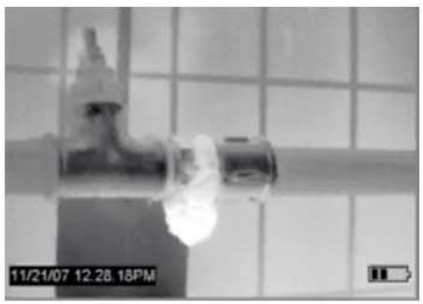


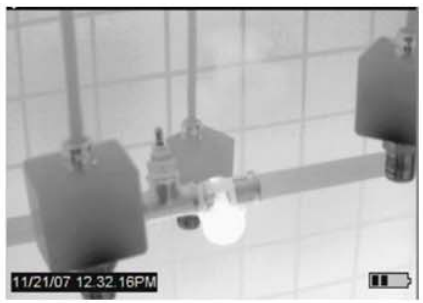














10 l/h

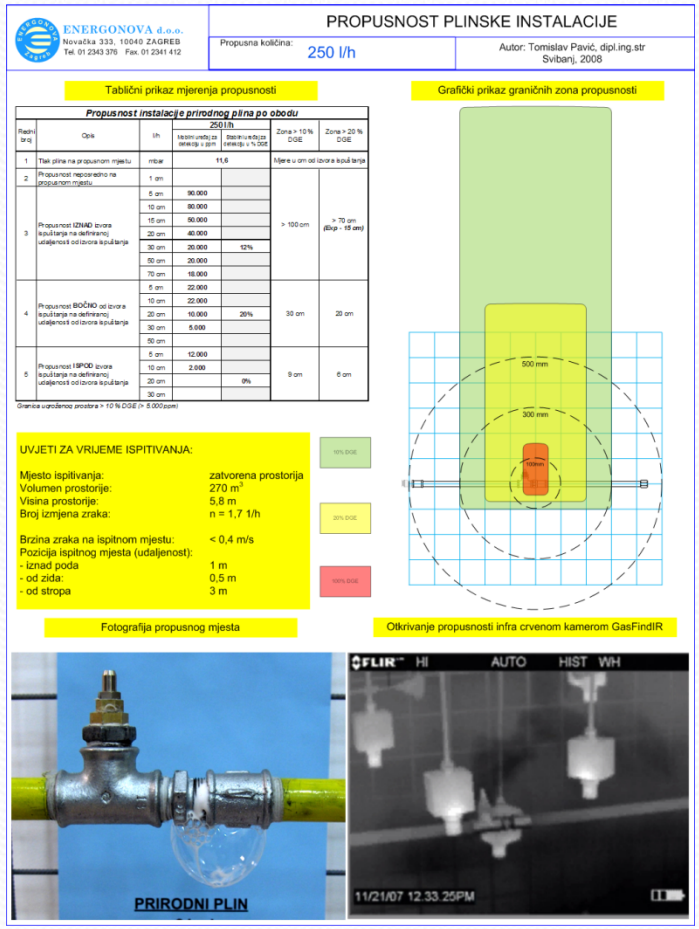
50 l/h

120 l/h

250 l/h

Mjerenje propusnosti i konstrukcija zona opasnosti

Kartica propusnosti



ENERGONOVA d.o.o.
Novačka 333, 10040 ZAGREB
Tel. 01 2343 376 Fax. 01 2341 412

PROPUSNOST PLINSKE INSTALACIJE

Propusna količina: 250 l/h

Autor: Tomislav Pavić, dipl.ing.str
Svibanj, 2008

Tablični prikaz mjerenja propusnosti

Propusnost instalacije prirodnog plina po obodu

Redni broj	Opis	l/h	250 l/h: Mobilni uređaj za detekciju u ppm	250 l/h: Stabilni uređaj za detekciju u % DGE	Zona > 10 % DGE	Zona > 20 % DGE
1	Tlak plina na propusnom mjestu	mbar	11,6		Mjere u cm od izvora ispuštanja	
2	Propusnost neposredno na propusnom mjestu	1 cm			> 100 cm	> 70 cm (Exp - 15 cm)
3	Propusnost IZNAD izvora ispuštanja na definiranoj udaljenosti od izvora ispuštanja	5 cm	90.000			
		10 cm	80.000			
		15 cm	50.000			
		20 cm	40.000			
		30 cm	20.000	12%		
		50 cm	20.000			
		70 cm	18.000			
4	Propusnost BOČNO od izvora ispuštanja na definiranoj udaljenosti od izvora ispuštanja	5 cm	22.000		30 cm	20 cm
		10 cm	22.000			
		20 cm	10.000	20%		
		30 cm	5.000			
		50 cm				
5	Propusnost ISPOD izvora ispuštanja na definiranoj udaljenosti od izvora ispuštanja	5 cm	12.000		9 cm	6 cm
		10 cm	2.000			
		20 cm		0%		
		30 cm				

Granica ugroženog prostora > 10 % DGE (> 5.000 ppm)

UVJETI ZA VRIJEME ISPITIVANJA:

Mjesto ispitivanja:	zatvorena prostorija
Volumen prostorije:	270 m^3
Visina prostorije:	5,8 m
Broj izmjena zraka:	n = 1,7 1/h
Brzina zraka na ispitnom mjestu:	< 0,4 m/s
Pozicija ispitnog mjesta (udaljenost):	
- iznad poda	1 m
- od zida:	0,5 m
- od stropa	3 m

Grafički prikaz graničnih zona propusnosti

Fotografija propusnog mjesta

Otkrivanje propusnosti infra crvenom kamerom GasFindIR

5. Procjena ugroženosti prostora s plinskim razvodom

- Procjena ugroženosti prostora ovisi o:
- ***Izvedba plinske instalacije -*** Plinske instalacije moraju biti izrađena, ispitana i održavana sukladno strukovnim propisima.
- ***Detekcija plina – odorizacija -*** Odorizacija je sigurnosna mjera u cilju zaštite potrošača plina, a time i onih koji su potpuni laici kada je plinska tehnika u pitanju. Koncentracija plina u prostoru već od 100 ppm može se osjetiti njuhom.
- ***Održavanje i popravak plinske instalacije -*** Plin se u zatvorenim prostorima ne smije ispuštati
- ***Propusnost plinske instalacije -*** Plinska instalacija ne smije biti propusna, međutim tijekom uporabe može doći do manjih propusnosti iz raznih razloga. Maksimalna dozvoljena propusnost je 1 l/h.
- ***Razvod plinske instalacije – prostori -*** Pravila plinske struke propisuju da se razvod plinske instalacije mora izvoditi u dobro ventiliranim prostorima.

5. Procjena ugroženosti prostora s plinskim razvodom

- Uobičajeni stav

PLIN = OPASNOST

Posljedica je da se idemo osigurati:

- prekomjernom ventilacijom
- ugradnjom detekcije plina u Ex-izvedbi gdje nije potrebna
- postavljanjem zona opasnosti gdje nisu potrebne

- Stvarni uzrok

“MAJSTOR” = OPASNOST

6. Iskustva iz prakse
Propusnost industrijskih plinskih instalacija

Industrijski pogon starosti 30 godina ispitivano 2006. godina

KONTROLA PLINSKE INSTALACIJE							
Ispitivana dionica i postupak ispitivanja				Ispitivanjem je obuhvaćena plinska cijevna instalacija od pneumatskih zasuna DN 500 na ulazu do prvih blok ventila ispred plinskih rampi plamenika. Za vrijeme ispitivanja kotlovnica nije bila u radu. Ispitivanje je izvršeno mjerenjem tlaka zraka postupkom B3 i kontrolom vanjske propusnosti postupkom A4.			
DN /mm/	500	350	200	Volumen /l/	TLAČNA PROBA POSTUPKOM B3		
L /m/	72	20	12	16.100	Izmjereni podaci	Očitanje 1	Očitanje 2
Pad tlaka mbar/H				36,54	Vrijeme očitanja	10:25[1]	8:13[2]
Propusnost instalacije l/h				424,9	Ispitini tlak /bar/	1.9127	1.1820

NAPOMENA:
[1]Očitanje tlaka izvršeno 10.07.2006.
[2]Očitanje tlaka izvršeno 11.07.2006.
Ispitivanjem je utvrđeno:
- ventili broj 946-ZP i 945-ZP propusni su u smjeru (slika br. 1),
- zasun 665 B-ZP propusan u smjeru,
- zasuni ispred plinske rampe plamenika 1, 4 i 8 propusni u smjeru.

Kontrolom pjenušavim sredstvom otkrivena je sljedeća vanjska propusnost:
- vreteno zasuna 920-ZP u zatvorenom položaju (slika br.2).

Očevidom stanja plinskog cjevovoda uočeno je slijedeće:
- slavinu na instrumentaciji je potrebno osigurati čepom (slika br. 3),
- posude s tekućinom za provjeru unutarnje propusnosti na plinskim rampama ispred plamenika potrebno je nadopuniti s tekućinom.

Za vrijeme tlačne probe odzračni ventil 700-ZP je blindiran kako bi se isključila propusnost zasuna 665 B-ZP u smjeru.

Do promjene tlaka došlo je djelomično radi unutarnjih propusnosti ventila broj 946-ZP, 945-ZP i zasuna ispred plinskih rampi plamenika 1, 4 i 8 u smjeru, a djelomično radi propusnosti na vretenu zasuna ispred instrumetacije (broj 920-ZP). Unutarnja propusnost zasuna 665 A nije se mogla provjeriti jer je zasun 665 B propustan u smjeru.

Potrebno je izvršiti sanacije unutarnjih i vanjskih propusnosti.

Lokacije su navedene na shemi u grafičkom dijelu izvještaja, te popraćene fotografijama.

Radni tlak plina 1,8 bar pretlak Ispitivano 2007. godina

KONTROLA PLINSKE INSTALACIJE							
Ispitivana dionica:				Ispitivanjem je obuhvaćena plinska cijevna instalacija od pneumatskih zasuna DN 500 na ulazu (pozicija 665-A-ZP i 665-B-ZP) do prvih blok ventila na plinskim rampama pojedinog plamenika (gorača). Za vrijeme ispitivanja Blok C nije bio u radu.			
Postupak ispitivanja:				Ispitivanje je izvršeno mjerenjem tlaka zraka postupkom B3 i kontrolom vanjske propusnosti postupkom A4.			
DN /mm/	500	350	200	Volumen /l/	TLAČNA PROBA POSTUPKOM B3		
L /m/	72	20	12	16.100	Izmjereni podaci	Očitanje 1	Očitanje 2
Pad tlaka mbar/H				0,37	Vrijeme očitanja	07:55[1]	8:25[2]
Propusnost instalacije l/h				2,81	Ispitini tlak /bar/	2.070	2.061

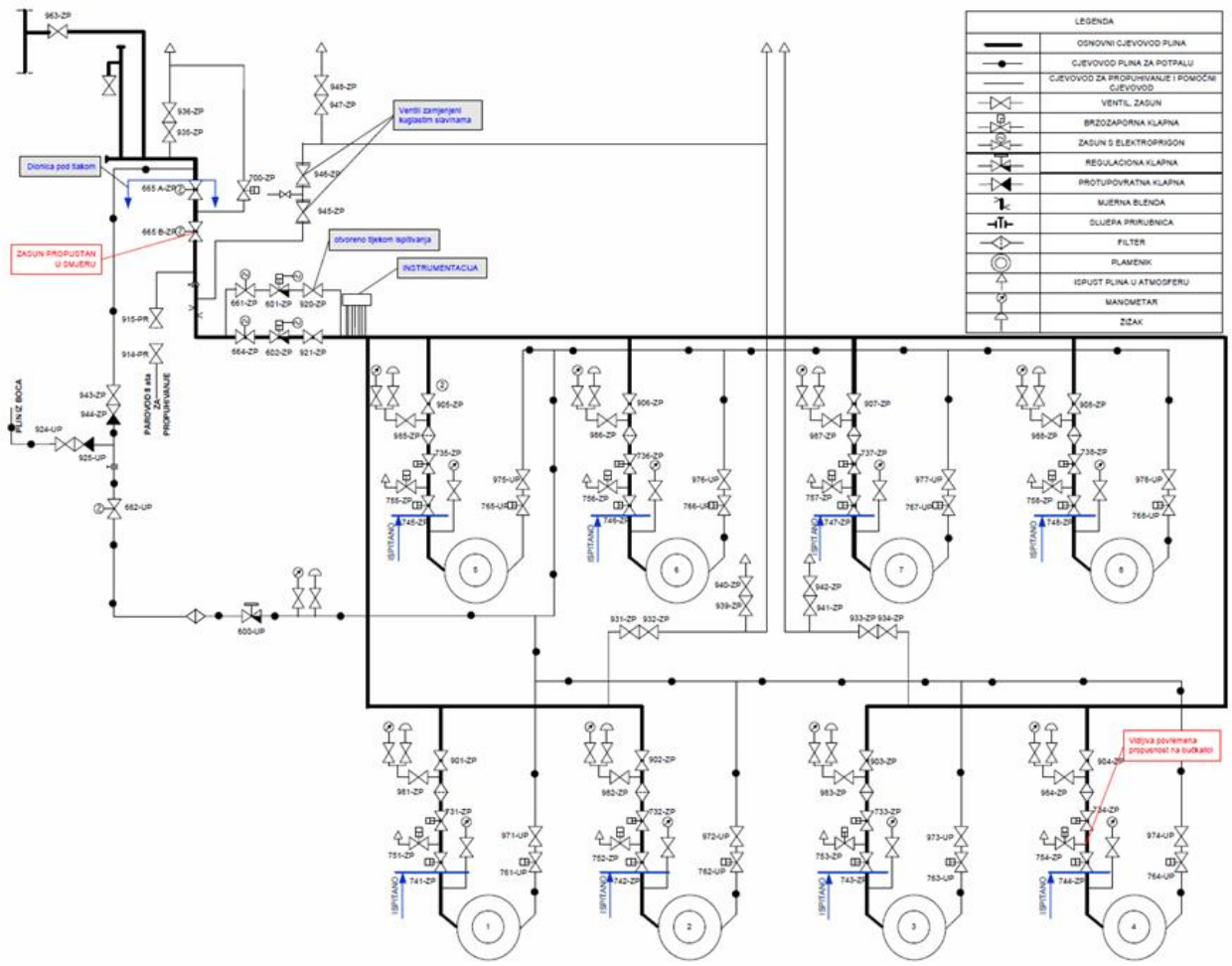
NAPOMENA:
[1]Očitanje tlaka izvršeno 14.06.2007.
[2]Očitanje tlaka izvršeno 15.06.2007.
Ispitivanjem je utvrđeno:
- zasun 665 B-ZP propusan u smjeru (slika br. 1),
- blok ventil 754-ZP propusan u smjeru (slika br. 2).

Do promjene tlaka došlo je radi unutarnje propusnosti zasuna 665 B-ZP i blok ventila 754-ZP.

Pozicije propusnih mjesta su navedene na shemi u grafičkom dijelu izvještaja, te prikazane na fotografijama u nastavku.

Brtvljenje navojnih spojeva izvršiti sa kudeljom i grafitnom mašću ili brtvenom trakom za plinske instalacije, kao GEORG FISCHER PARALIQ PM 35 VLIES. Brtvljenje teflonom nije tehnički ispravno.

Propusnost industrijskih plinskih instalacija



Propusnost plinskih instalacija u stanu/kući

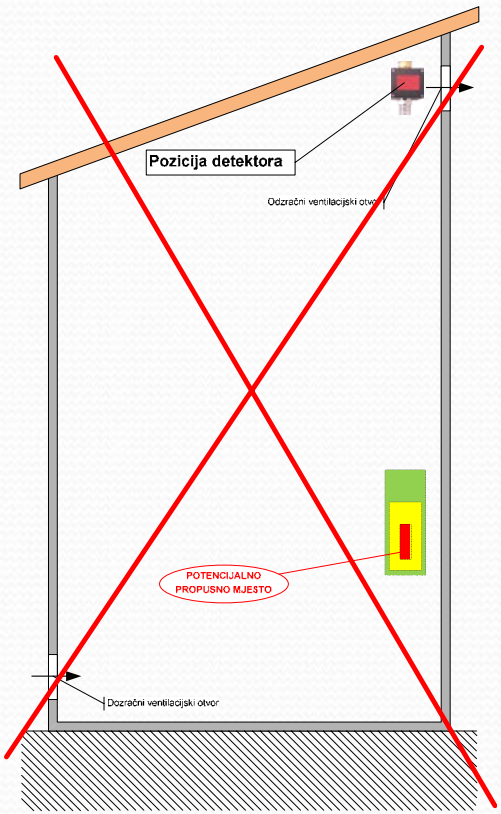
PROPUSNOST PLINSKE CIJEVNE INSTALACIJE U STAMBENIM OBJEKTIMA					
Stan i obiteljska kuća	Broj objekata	Ukupno propusnosti	Propusnost do 1 l/h	Propusnost 1 do 5 l/h	Propusnost iznad 5 l/h
OBITELJSKE KUĆE	**290**	**67 (23%)**	**58 (20%)**	**8 (2,7%)**	**1 (8 l/h)**
STAN U ZGRADI	**425**	**163 (38%)**	**155 (36%)**	**8 (1,9%)**	**-**
Nemjereni plin u stambenoj zgradi - starost zgrade	Broj objekata	Ukupno propusnosti	Propusnost do 1 l/h	Propusnost 1 do 5 l/h	Propusnost iznad 5 l/h
do 20 godina	**6**	**5**	**5**		
20 - 40 godina	**7**	**7**	**1**	**5**	**1**
preko 40 godina	**9**	**9**	**1**	**3**	**5**

U obiteljskim kućama (starost plinske instalacije do 15 godina) isključivi uzrok svih propusnosti je bio rad nestručnih osoba na plinskim instalacijama.

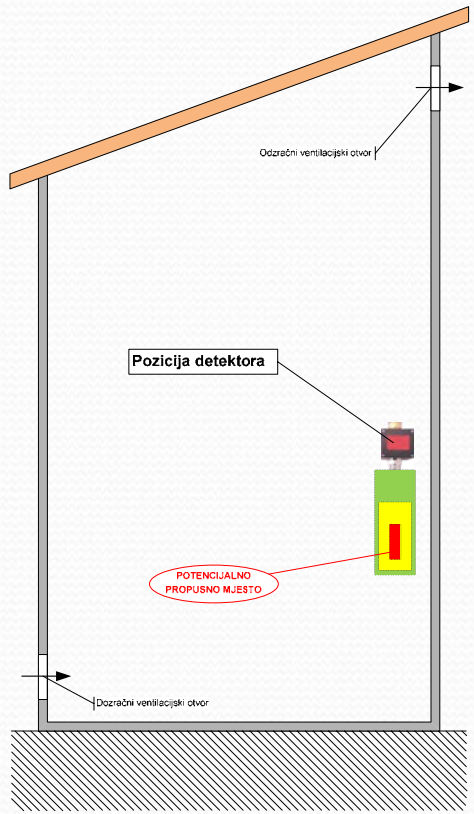
U stambenim zgradama veći dio instalacija starosti iznad 20 godina i značajan dio izveden podžbukno, navojnim spojevima.

PREPORUKA

Pozicioniranje detektora - praksa



Pozicioniranje detektora - ispravno



7. ZAKLJUČAK

- Ukoliko se poštuju pravila struke nema opasnosti od propusnosti plina i eventualne eksplozije plina.
- Propusnosti plina do 1 l/h koje su dozvoljene sukladno tehničkim propisima ne predstavljaju nikakvu opasnost *(ali to ne znači da se otkriveno propusno mjesto ne treba sanirati).*
- Provedenim ispitivanjem je ustanovljeno da kod propusnosti plina do 5 l/h nema opasnost od paljenja plina i eksplozije, ako je prostor dobro ventiliran.
- Kod propusnosti plina iznad 5 l/h već se stvara eksplozivan koncentracija, te se ista mora odmah isključiti iz uporabe, a što je ujedno i potvrda postavljenih zahtjeva u strukovnim propisima.

I na kraju!

Hvala na tehničkoj podršci

Dräger safety

Hrvoju Faist, dipl.ing.str.



Hvala na tehničkoj podršci

Hrvatska Udruga
za infracrvenu termografiju
HUICT

STS



Zoranu Bićanić, ing.el.stroj.

Hvala na tehničkoj podršci

ELOB



Almi Mehičić, dipl.oec.

HVALA NA PAŽNJI

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
Osijek, 2008.


Sladović
od 1965.
Nove generacije prenosnih plinskih detektora
EX-TEC HS 680
300
F1
F2
F3
SEWERIN
Autor: Davor Sladović

EX-TEC HS600 serija



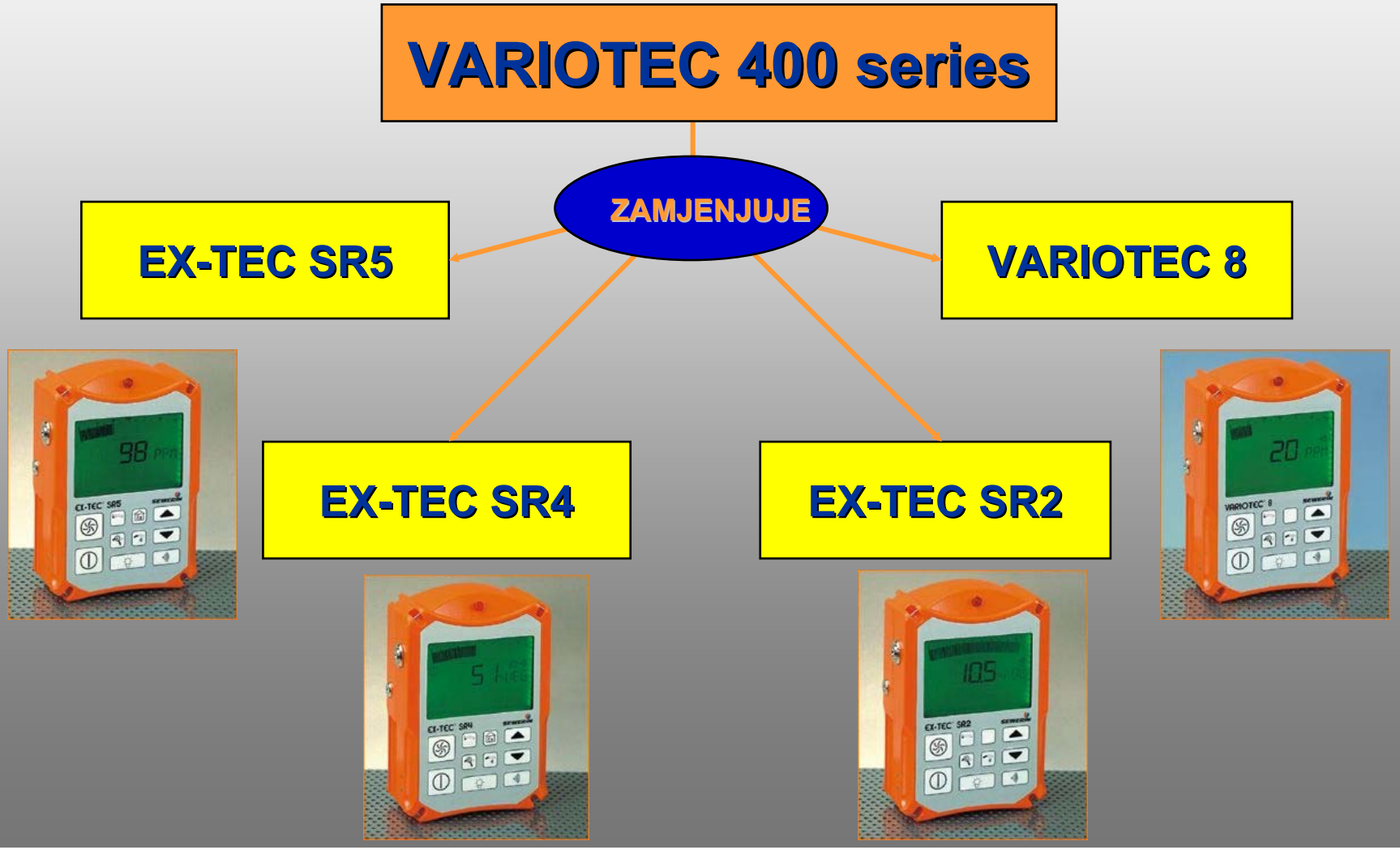
EX-TEC HS600 serija

ZAMJENJUJE

- **EX-TEC SR6**
- **VARIOTEC 9**
- **EX-TEC SR4 WL**
- **EX-TEC SR2 WL**



Variotec serija



Multitec serija



MULTITEC 520

ZAMJENJUJE

EX TEC COMBI



MULTITEC 540

ZAMJENJUJE

SR2 DO



EX-TEC HS600/Multitec

VRSTA UREĐAJA	Poluvodič - ppm	IC (CH4) DGE	IC (CH4) VOL%	IC (CO2) MAK	IC (CO2) VOL%	Plinski kromatograf	EK (O2)	EK (CO)	EK (H2S) 100 ppm	EK (H2S) 2000 ppm	EK (NH3)
EX-TEC HS 610			X		X		O				
EX-TEC HS 650		X	X	X	X		O	O	O		
EX-TEC HS 660	X		X		X	O	O				
EX-TEC HS 680	X	X	X	X	X	O	O	O	O		
Multitec 520		X		X			O	O	O		O
Multitec 540			X		X		O	O		O	O

X: osnovna konfiguracija

O: opcija

Variotec

VRSTA UREĐAJA	Poluvodič - ppm	Toplinsko izgaranje (CH4)	Toplinska provodljivost (CH4)	Plinski kromatograf	EK (O2)	EK (CO)	EK (H2S) 100 ppm	EK (H2S) 2000 ppm	EK (NH3)
Variotec 400 EX	X								
Variotec 450 EX		X	X		O	O			
Variotec 460 EX	X		X	O	O				
Variotec 480 EX	X	X	X	O	O	O			

X: osnovna konfiguracija

O: opcija

Osnovne značajke EX-TEC HS680



- ppm (poluprovodnički)
- LEL (IC)
- VOL% (IC)
- CO2 (IC)
- O2 (EK)
- HS2 (EK)
- CO (EK)

Osnovne značajke EX-TEC HS680



- dvostruki infracrveni senzor
  - posljednja tehnologija
  - dugi vijek trajanja
- veliki osvjetljeni ekran
  - 320 x 240 pixela
  - sigurno korištenje

Osnovne značajke EX-TEC HS680



- vođenje kroz meni
  - ➢ jednostavno korištenje sa objašnjenjem
  - ➢ jednostavan za rad iako se ne koristimo duže vremena
- tehnologija brzog punjenja
  - ➢ ~ 3 sata

Osnovne značajke EX-TEC HS680



- alkalne baterije se mogu koristiti kao zamjenske akumulatorskim
  - ➢ nema gubitka vremena u slučaju praznih akumulatorskih baterija
- integrirani USB port
  - ➢ brzi prijenos podataka na PC
  - ➢ kompatibilan sa svim PC-ima

Osnovne značajke EX-TEC HS680



- meke - tipke
  - ➢ smanjuju broj tipki
  - ➢ jednostavno korištenje
- hrvatski jezik
- mjerno područje odabira se prema namjeni rada
  - ➢ olakšan rad za ispitivača

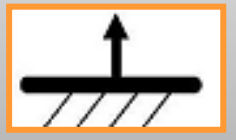
Osnovne značajke EX-TEC HS680

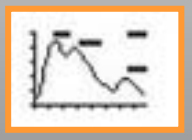
Zašto odabir mjernog područja prema namjeni rada?

- korisnik nema potrebu da ima prethodno tehničko znanje za odabir ispravnih postavki
  - mjerno područje
  - volumen rada pumpe
  - nivo alarma i signale alarma



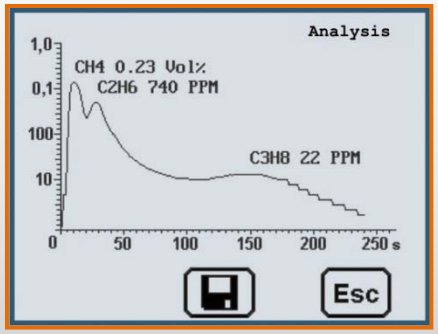






- olakšani rad iako je uređaj kompleksniji

Osnovne značajke EX-TEC HS680



- **<u>analiza etana</u>**
  - postojanje etana se odmah detektira
  - nema dodatnih uređaja i naprava
  - jednostavno korištenje
  - mjerenje i graf se mogu pohraniti
  - vrlo jeftin u odnosu na konkurenciju

Osnovne značajke EX-TEC HS680

- vrlo mala težina
  - 1000g
- vrlo mala dimenzija
  - 148 x 57 x 205
- multifunkcionalni rukohvat

Software

- učitavanje i konverzija baze u excel format!

EX-TEC MULTITEC 520





EX-TEC Multitec 520

• CH4	0-100 Vol.-% LEL	(IC)
• CO2	0-5 Vol.-%	(IC)
• O2	0-25 Vol.-%	(ek)
• CO	0-500 ppm	(ek)
• H2S	0-100 ppm	(ek)
• NH3	0-100 ppm	(ek)

Prednosti infracrvenog senzora

- Selektivan na ugljikovodike i ugljični dioksid
- Nema utjecaja drugih plinova i vlažnosti na točnost
- Fizička metoda
- Prašina nema utjecaja

Nedostaci infracrvenog senzora

- Nemogućnost mjerenja u ppm području (visoka složenost)
- Vodik i ugljični monoksid nije moguće detektirati
- Viša cijena

Trajnost senzora

Tip senzora	Garantirani vijek trajanja	Očekivani vijek trajanja
poluprovodnički	1	5
infracrveni	2	5
elektrokemijski (CO, H2S)	2	3
elektrokemijski (O2)	2	3

Software EX-TEC HS680/ MULTITEC 520

EX-TEC HS680 - Software

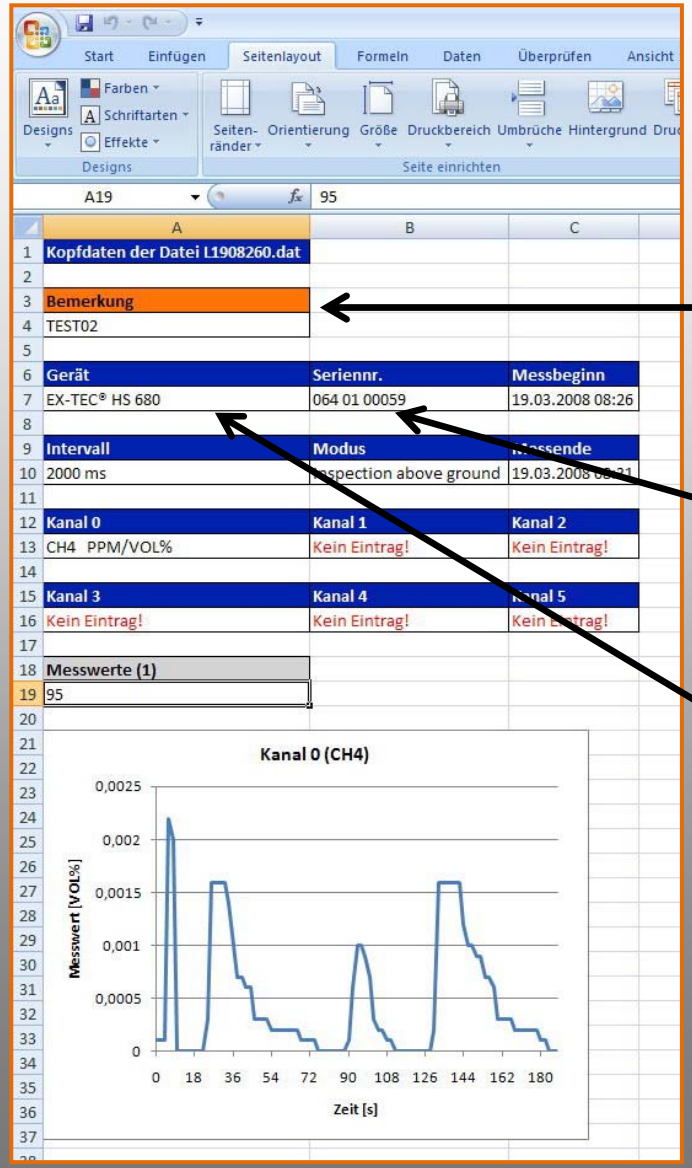


1. Učitavanje preko USB porta



2. Pretvorba u Excel format

EX-TEC HS680 - Software

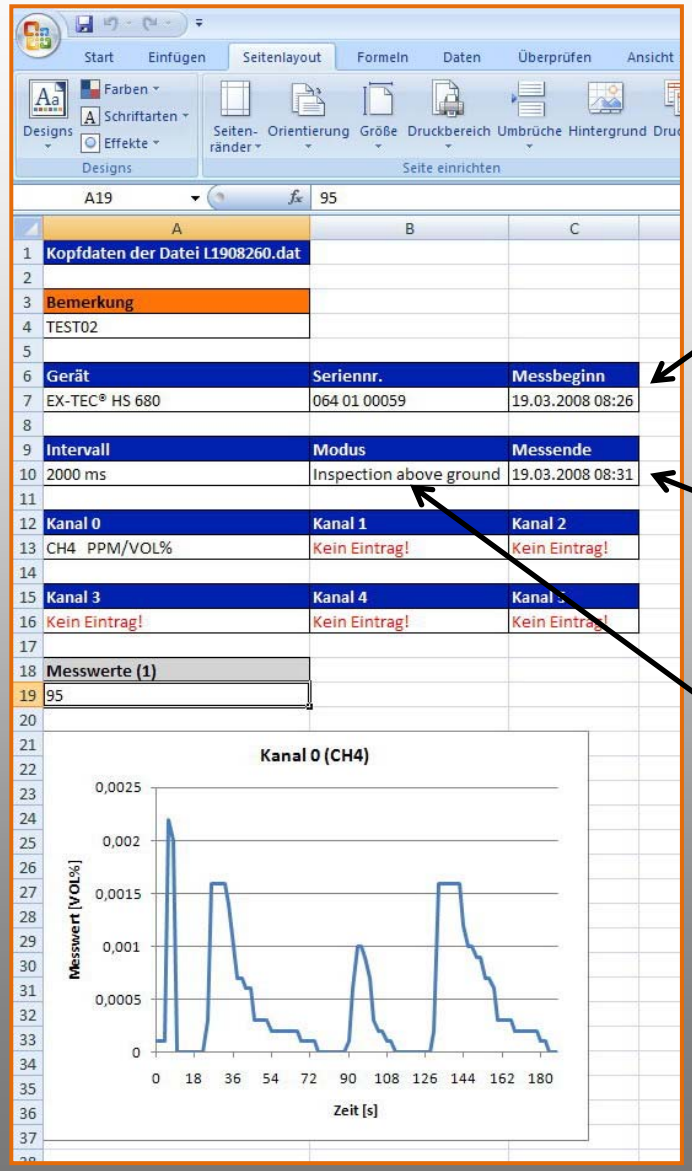


napomene

serijski broj

tip uređaja

EX-TEC HS680 - Software



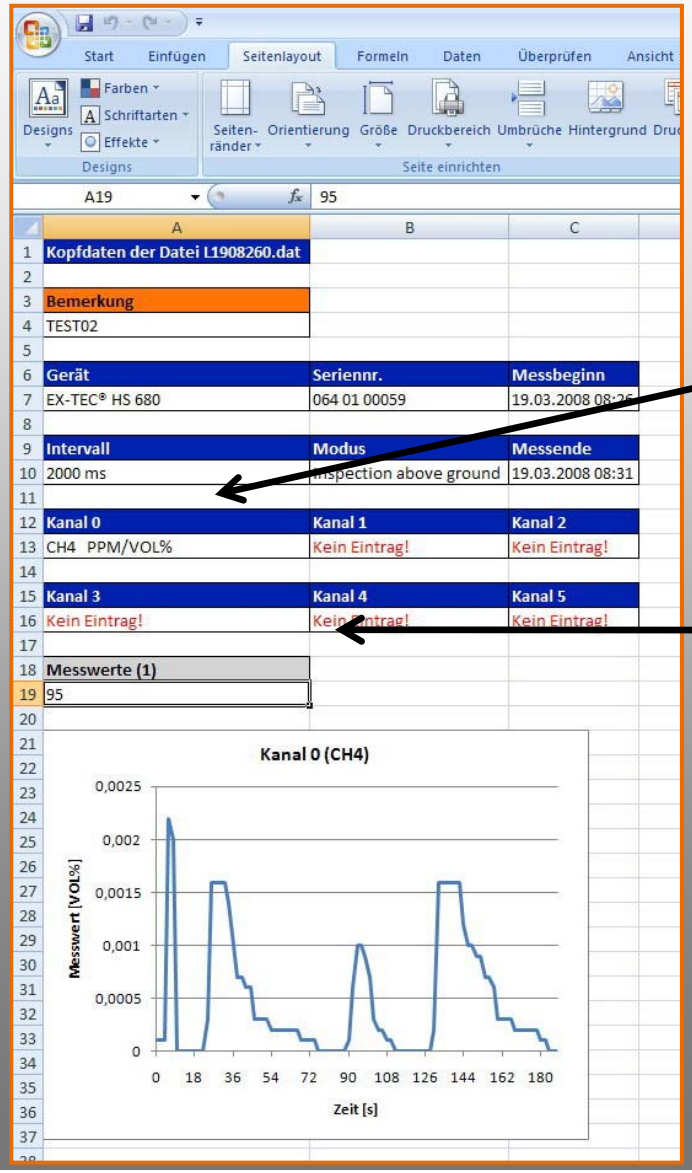
	A	B	C
1	Kopfdaten der Datei L1908260.dat		
2			
3	Bemerkung		
4	TEST02		
5			
6	Gerät	Seriennr.	Messbeginn
7	EX-TEC® HS 680	064 01 00059	19.03.2008 08:26
8			
9	Intervall	Modus	Messende
10	2000 ms	Inspection above ground	19.03.2008 08:31
11			
12	Kanal 0	Kanal 1	Kanal 2
13	CH4 PPM/VOL%	Kein Eintrag!	Kein Eintrag!
14			
15	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5
16	Kein Eintrag!	Kein Eintrag!	Kein Eintrag!
17			
18	Messwerte (1)		
19	95		

Početak mjerenja

Završetak mjerenja

Vrsta mjerenja

EX-TEC HS680 - Software

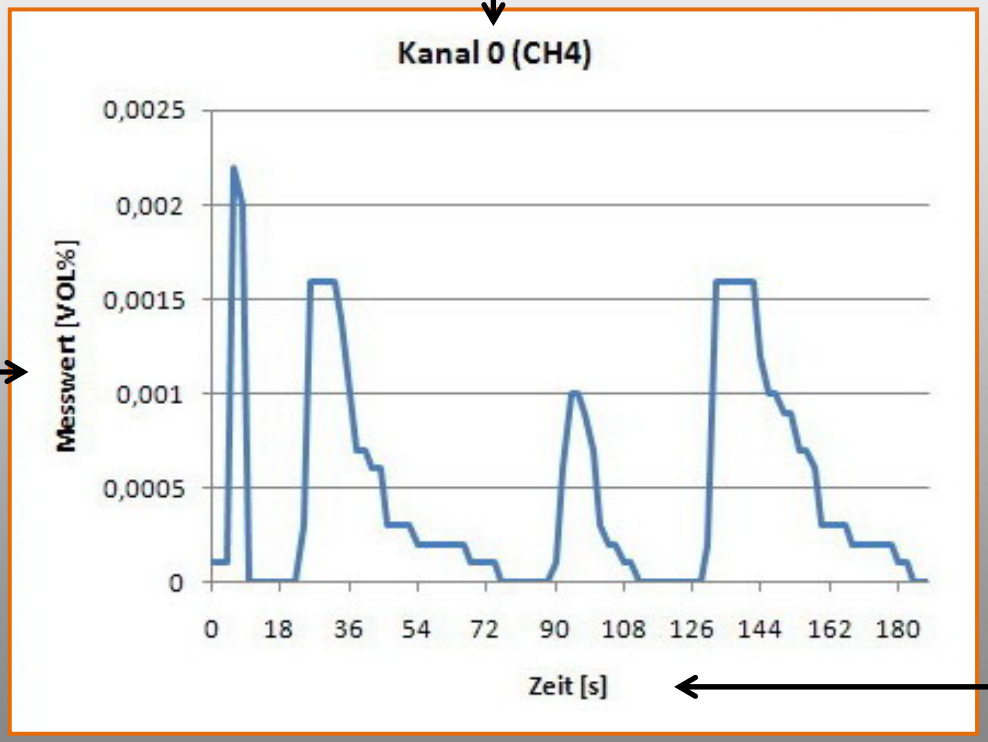


Kanal i vrsta plina

broj mjerenja

EX-TEC HS680 - Software

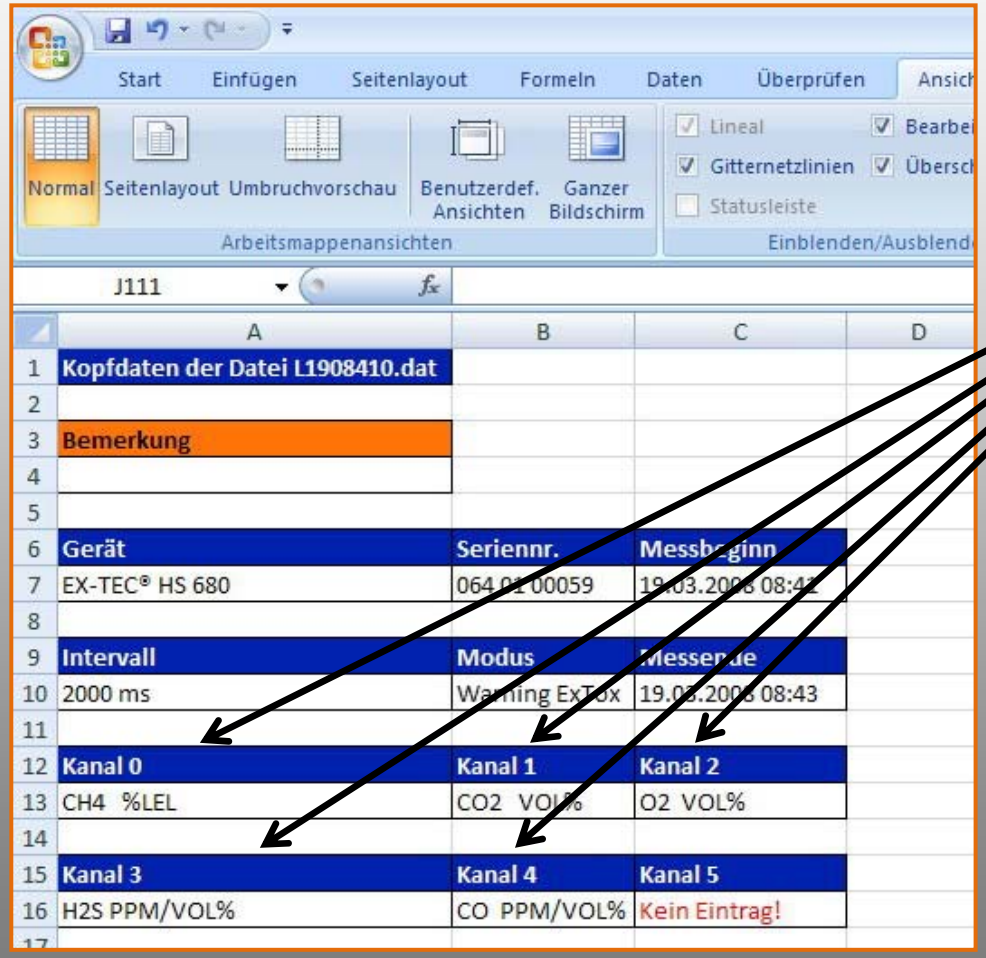
kanal



vrijednost

vrijeme

EX-TEC HS680/MULTITEC 520 - Software

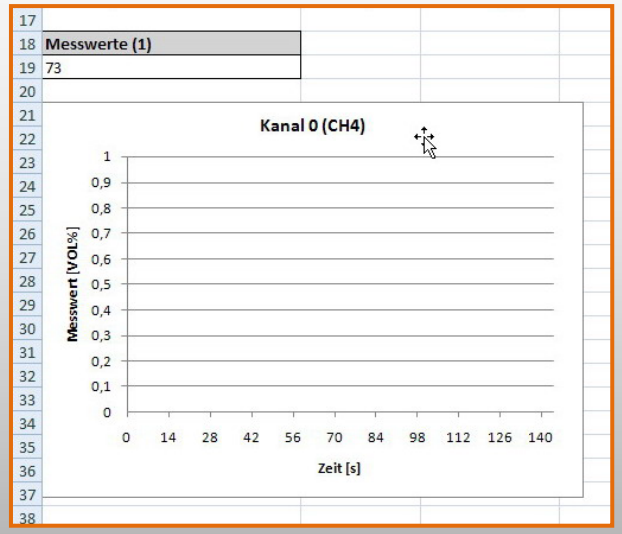


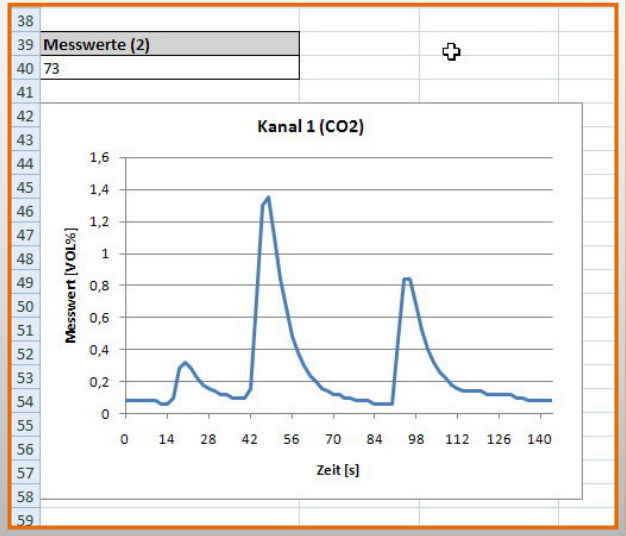
	A	B	C	D
1	Kopfdaten der Datei L1908410.dat			
2				
3	Bemerkung			
4				
5				
6	Gerät	Seriennr.	Messbeginn	
7	EX-TEC® HS 680	064 01 00059	19.03.2008 08:42	
8				
9	Intervall	Modus	Messende	
10	2000 ms	Warning ExTox	19.03.2008 08:43	
11				
12	Kanal 0	Kanal 1	Kanal 2	
13	CH4 %LEL	CO2 VOL%	O2 VOL%	
14				
15	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	
16	H2S PPM/VOL%	CO PPM/VOL%	Kein Eintrag!	

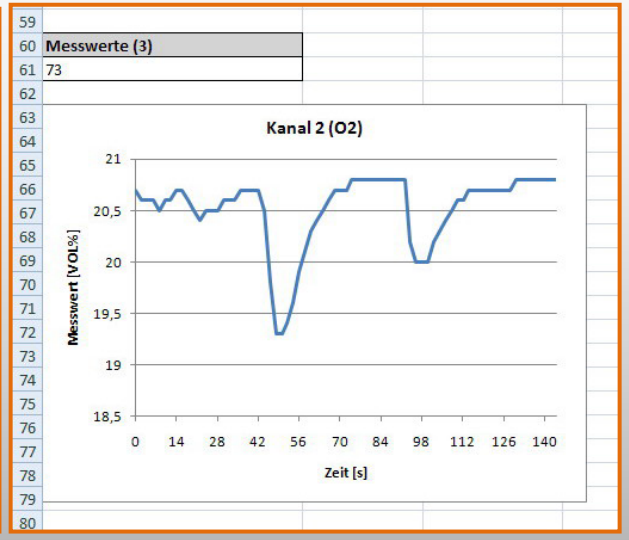
Praćenje 5 kanala

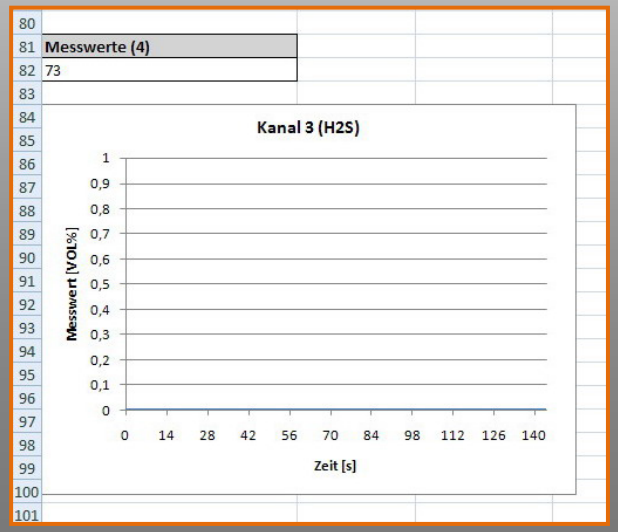
- CH_4
- CO_2
- O_2
- H_2S
- CO

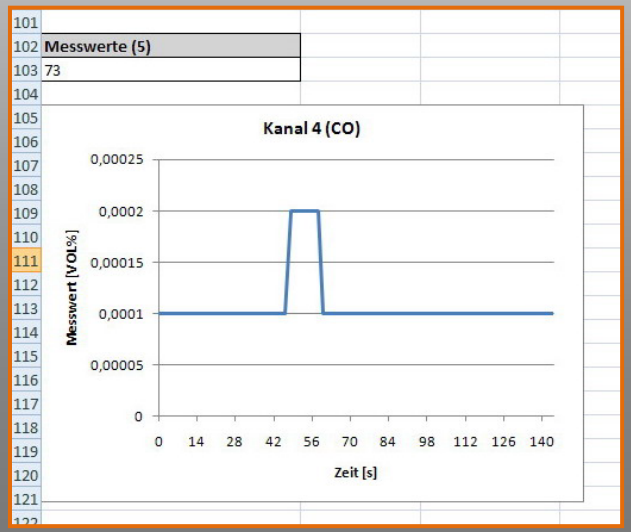
EX-TEC HS680/MULTItec 520 - Software











Kapacitet memorije

interval	Ukupno vrijeme po file-u	Ukupno vrijeme za 80 file-ova
1 s	0,5 h	40 h
2 s	1,0 h	80 h
5 s	2,5 h	200 h
10 s	5 h	400 h
20 s	10 h	800 h

Sewerin RMLD



RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Primopredajnik



Kontrolna jedinica

RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Tehnički podaci

- namijenjen isključivo za detekciju metana
- osjetljivost: 5ppm*m <> 0-15m, 10ppm*m <> 15-30m
- područje mjerenja 0 – 99.999 ppm*m
- područje detekcije 30 m
- Ispitivanje područja koja su teško dostupna
- osvijetljen numerički ekran
- veliki raspon radne temperature (-17°C do 50°C)
- Trajanje baterija (8 sati na 0°C)
- vlaga 5 to 95% (ne-kondenzirajući)
- kućište IP54 (zaštićeno od vode i prašine)

RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Prijemno-odašiljačka jedinica

pokazivački laser

Infracrveni laser

okidač



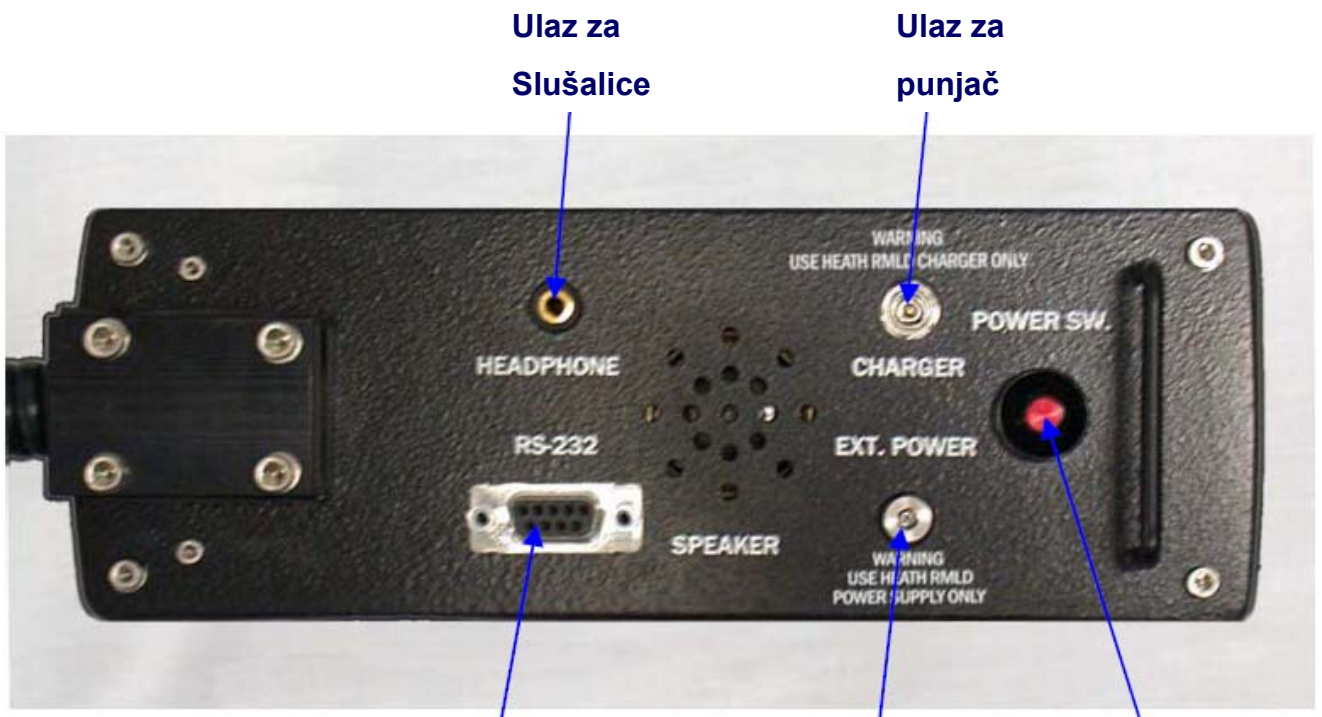
RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Kontrolna jedinica – pogled sprijeda



RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Kontrolna jedinica – pogled straga



RMLD- Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Kalibracija



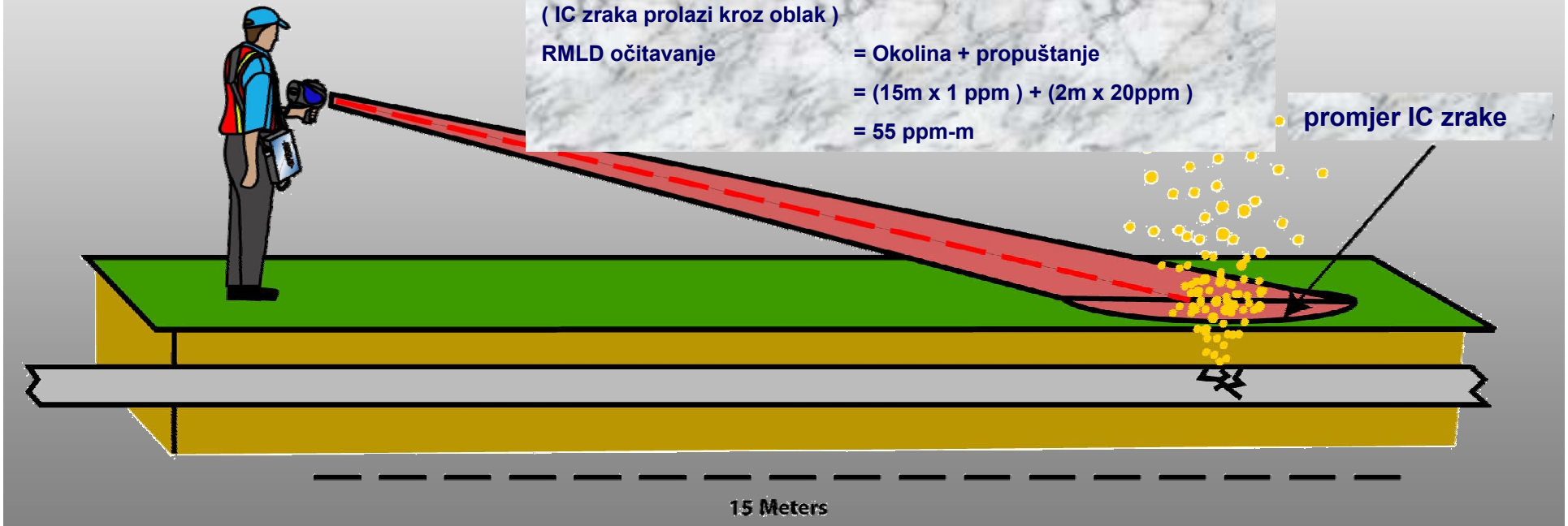
Plinska proba

Kada se nalazi u koferu

RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

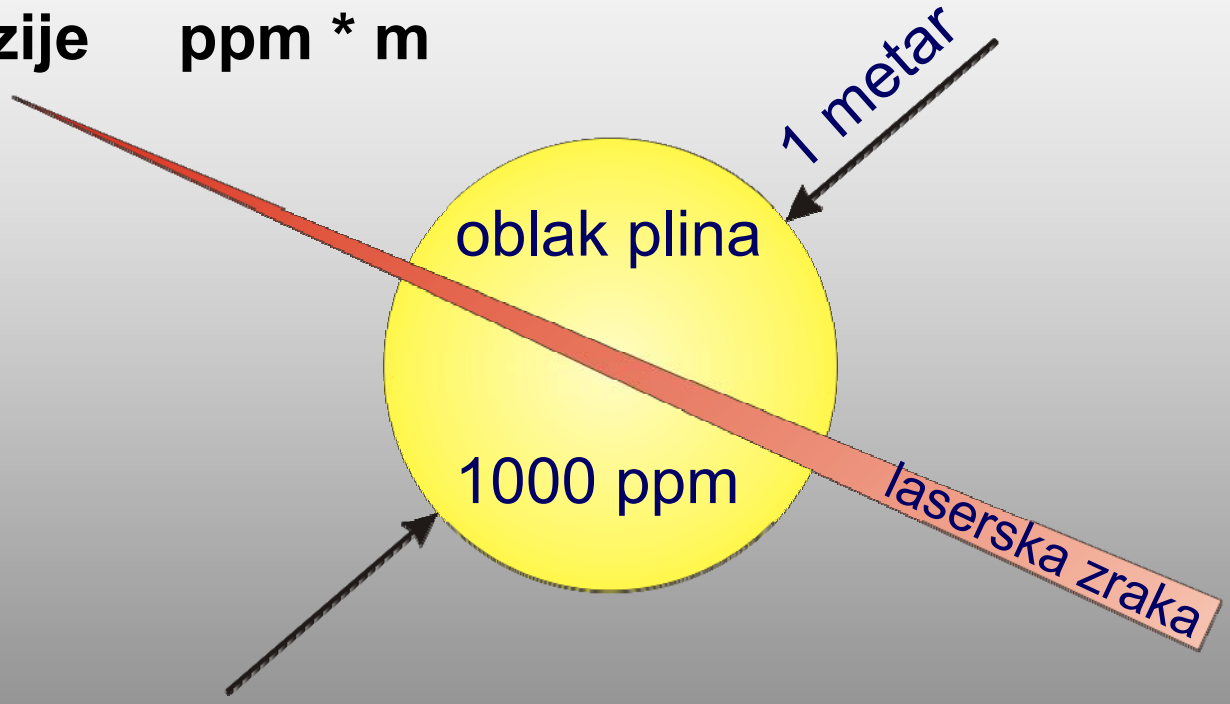
Princip rada

	Primjer
Udaljenost skeniranja	= 15 m
Dimenzija IC zrake	= 4,9 m x 3 m @ 15 m
Okolni metan	= 1 ppm
Koncentracija oblaka plina	= 2 m
(IC zraka prolazi kroz oblak)	
RMLD očitavanje	= Okolina + propuštanje
	= (15m x 1 ppm) + (2m x 20ppm)
	= 55 ppm-m



RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

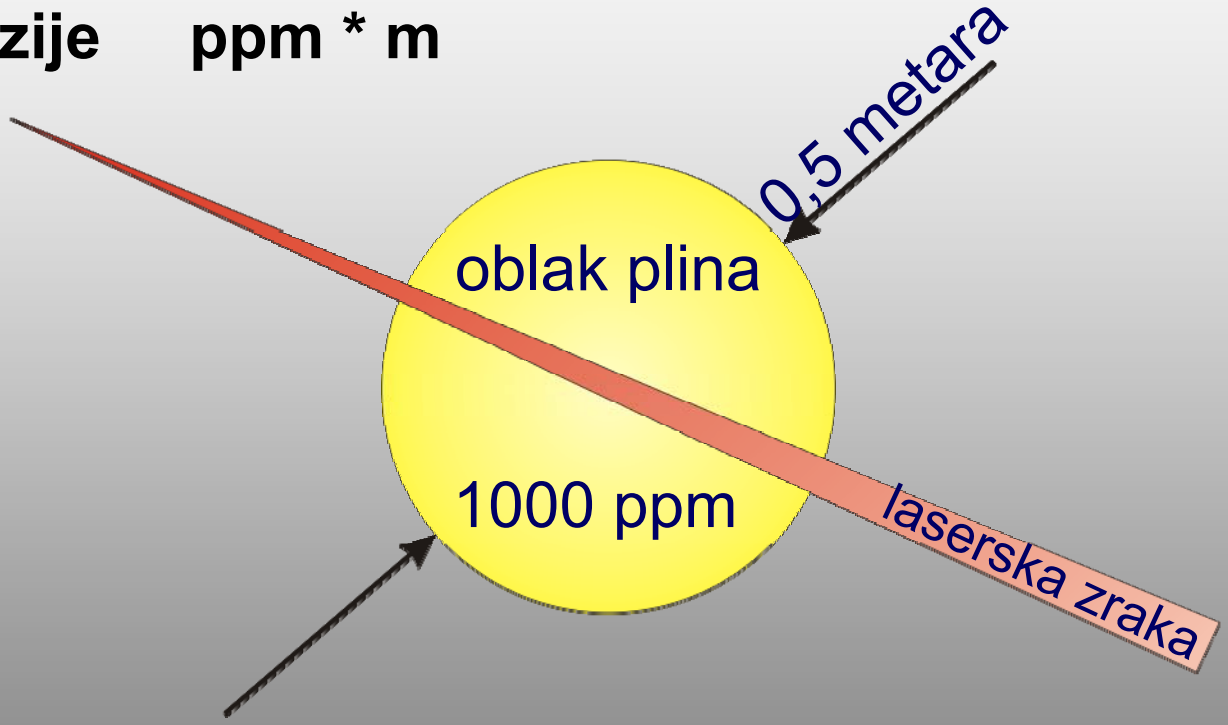
Dimenzije ppm * m



1000 ppm x 1 metar = 1000 ppm*m

RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Dimenzije ppm * m



1000 ppm x 0,5 metara = 500 ppm*m

RMLD – Laserski prenosni detektor propuštanja metana

Prikaz primjena i izvođenja



Sladović

KORISNICI NAŠIH DETEKTORA U HRVATSKOJ

PPD Prvo Plinarsko Društvo d.o.o.

Ivkom d.o.o.

zagorski metalac

Humkom d.o.o.

Brod plin d.o.o.

HEP PLIN d.o.o.

PIS

PLINARA ISTOČNE SLAVONIJE d.o.o. Vinkovci, Ohridska 17

Darkom d.o.o.

Plin Projekt d.o.o.

energo

Dukom d.o.o.

GP 1862 ZAGREB

Energo Metan d.o.o.

EM elektrometal d.d. Bjelovar

Gradska plinara Zagreb

Metalprodukt d.o.o.

Zelinske komunalije d.o.o.

međimurjeplin

Komus d.o.o.

Komunalac Pakrac d.o.o.

VIRKOM VIROVITICA

Papuk d.o.o.

Komunalac Garešnica d.o.o.

Sladović
od 1965.

Hvala na pažnji !

Sladović d.o.o.
Kastavska 8
10110 Zagreb

Tel. *++385 01 3631 040*
++385 01 3631 050
Fax. *++385 01 3680 437*

e-mail: info@sladovic.hr
www.sladovic.hr

Sladović
od 1965.

Miješani plin

UNP/ zrak velike mogućnosti

Autor: Davor Sladović

Tržište prirodnog plina

- **Tržište prirodnog plina**
  - Rezervna oprema ili pokrivanje vršnog opterećenja
- **Tko kupuje?**
  - Svatko tko koristi prirodni plin
- **Zašto koristiti?**
  - Ekonomičnost (prekidni korisnik, mogućnost pregovora o cijeni prirodnog plina)
  - Gorivo u hitnim slučajevima
  - Prethodnik prirodnom plinu

Prirodni plin u budućnosti

- Mnogo smetnji
- Manja učestalost isporuke
- Više zainteresiranih za supstituciju

- **Miješani plin KAO SPAS!**

Zašto miješani plin ?

- Svojstva izgaranja mješavine UNP/zrak jednaka su prirodnom plinu.
- Nema modifikacija na plamenicima.
- Izmjena sa prirodnog plina na mješavinu – izvodi se u hodu, nije potrebno propuhivanje ili sl.
- Emisija UNP-a slična je prirodnom plinu, nema čađi kao kod loživog ulja

Zašto miješani plin ?

- UNP spremnici ne propuštaju, zahtijevaju stalni nadzor od strane IPPT-a (spremnici loživog ulja nemaju nadzora i mogu propuštati)
- Mješavina UNP/zrak je lagan kao i prirodni plin, nema taloženja na ventilima, kao kod EL ulja
- Mješavina prolazi kroz iste cijevi prirodnog plina, te nije potrebna dodatna instalacija

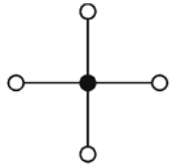
Zašto UNP/Zrak?

- Rezervno gorivo kao lož ulje i čisti UNP ne koriste se za više od jednog ili dva plamenika zbog promjene plamenika ili dizni
- UNP se može dobiti stalno na tržištu, dok prirodni plin nije uvijek dostupan
- Cijene prirodnog plina se stalno mijenjaju i mogu biti vrlo nestabilne

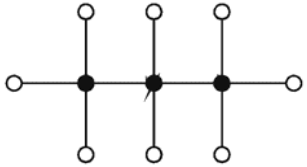
Kako mogućnost zamjene goriva radi?

- Kada se UNP miješa sa zrakom u dobrom omjeru, mješavina će izgarati kao prirodan plin
- Prvo moramo razumjeti kemijsku formulu svakog goriva

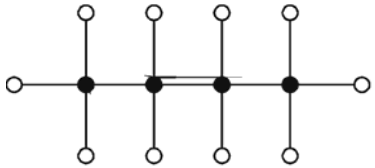
Ugljikovodici - kemijsko stanje



METHANE CH_4
(natural gas)



PROPANE C_3H_8



BUTANE C_4H_{10}

● CARBON

○ HYDROGEN

Zamjena goriva

- Bitni faktori koji se uzimaju u obzir
  - Specifična težina
  - Kalorična vrijednost
  - Granice zapaljivosti

Wobbe Indeks

- W.I. $= \sqrt{\frac{1}{S.G.}}$ C.V.
- S.G. = specifična težina plina
- C.V. = kalorijska vrijednost

Čisti propan

- S.G. = 1.52
- C.V. = 26,21 kWh/m3
- W.I. = 22,46 kWh/m3

Prirodni plin

- S.G. = 0.6
- C.V. = 10,57 kWh/m3
- W.I. = 13,674 kWh/m3

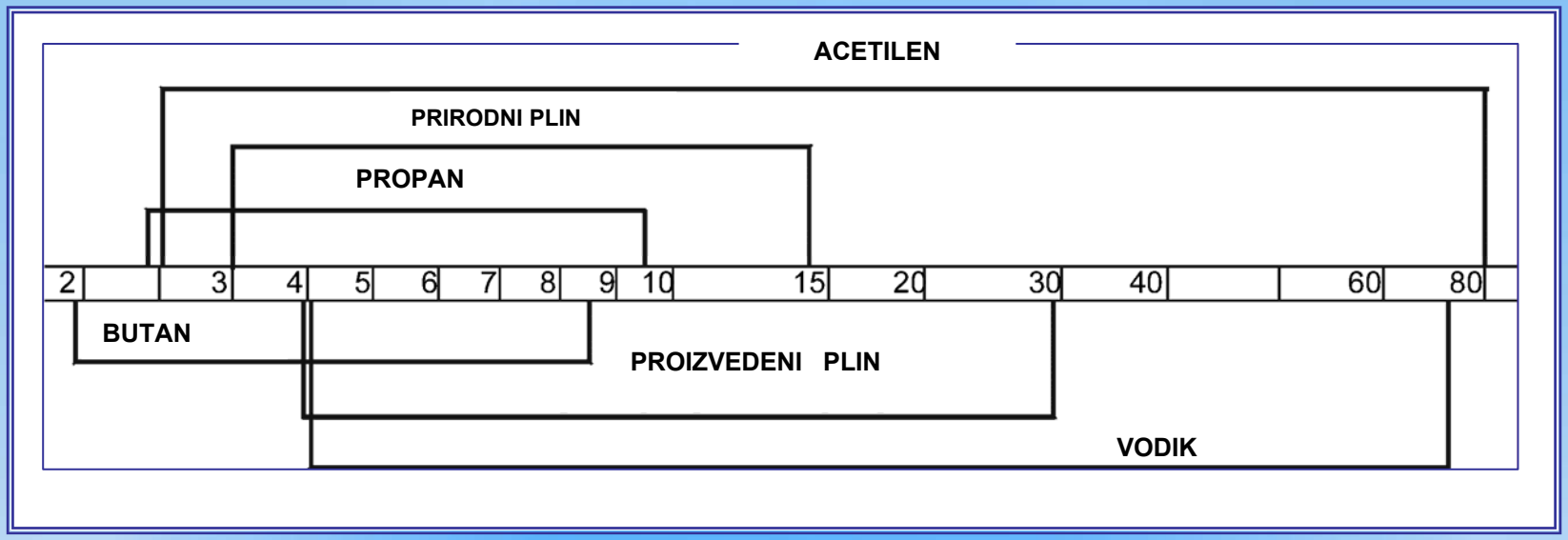
Propane / mješavina zraka

- 56% Propan 44% zrak
- S.G. = 1.29
- C.V. = 15,73 kWh/m3
- W.I. = 13,78 kWh/m3

Granica zapaljivosti

- Ako se granice zapaljivosti preklapaju, plamenik neće znati razliku između mješavine UNP/Zrak ili prirodnog plina.

Granica zapaljivosti za uobičajena goriva



Druga prednost-niža točka trošenja

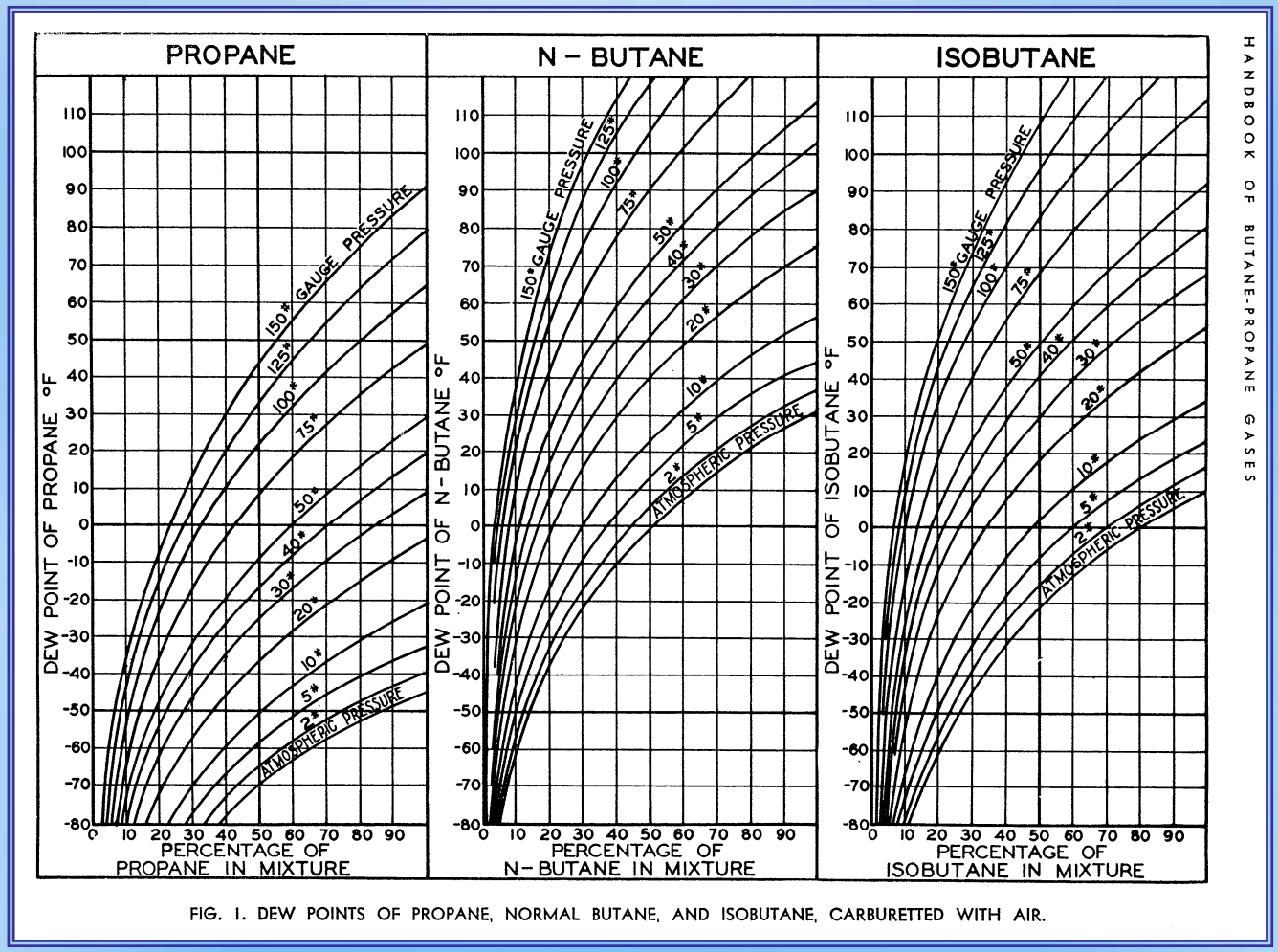


FIG. 1. DEW POINTS OF PROPANE, NORMAL BUTANE, AND ISOBUTANE, CARBURETTED WITH AIR.

Komponente niskotlačnog sistema - UNP/Zrak -

- UNP spremnik
- Pumpa za UNP
- Isparivač
- UNP/zrak mješalište
- UNP/zrak akumulatorski spremnik
- ESD
- Detekcija plina
- Oprema za gašenje vatre
- Pretakalište

VAPORAIRE® Venturi UNP/Zrak Mixer

1,03 bar

0,83 bar

0,55 bar

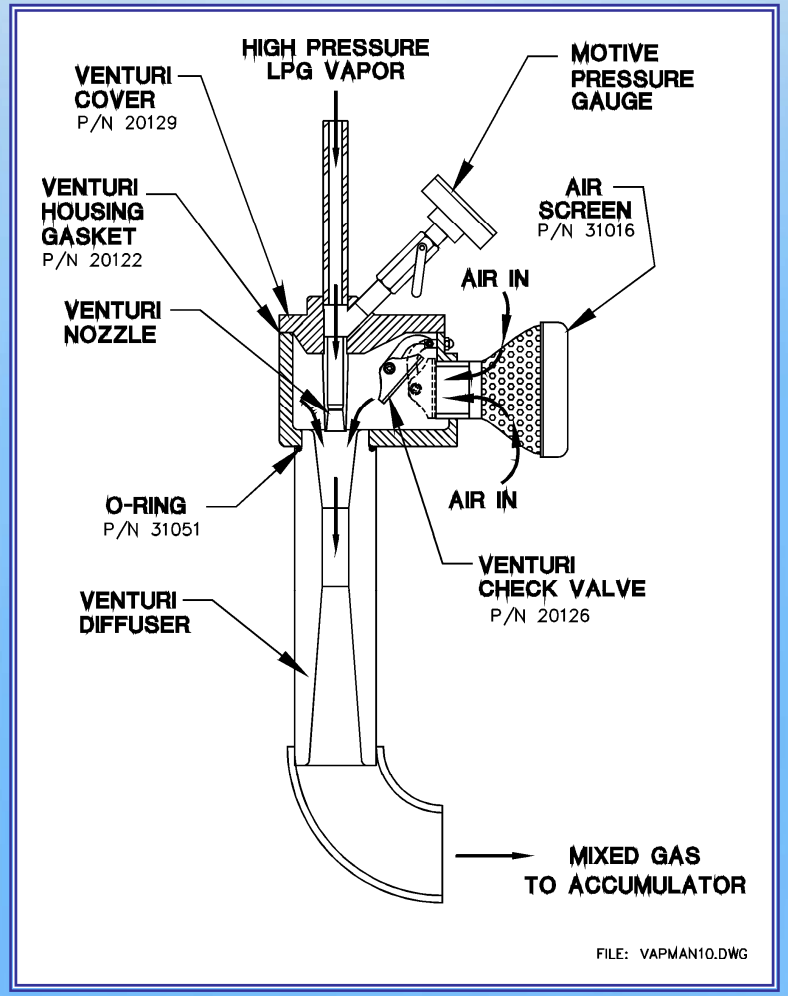
0,34 bar



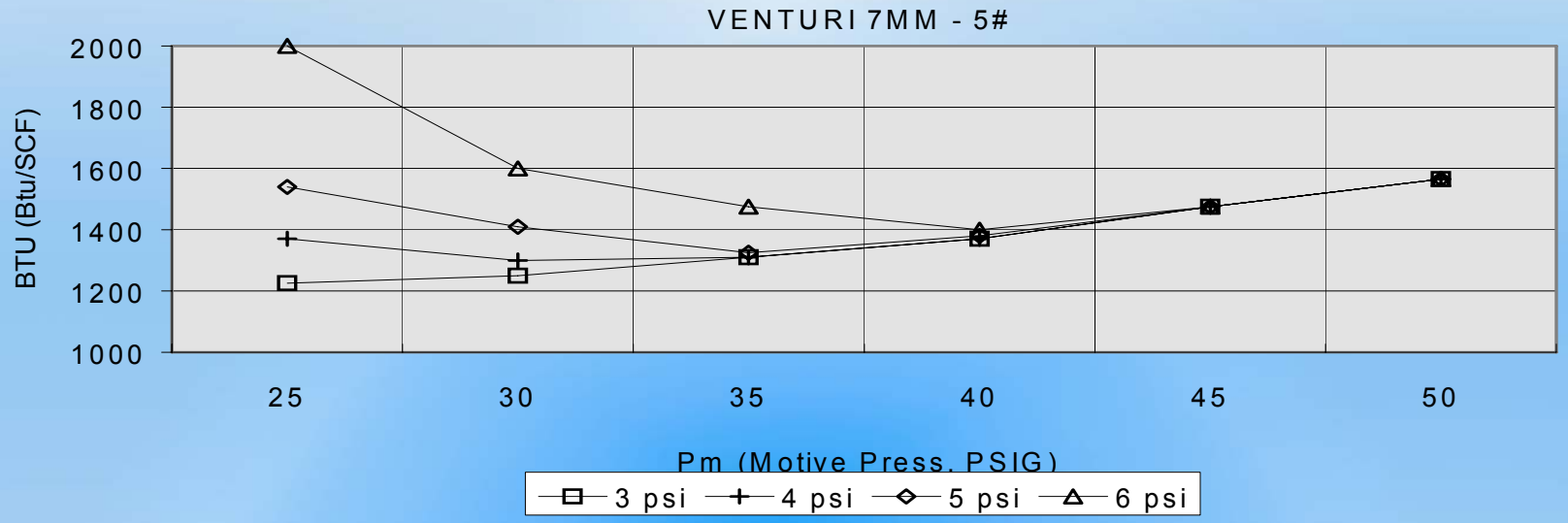
2 MWh. . . . . .73 MWh

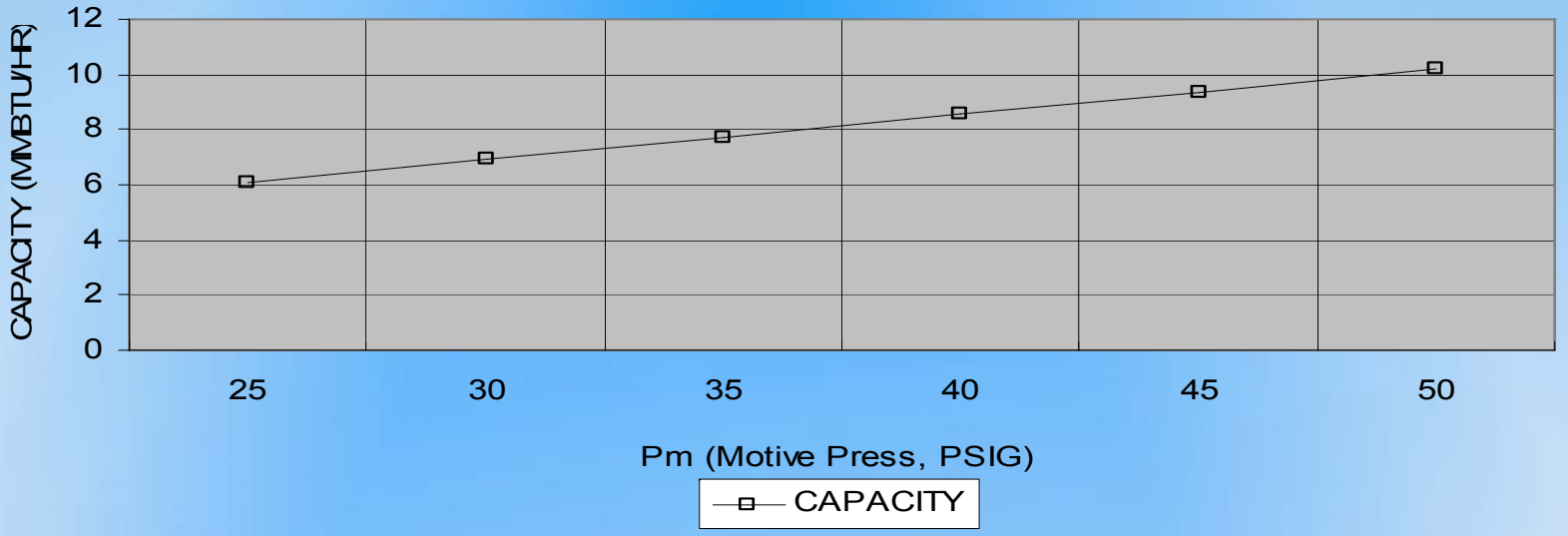
Kapacitet

VAPORAIRE® Venturi



Venturijeva krivulja





Vaporaire® /M-Series® LPG/Air mješalište

- Niskotlačni sistem
- Položenija Venturi krivulja
- Različiti pritisci: 0,34, 0,55, 0,83, 1,03 bar
- Mogućnost isporuke tlaka na 1,03 bar
- Usklađivač rotacijske aktivacije venturija
- Može eliminirati potrebu za pumpom; reducira udare u sistemu
- Manja osjetljivost Venturi znači bolja kontrola
- Fleksibilnost prema zahtjevima kupaca
- Nije potreban kompresor
- Osigurava podjednako trošenje svih venturijevih cijevi

Vaporaire® /M-Series® UNP/ Zrak mješavina

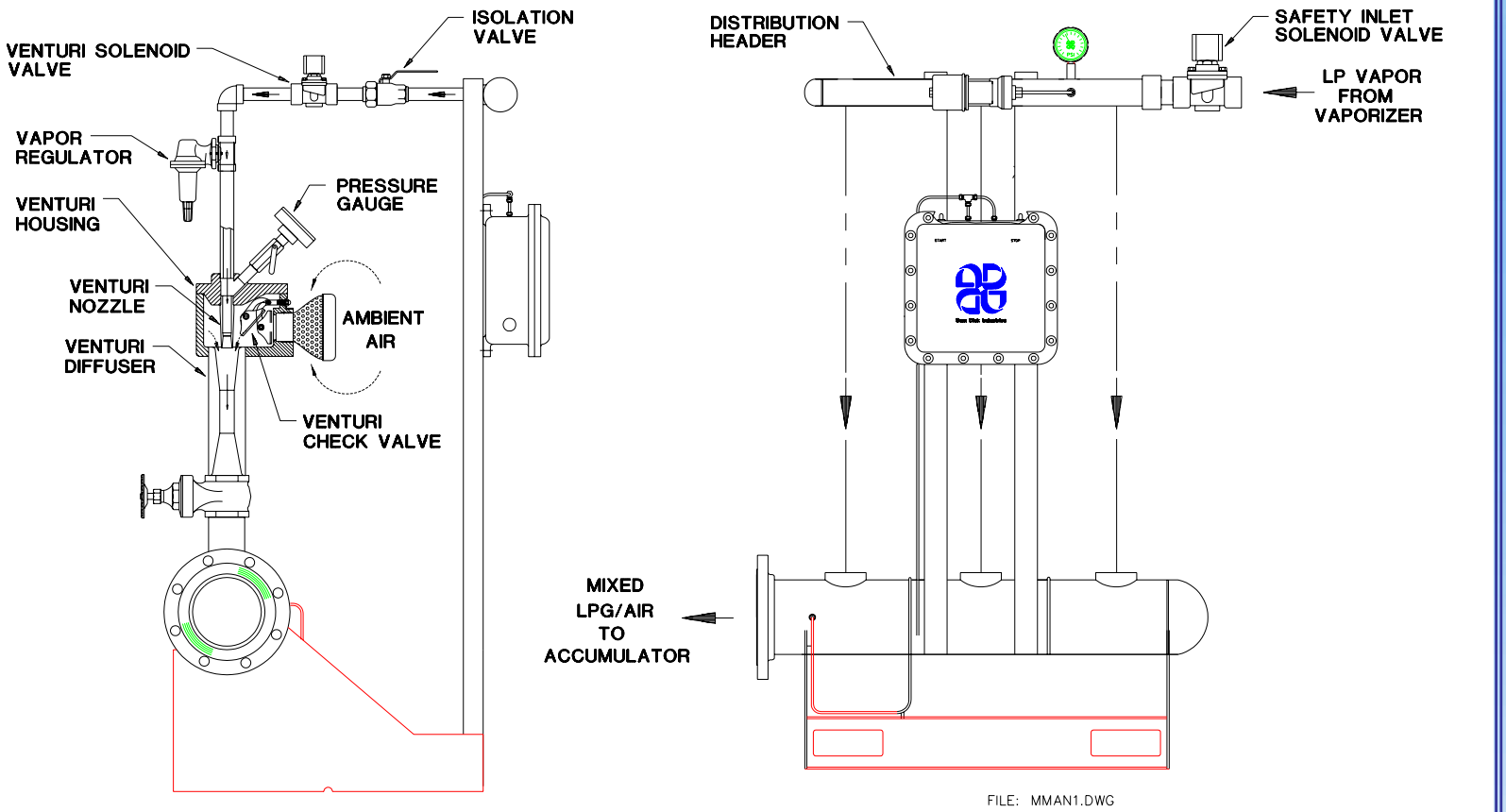
- Testirani sa butanom
- Potreban manji akumulacioni spremnik
- Protueksplozivni dizajn
- Mogućnost rada na svim kapacitetima
- Sva ASDI mješališta - FM odobreni
- Protueksplozivno atestiran
- Kvalitetne mješavine za sve kupce
- Manje dimenzije – manji trošak
- Sigurnija i isplativija instalacija
- Fleksibilnost
- Osigurana kvaliteta dijelova
- Manji trošak održavanja

Sladović
od 1965.

M-SERIES® Venturi Zrak/Plin mješalište



M-SERIES® Venturi Zrak/Plin mješalište



M-SERIES® Venturi Zrak/Plin mješalište

Osobine

* Kompaktnost
* Jedinice se mogu spajati u paralelu
* Mogućnost namještanja tlaka
* Nema UNP/Zrak akumulatorskog spremnika

Pogodnosti

* Uklapanje u postojeću okolinu
* Mogućnost naknadnog proširenja
* Prilagodljivi sistem prema korištenju
* Manja cijena zbog nabavke spremnika lokalno

Pravila za odabiranje veličine venturi mješališta

- Računajte sa nazivnim kapacitetima potrošača – nemojte koristiti prosječne vrijednosti
- Uvijek računajte prvo venturi mješalište
- Zatim izaberite isparivač dovoljan da zadovolji kapacitet venturi mješališta, a ne potrebne količine potrošača
- Veći tlakovi – skuplje mješalište

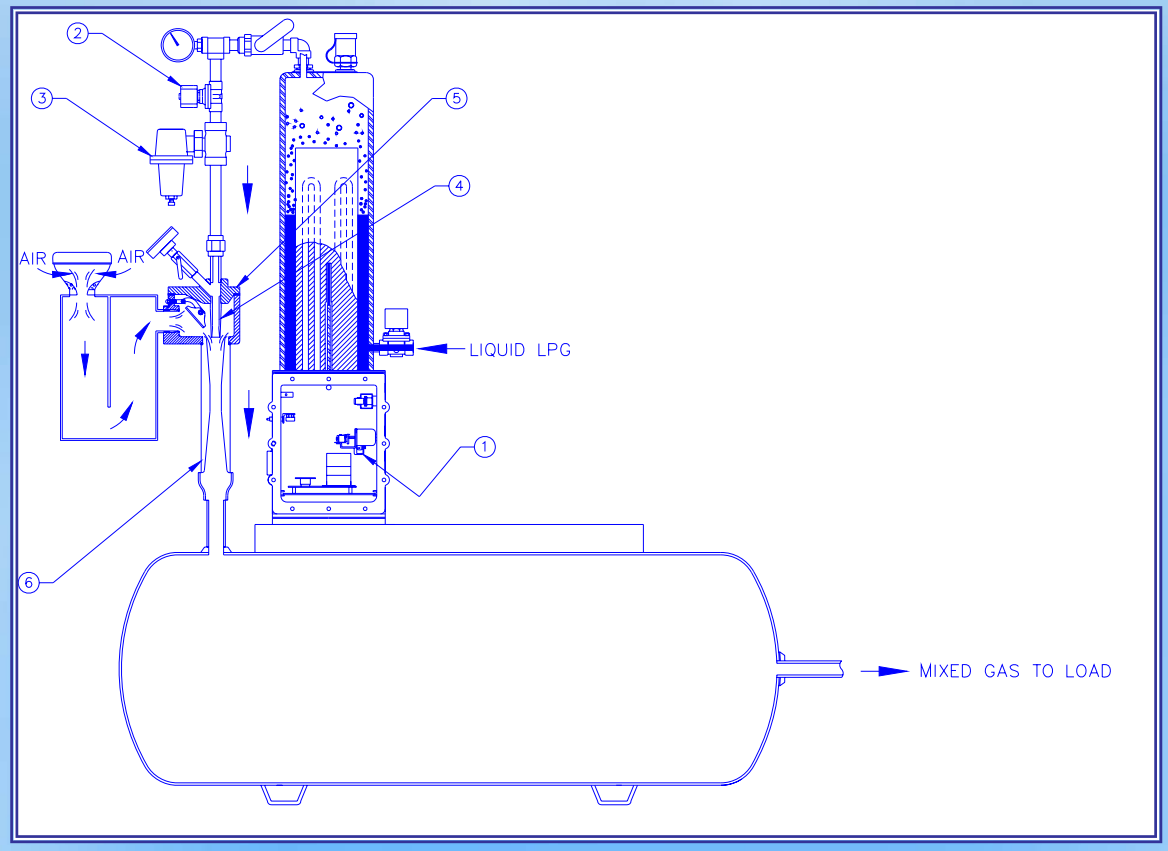
XPV® paketna jedinica isparivač/mješalište



XPV® paketna jedinica

- Komplet XP električni isparivač, Vaporaire® Venturi mješalište i akumulacijski spremnik
- Kapacitet: 733 kw/h – 8211 kw/h
- Tlak: 0,34 bar – 0,83 bar

XPV® Paketna jedinica Isparivač/Mješalište



Glavne komponente - presjek

Sladović
od 1965.

DFV paketna jedinica



DFV

- Algas isparivač sa direktnim plamenom
- Potrebno vrlo malo struje – manje od 1amp
- Kompletna zamjena za prirodni plin

Sladović
od 1965.

QM Paketna jedinica Propan-Zrak Isparivač/Mješaliište



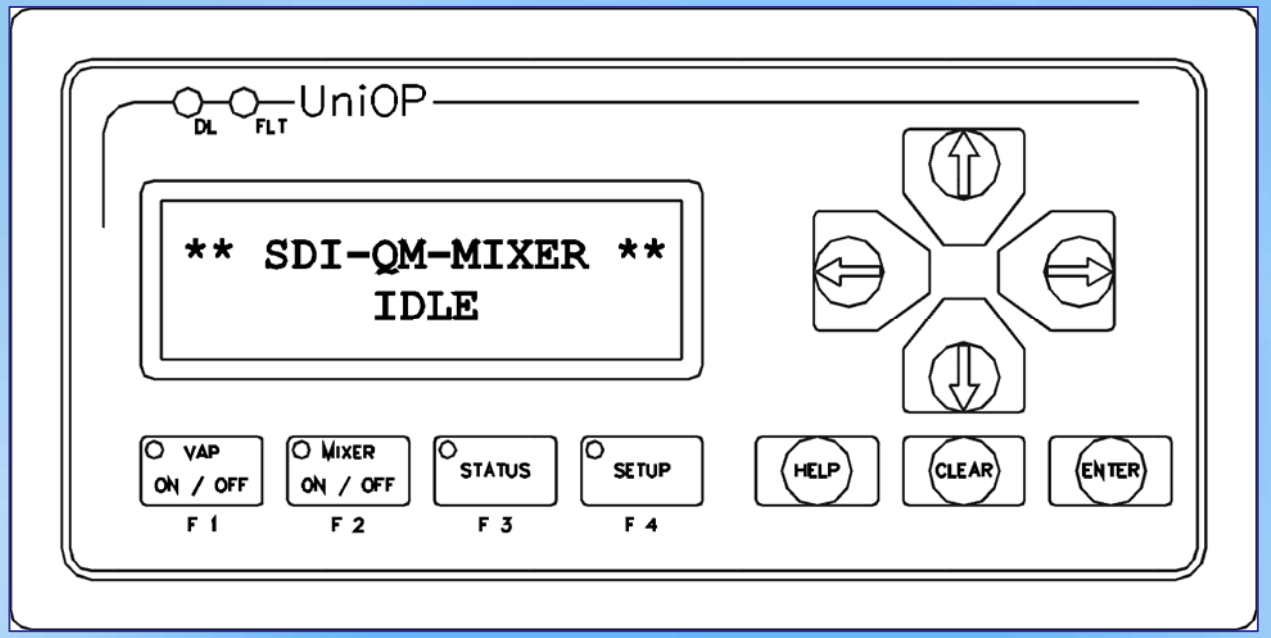
QM paketna jedinica Isparivač/Miješalište

- Komplet Aquavaire® toplovodni isparivač i M-Series Venturi mješalište
- Kapacitet: 8211 kw/h – 43988 kw/h
- Tlak: 0,34 bar – 1,03 bar

QM® paketna jedinicaisparivač/Mješalište

- **Sastoji se od tri proizvoda**
  - Aquavaire® Vodeni isparivač
  - Vaporaire® /M-Series® Venturi mješalište
  - UNP pumpa
- **Uključuje**
  - Centralni kontrolni sistem
  - Lakoća upotrebe

QM Paketna jedinica Propan-Zrak Isparivač/Mješalište



Kontrolna ploča

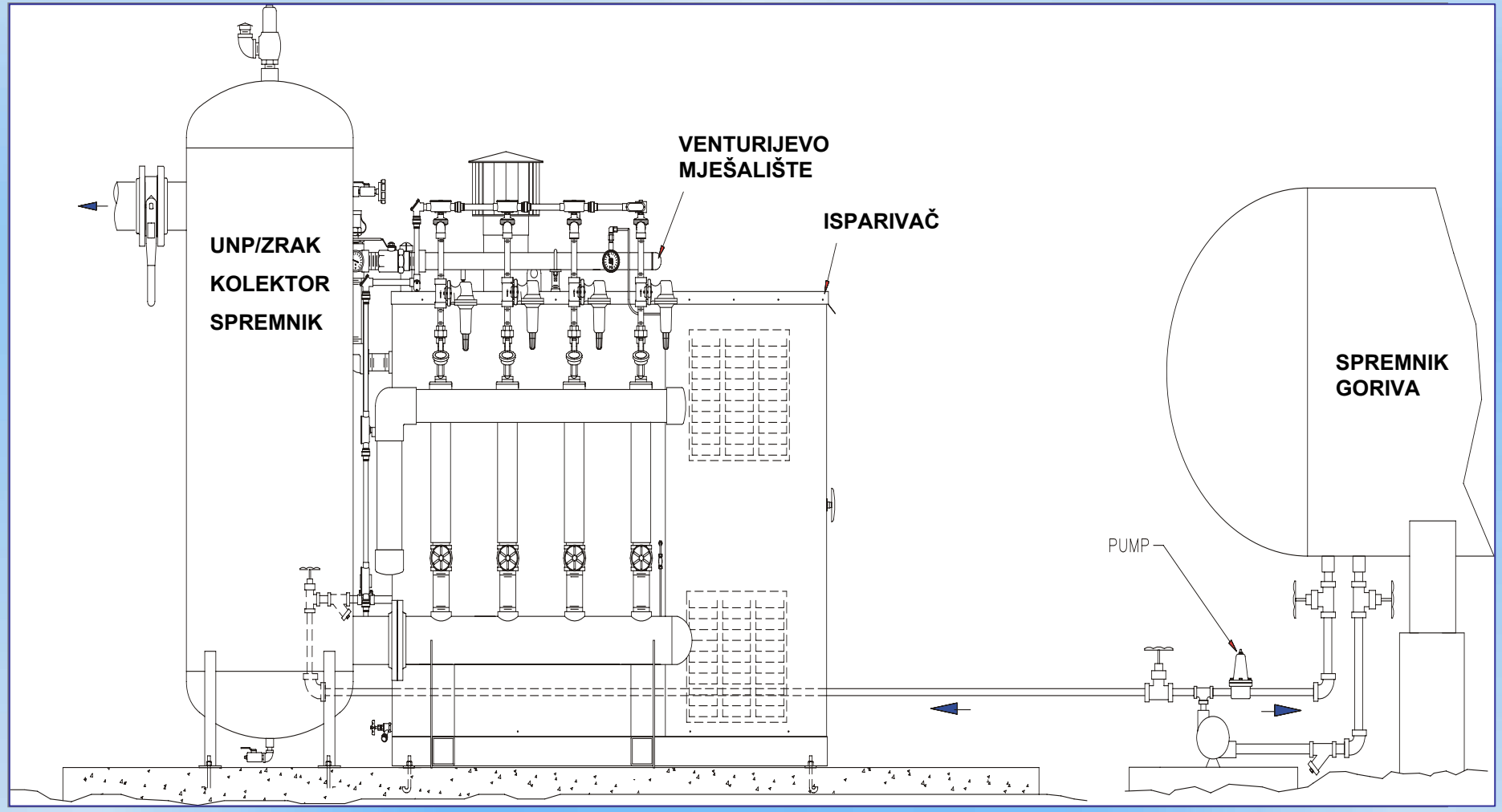
QM® Paketna jedinica Propan-Zrak Isparivač/Mješalište

- **Točka operativnog sučelja**
  - Isparivač Start/Stop i kontrola
  - Mixer Start/Stop i kontrola
  - Pumpa Start/Stop i kontrola
  - Operativna namještajna točka - promjene
  - Promatranje grešaka
  - Pregled tajmera i kontrola intervala

  - Opcija kapaciteta potrošnje

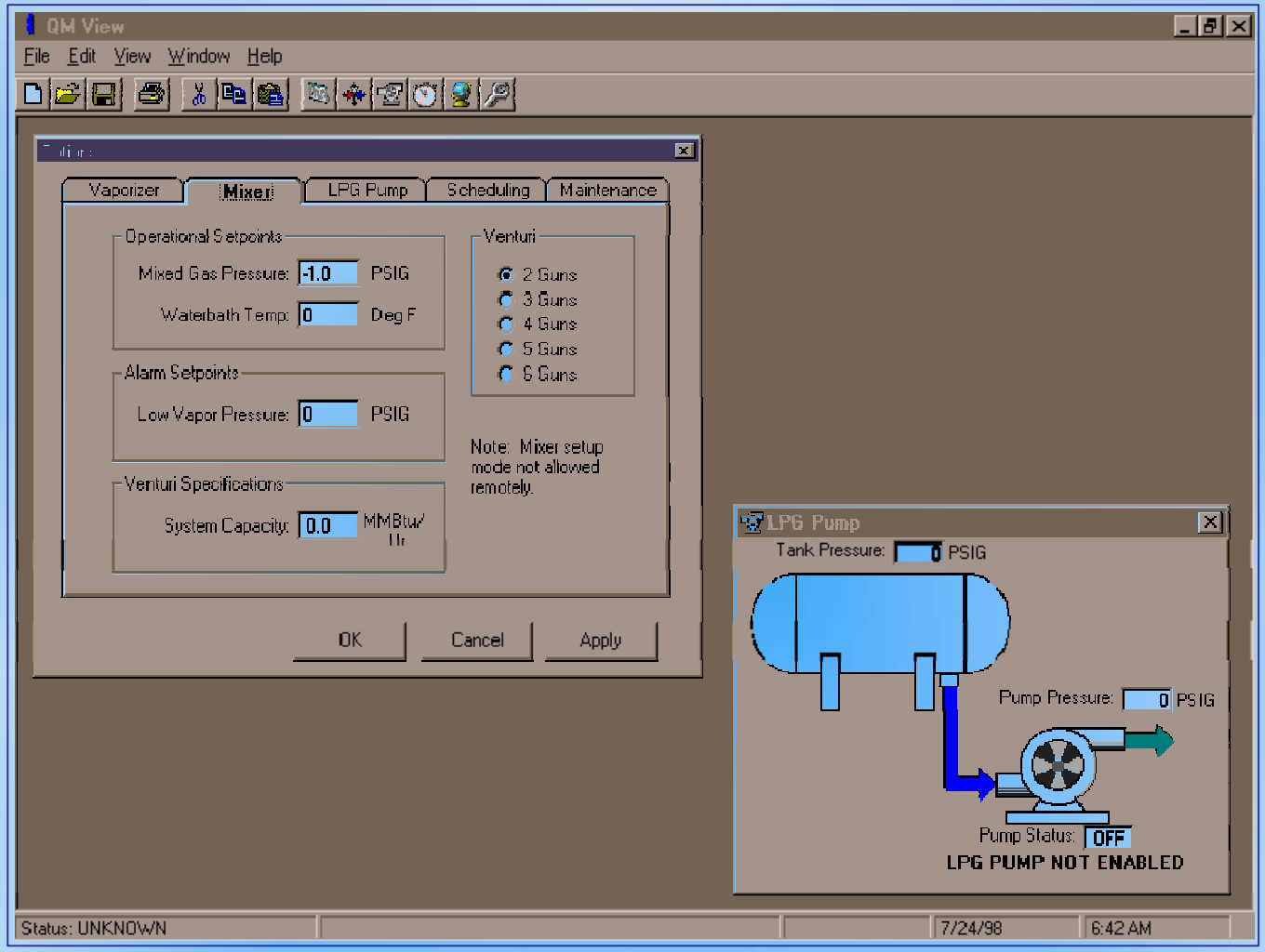
  Upravljačka jedinica PC Control Interface Software

Komponente niskotlačnog UNP/zrak postrojenja



Sladović
od 1965.

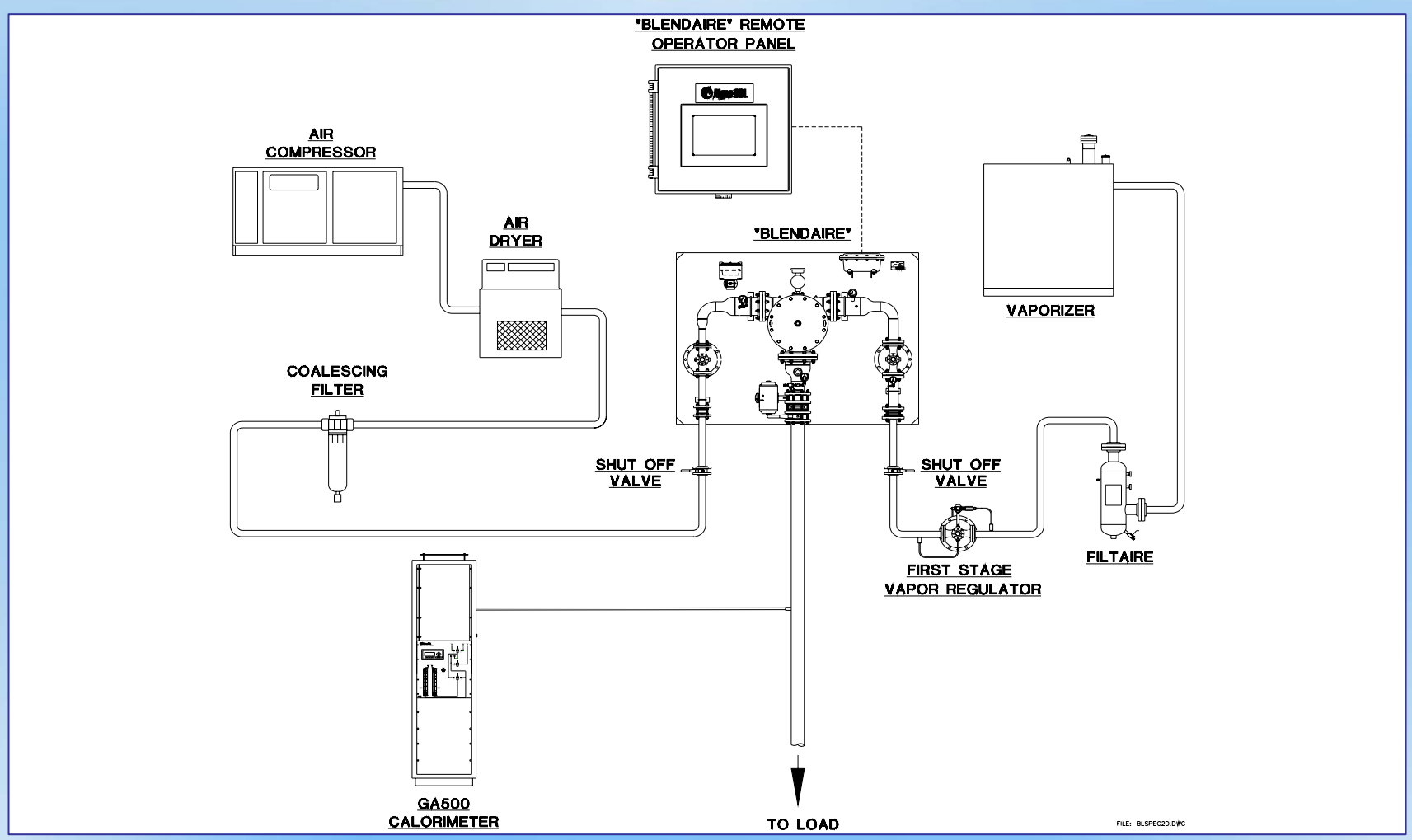
QM PC sučelje



Komponente visokotlačnog UNP/Zrak postrojenja

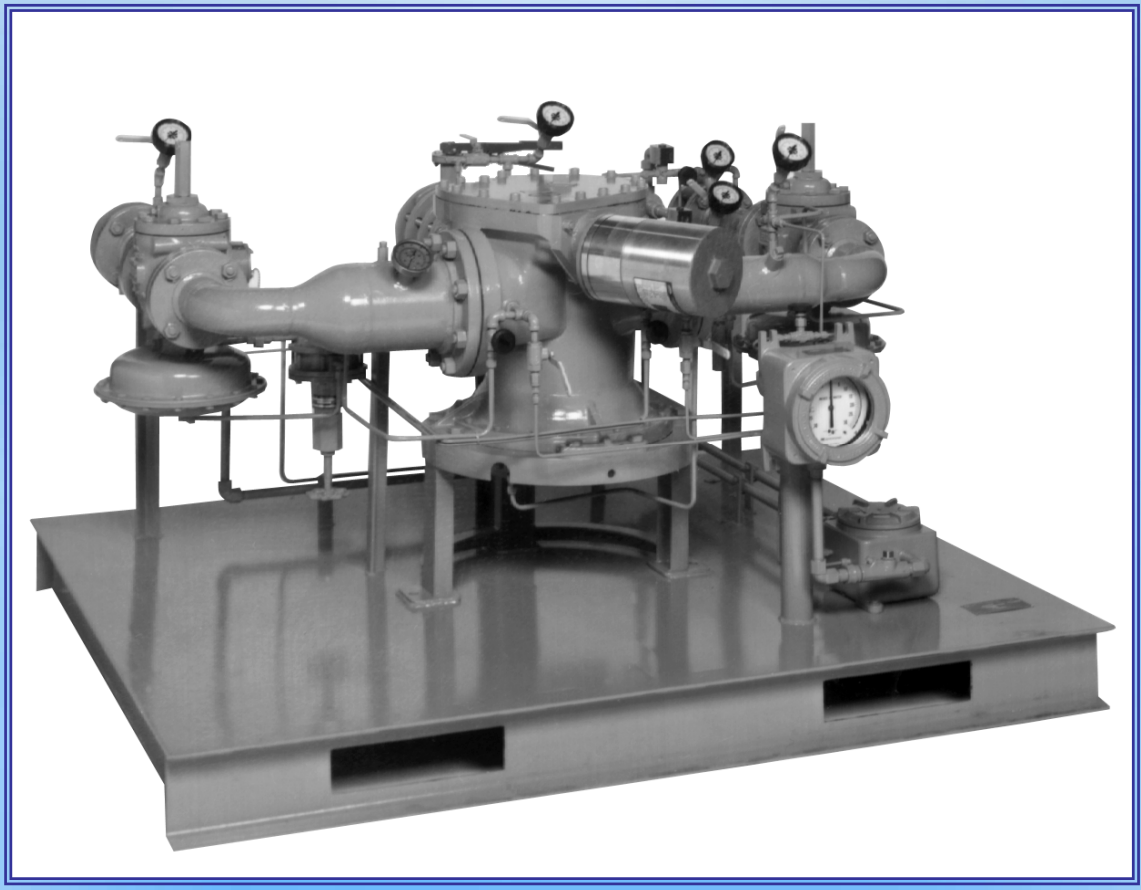
- UNP spremnik
- UNP pumpa
- UNP isparivač
- UNP filtar
- UNP/Zrak Mixer
- Kontrolna ploča
- ESD
- Pretakalište
- Zračni kompresor
- Sušač zraka
- Zračni filtar
- Kalorimetar
- Skladište
- Brojilo protoka
- Detekcija plina
- Aparat za gašenje

Visokotlačno mješalište

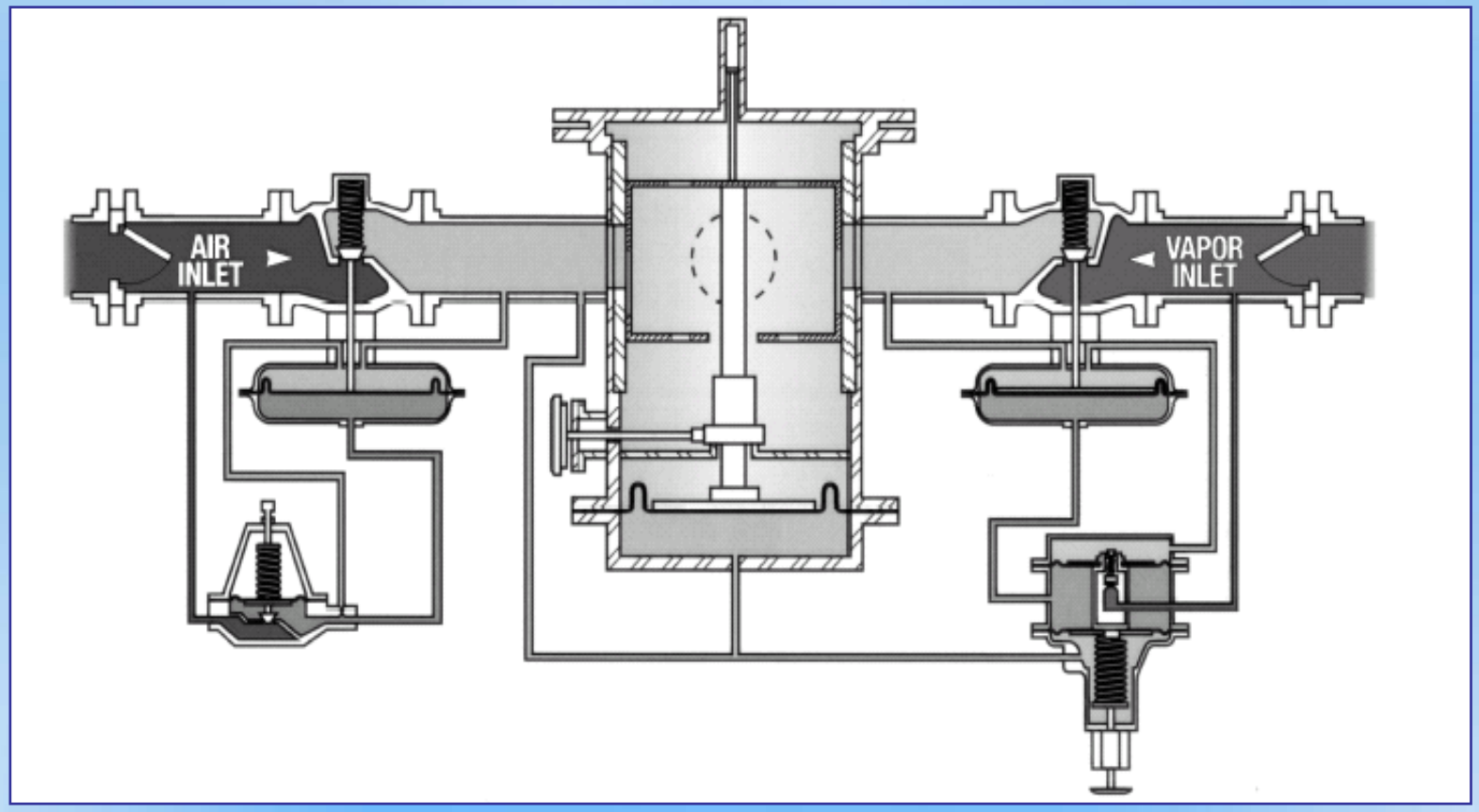


Sladović
od 1965.

BLENDAIRE® LPG/Air Mixer



Blendaire proporcionalni Mixing ventil



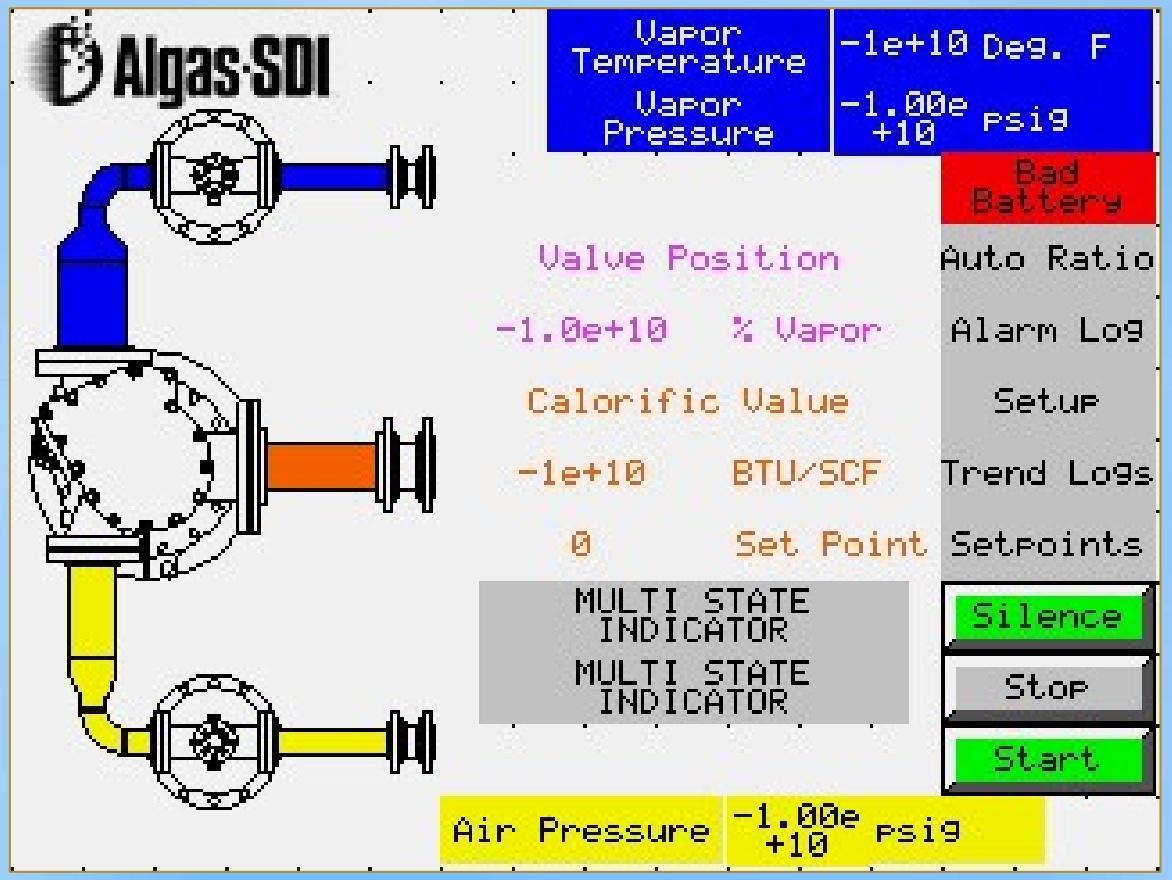
Blendaire®/FVO® Visokotlačno UNP/Zrak mješalište

- Anodirozirajući sigurnosna tolerancija
- Sigurnosni izmjenjivi ventil
- Vertical Motion via Bearing
- Rotational Motion via Rack and Pinion
- Dizajniran za UNP
- Konstantni diferencijalni tlak
- Manje čišćenja, bolje performanse
- Glatke, uredne performanse
- Precizna pozicija ventila

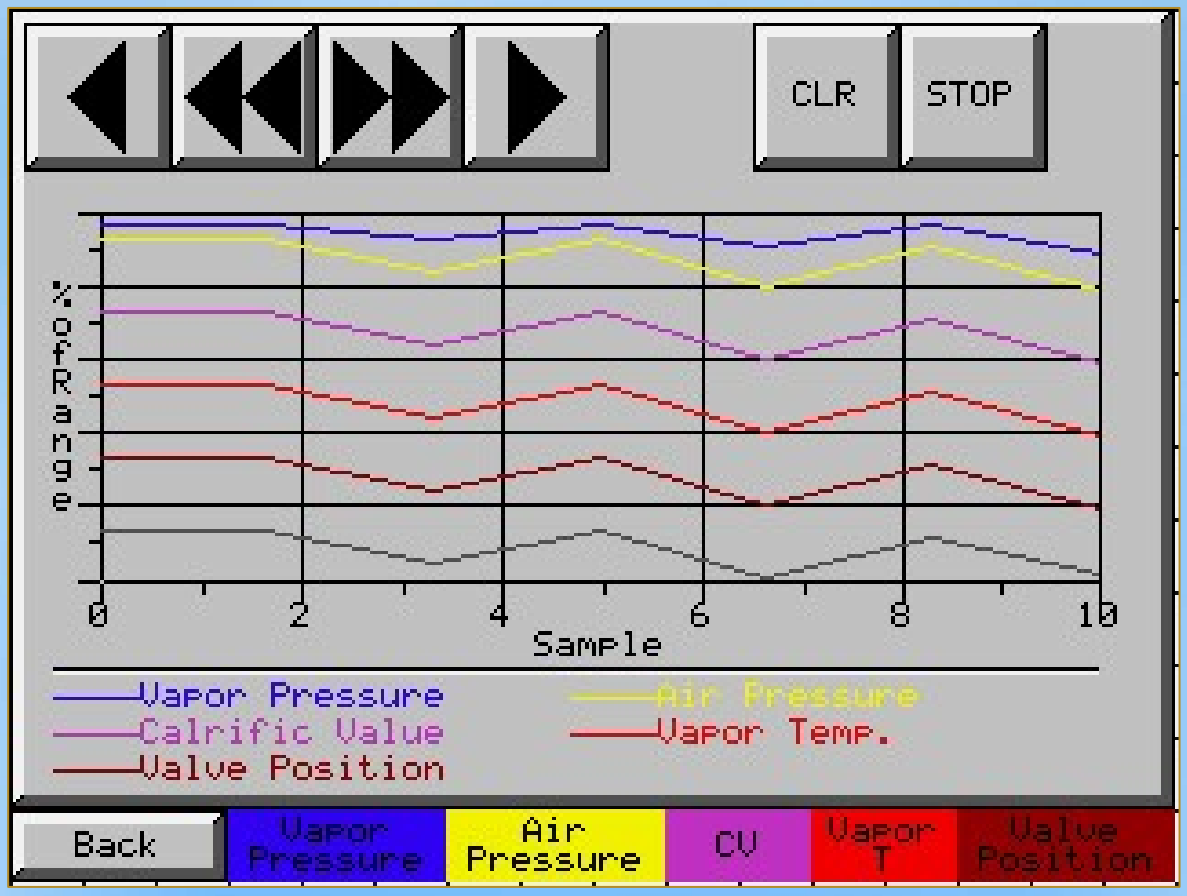
Blendaire®/FVO® Visokotlačno UNP/Zrak mješalište

- Pregradni dizajn
- Nikalna ploča
- Vizualni indikator
- Sve zavareno i flanđe na cijevima
- Eksplozivno ispitan
- Potpuno prekriven
- Nema korozije
- Lako se namješta
- Nema navoja, nema propuštanja
- Sigurna instalacija
- POM ventil ugrađen

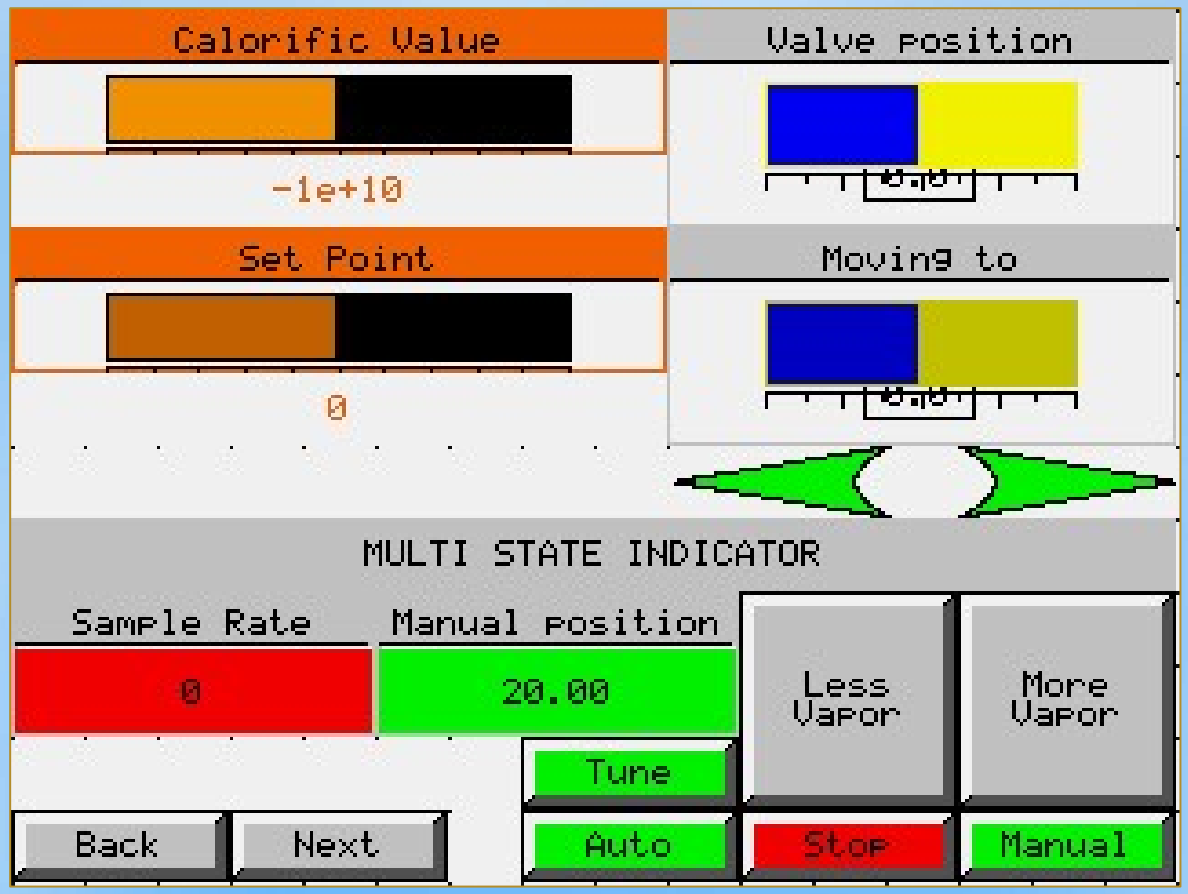
Blendaire daljinska kontrola - Touch Panel



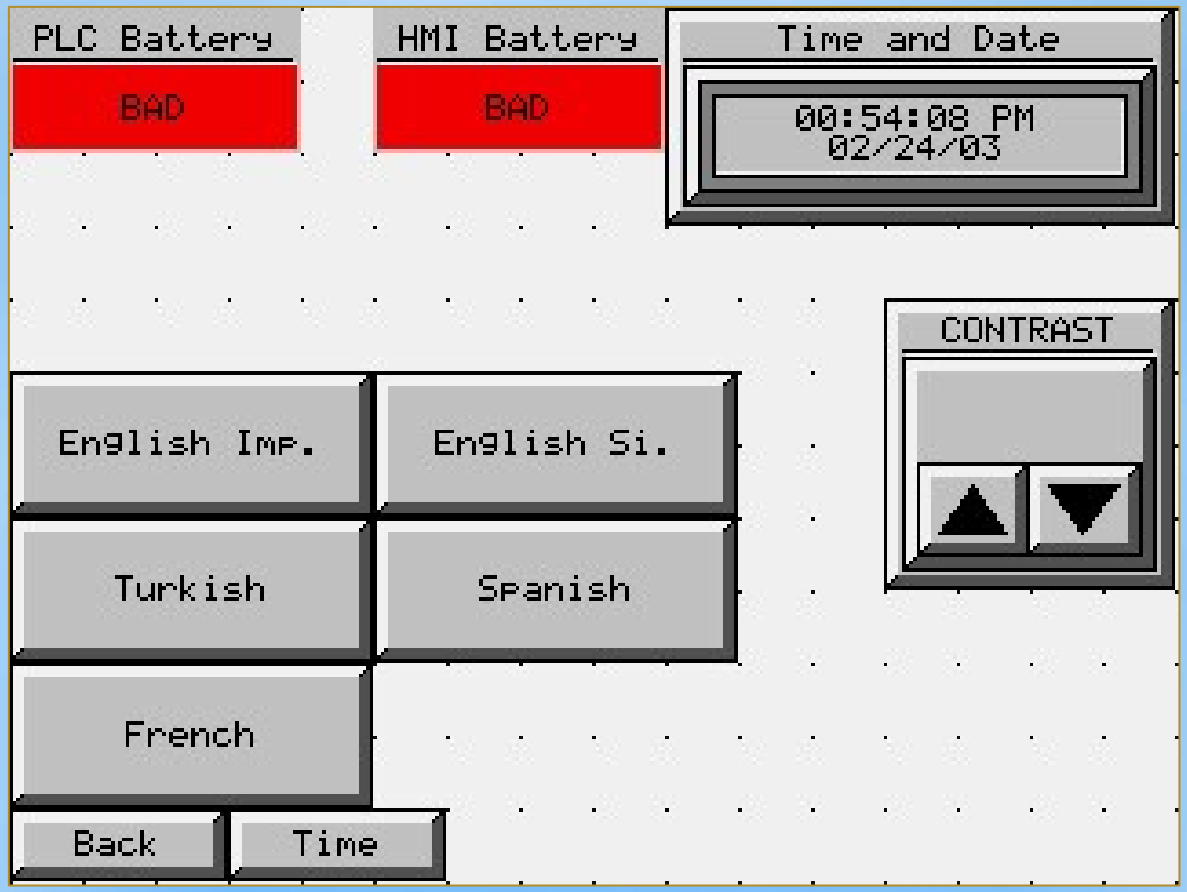
Blendaire Daljinska kontrola - Touch Panel



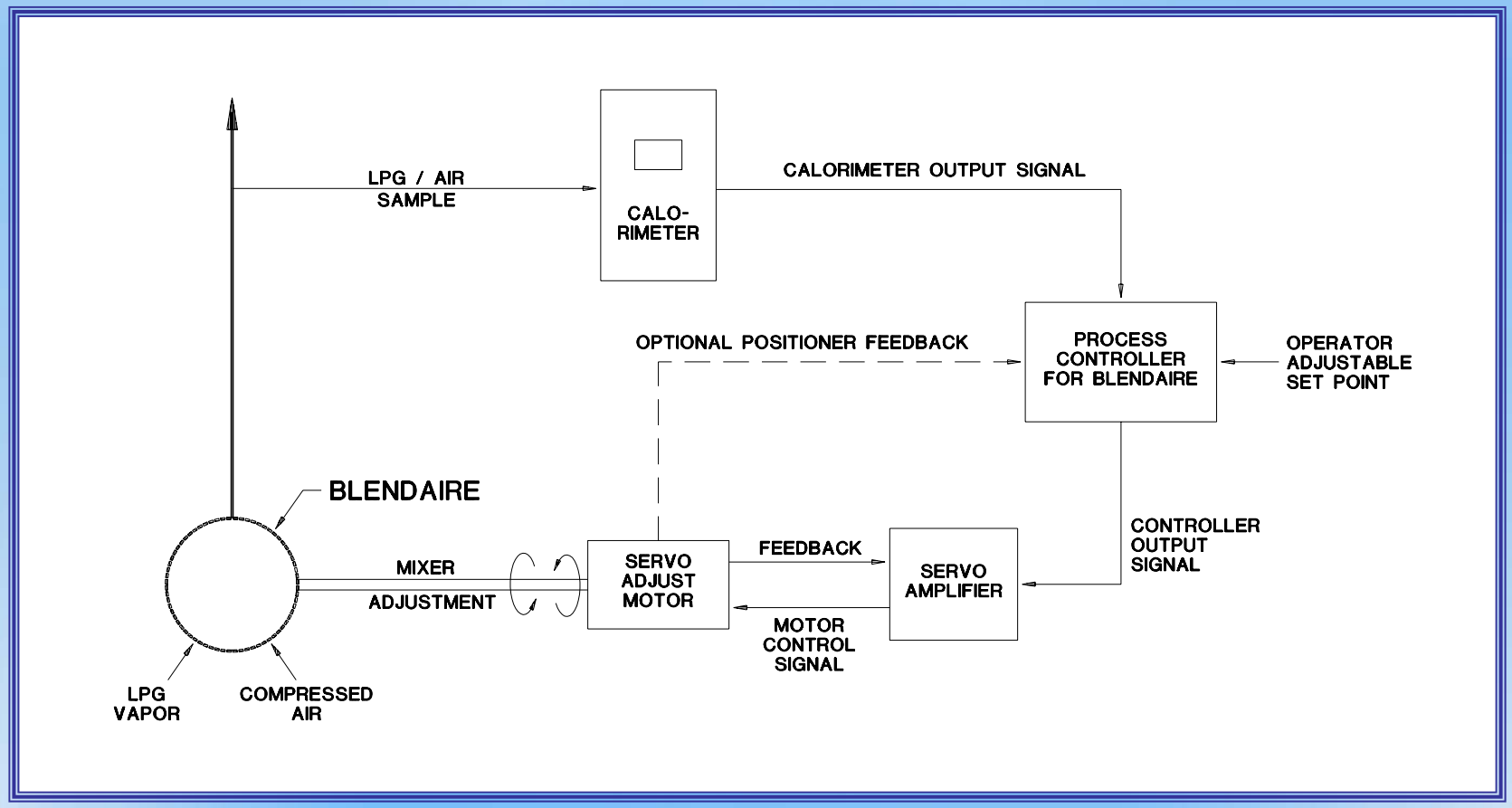
Blendaire Touch Panel



Blendaire daljinska kontrola - Touch Panel



Blendaire Automatski-pokazivač kontrolni sistem



Blendaire® /FVO® Automatsko namještanje

- Tolerancija +/- 1.5%
- Kontrola Wobbe Indexa ili kalorijske vrijednosti
- **Motor**
  - Eksplozivno otporan
  - Promjenjiva brzina – bolja tolerancija
  - Posjeduje grijač – protiv prohrđavanja i korozije

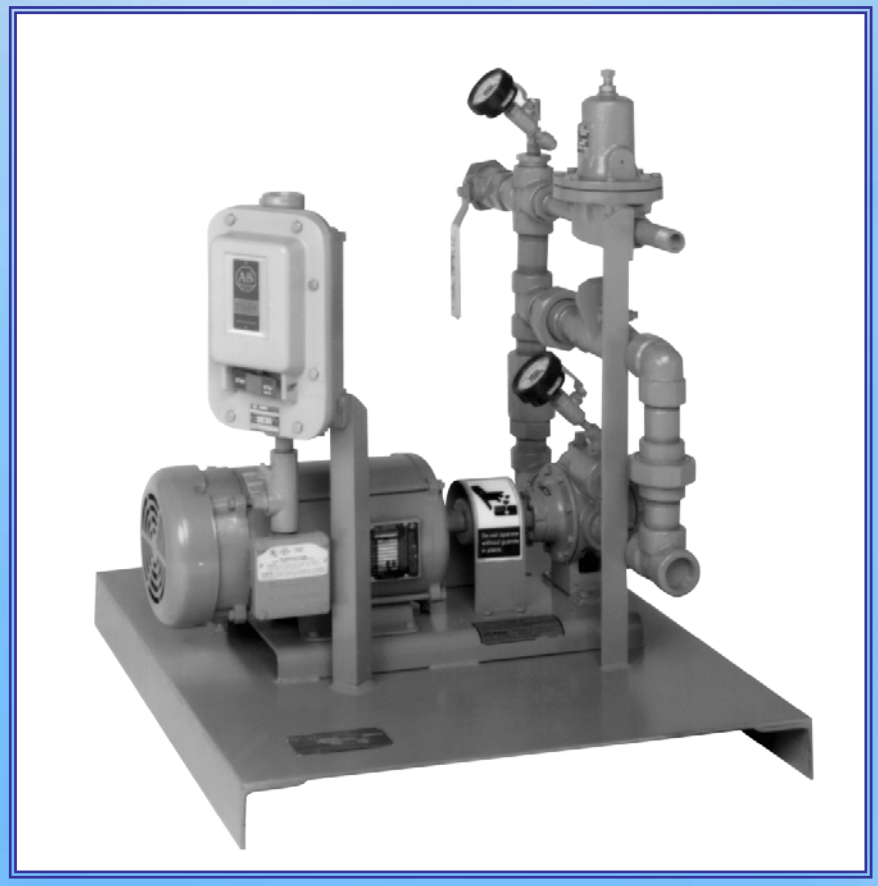
Sladović
od 1965.

GA500 kalorimetar

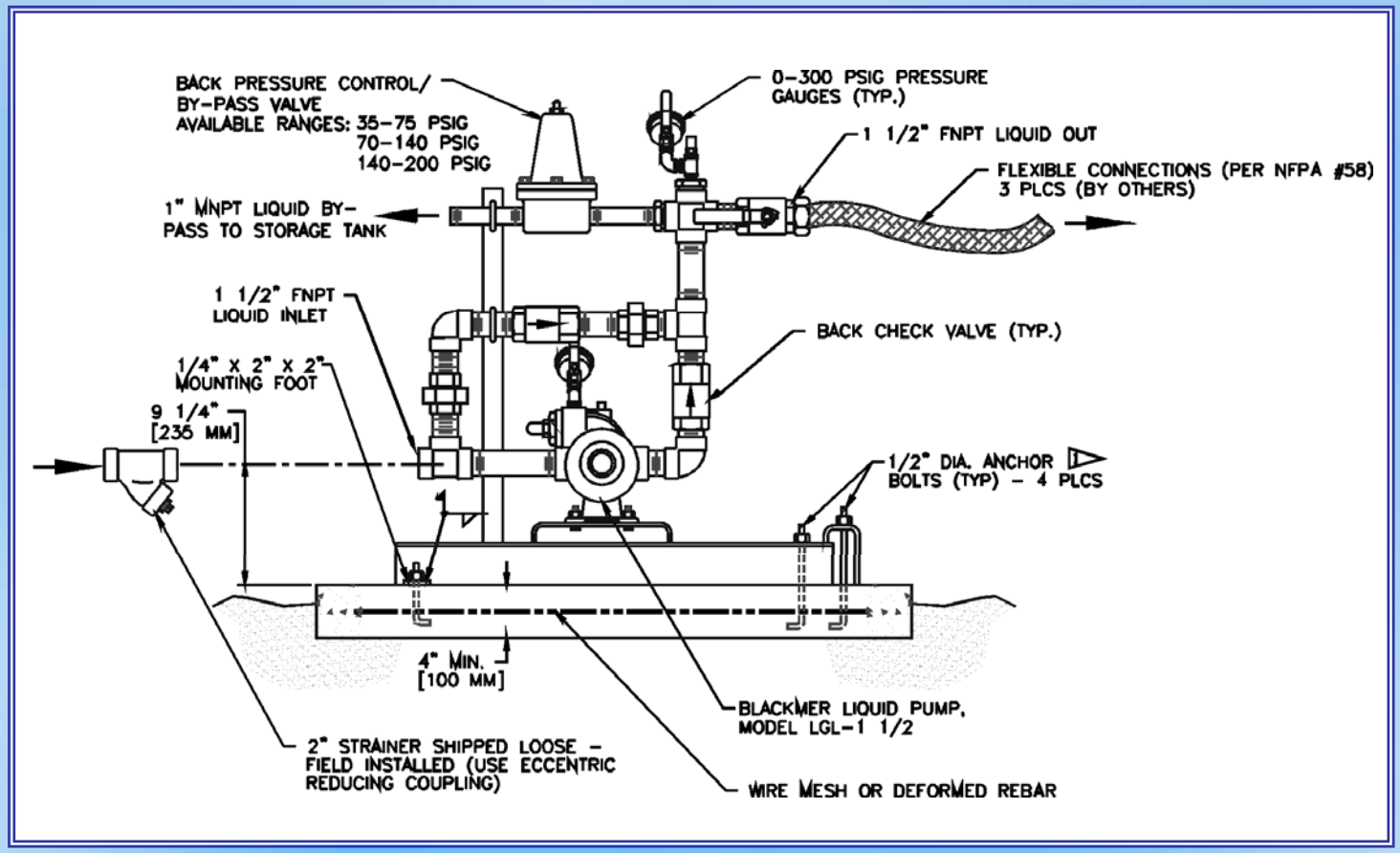


Sladović
od 1965.

Stabilaire UNP pumpa



Stabilaire® UNP pumpa



Sladović
od 1965.

Filtar



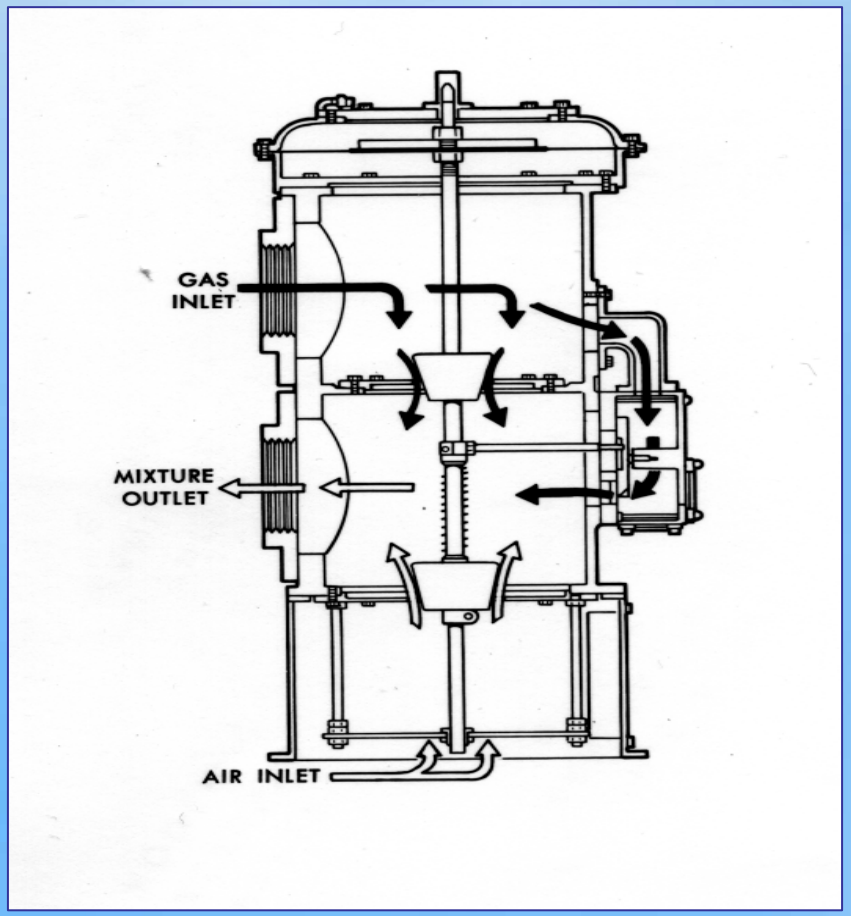
Sladović
od 1965.

Consta Mix



Sladović
od 1965.

Consta Mix



UNP/zrak sistem



- Amerika – ljevaonica čeličnih cijevi
- 219 941 kw/h
- 0,55 bar tlaka
- Plinski vodeni Isparivači, Venturi Mixer i pumpe
- Ekonomično

UNP/zrak - podrška



- Škola
- 51466 kw/h
- 0,34 bar
- 1000 gallon spremnik, pumpa, električni isparivač, venturi mixer, spremnik za punjenje
- Svrha: neočekivana situacija

Liuzhou City - distribucija grada u Kini





Hvala na pažnji!

Sladović d.o.o.

Kastavska 8

10110 Zagreb

Tel. ***++385 01 3631 040***

++385 01 3631 050

Fax. ***++385 01 3680 437***

e-mail: info@sladovic.hr

www.sladovic.hr

FAILURE ANALYSIS OF CRACKED 3RD STAGE CYLINDER OF GIANT COMPRESSOR OF AMMONIA FACTORY

T. Köves, Sz. Szávai, Gy. B. Lenkey

Bay Zoltán Foundation for Applied Research, Institute for Logistics and Production Systems, Miskolc, Hungary

Abstract

A failure analysis of a cracked cylinder of giant compressor has been done using complex numerical and experimental methods. The further operating parameters and the probable lifetime (because of the crack propagation) on reduced pressure were given based on the results of the investigations.

1 Introduction

Crack was found between one of the inlet valve seats and cooling pipe row (Fig. 1-2.) of a giant gas compressor. The crack face was situated almost in the symmetry plane.

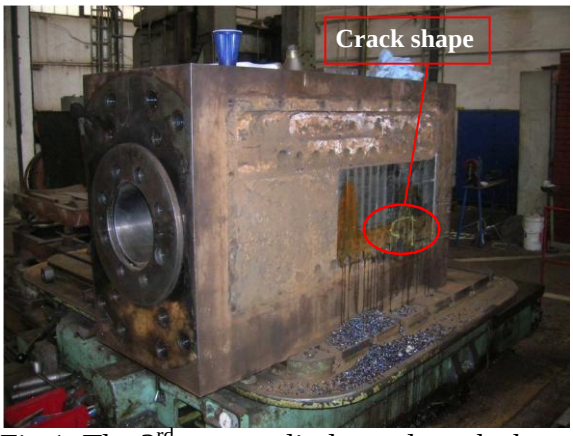


Fig.1. The 3rd stage cylinder and crack shape measured by ultra-sound



Fig.2. Crack shape on cylinder surface measured by ultra-sound

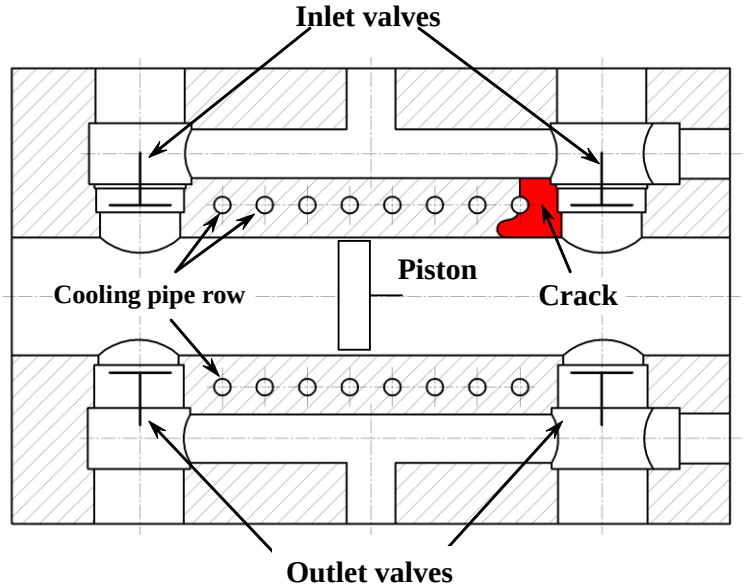


Fig.3. Cross-section of cylinder with crack (red coloured surface)

The crack was dangerous, because it reached the cooling pipe and in this case H_2 may get into the cooling system, where it can be exploded. The customer has not got another cylinder to replace it, and the manufacturing of new cylinder takes about one month. Stopping the production process would be very expensive. These were the reasons, why the customer liked to know, how can be operated the cracked cylinder safely until it will be replaced by a new one. The Hydrogen leakage had been stopped by closing the two nearest cooling pipe by fastened through-wall bolts.
The objective of the work was to find answers for the following questions:

- Is there any plastic collapse danger due to the reduction of the ligament
- Can the bolts reinforce the house enough to close the crack
- Can maximum operational pressure cause brittle fracture in static case?
- If yes, then what is the maximum pressure without brittle fracture?
- Can the crack propagate at maximum pressure difference due to the alternating pressure?
- If yes, then what is the maximum pressure difference of operation for low crack propagation?
- What is the time interval of control of crack propagation?

The following calculations were performed to answer the questions:

- FEM calculation on test pressure (284bar, static), with and without reinforcing.
- FEM calculation on operational pressure (200/80bar, alternating), with and without reinforcing.
- K_I estimation analytically based on FEM results for test pressure and operational pressure
- Estimation of K_I changing during operation.
- Estimation of crack propagation rate.

2 Material properties

Material of the cylinder house is 1.7225 equivalent 42CrMo4 steel and its properties have been determined by references [1] [2] [3] and EQUIST database.

Table 1.

$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	K_{Ic} [MPa*m^{0,5}]	ΔK_{th} [MPa*m^{0,5}]	C	n
500	750-900	60- 100	5-10	$1{,}11*10^{-11}$	2,36

3 Structure geometry

The geometry data were given by the customer. The FEM model of cylinder is shown in the Fig. 4-5. The mesh has been created by 10-node parabolic 3D tetrahedral elements. Number of elements was 160650 with 247013 nodes. Linear elastic material model have been applied.

The customer recommended to repairs the cracked part by screw reinforcing. The over cracked and the adjacent cooling pipe (on Fig. 5.) has been enclosed, rebored, threaded, and reinforced the structure by M33 bolts to detain the crack propagation.

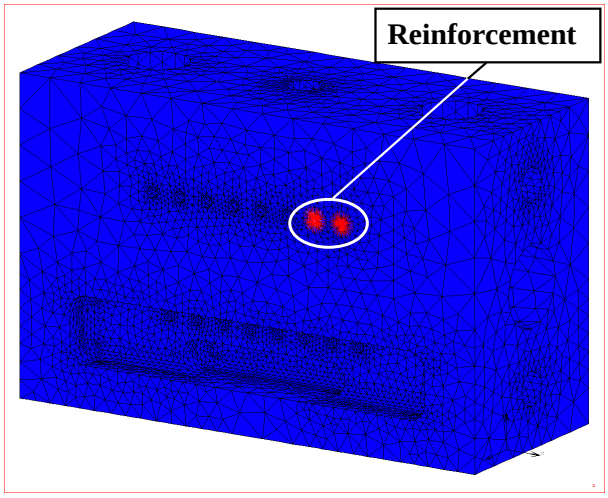


Fig.4. FEM mesh and the reinforcement

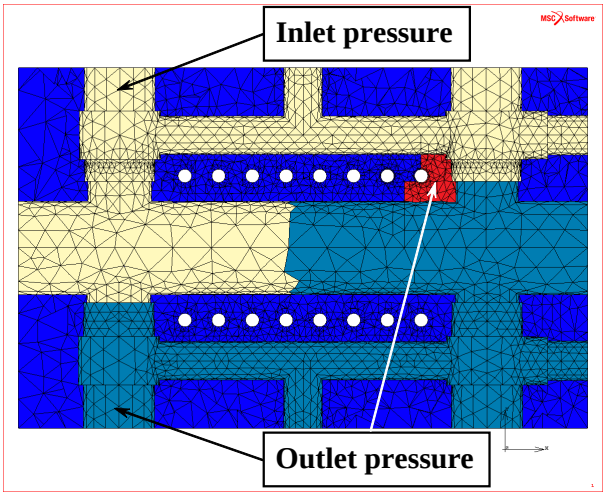


Fig.5. Cross-section of cylinder with crack (red coloured surface), for stress calculation

The reinforcement bolts was modeled by springs and links (Fig. 4.). Fig. 5. shows the crack face (red) what is loaded by outlet pressure, and the surfaces also loaded by outlet pressure in light blue color. The light yellow surfaces on Fig. 5. were loaded by inlet pressure. The crack face was situated 20mm from the plane of symmetry. The constrains were on the bottom plane of the body.

The normal operational pressures: - inlet pressure: 80bar
- outlet pressure: 200bar

4 FEM results

At first the calculation has been carried out without taking consideration the effect of the bolts. The results in Fig. 6-9. were calculated with normal operational pressures. The stresses at normal operational pressure, lower than the yielding stress, therefore plastic deformation cannot cause the damage of structure. Only a small plastic zone can be found around the crack front.

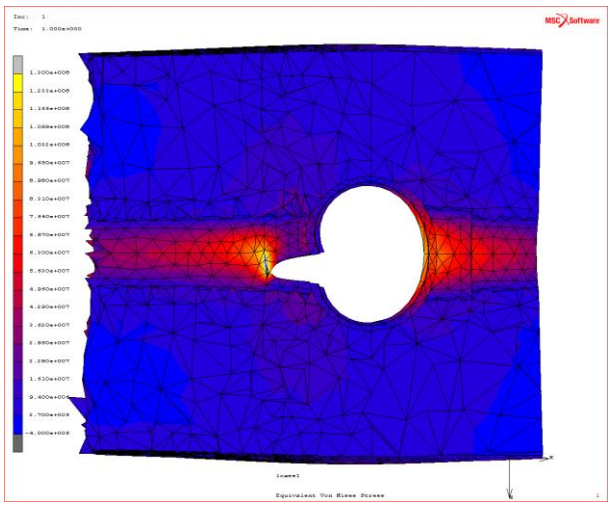


Fig.6. Equivalent von Mises stress result around the crack without reinforcement (strains in 600x magnification)

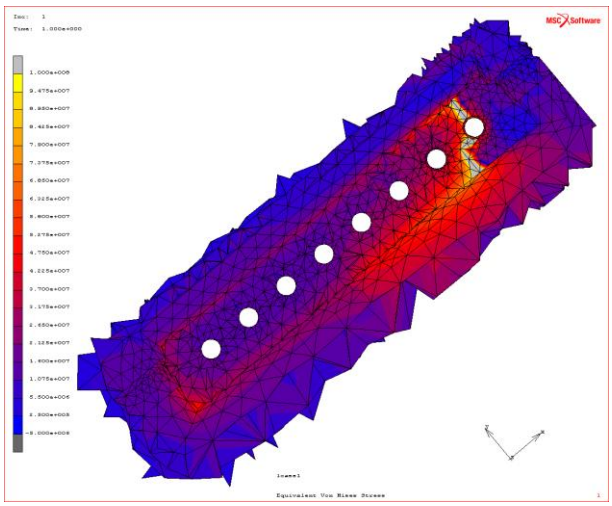


Fig.7. Equivalent von Mises stress result around the cooling pipe row with crack without reinforcement

The reinforcements have been taken into consideration for the next calculation. Comparing the stresses in Fig. 6. and in Fig. 8. it can be shown that the stresses decreased about 6-8% near to the crack due to the reinforcement but it is not enough to close the crack so further crack propagation can take place.

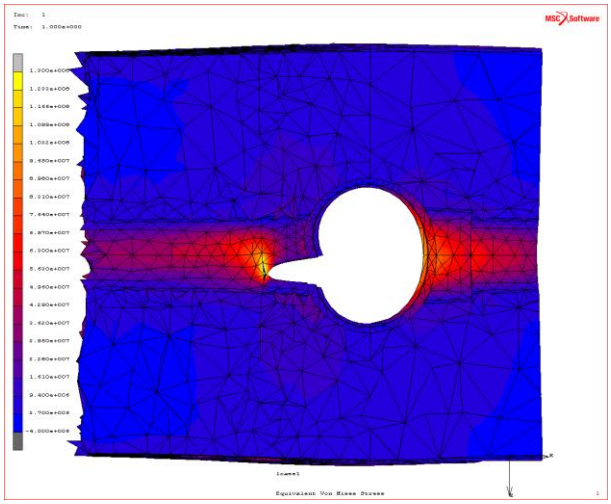


Fig.8. Equivalent von Mises stress result around the crack with reinforcement (strains in 600x magnification)

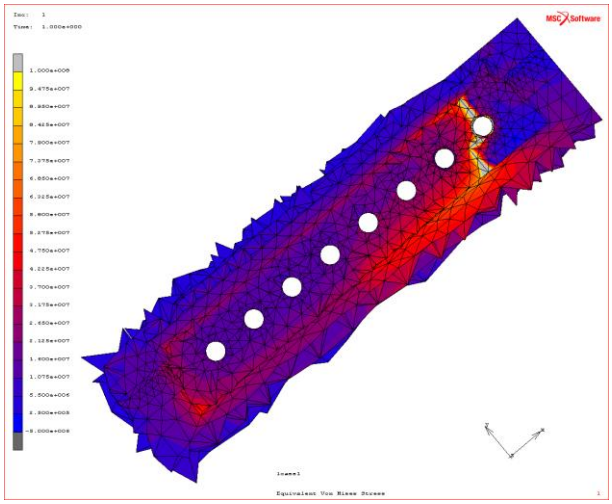


Fig.9. Equivalent von Mises stress result around the cooling pipe row with crack and reinforcement

Eigen-frequency calculation was performed on cracked cylinder body to point out the additional load by vibration from power equipment. The revolution number of power equipment was 333 1/min. Table 2. shows the first ten Eigen-frequency of cylinder body.

Table 2.

Number of Eigen-frequency	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Value of Eigen-frequency [Hz]	175.3	625.6	758.1	773.6	810.8	1223	1368	1657	1783	1874

Frequency from power equipment (5.55Hz) was much lower than the Eigen-frequencies, therefore resonance during the operation does not develop so dynamic effects would not have been taken into consideration.

5 Fracture mechanical analyses

Fracture mechanical analyses were performed for brittle fracture and crack propagation calculation. Simplified plane-strain model as shown in Fig. 10. has been applied for the analytical fracture mechanical analysis. The model has been verified by FEM calculation.

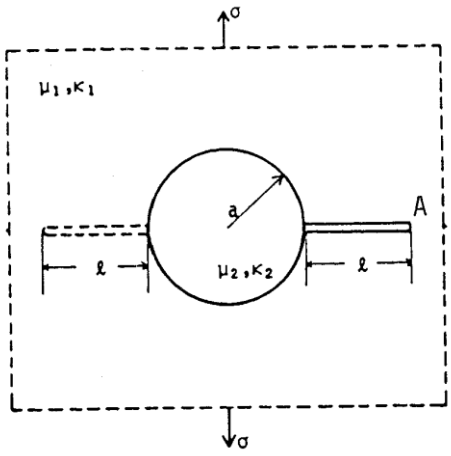


Fig.10. Simplified model of the crack

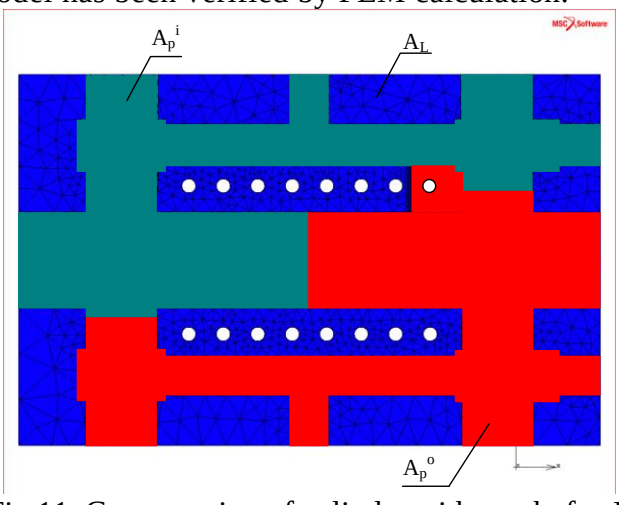


Fig.11. Cross-section of cylinder with crack, for J-integral calculation

The analytical stress intensity factor solution for simplified model based on the Stress Intensity Factors Handbook [4]:

$$K_{IA} = F_{IA} \cdot (\sigma + p) \cdot \sqrt{\pi \cdot l} \tag{1}$$

where: K_{IA} – Stress intensity factor, F_{IA} – from Table 3. (linear interpolation is applied), σ – nominal stress, p – pressure, l – crack length.

Table 3.

l/a	1	1.5	2
F_{IA}	1.306	1.127	1.031

The nominal stress has been calculated based on the ratio of the inlet and outlet pressure loaded area to the ligament section (Fig. 11.) as follows:

$$\sigma = p_i \cdot \frac{A_p^i}{A_L} + p_o \cdot \frac{A_p^o}{A_L} \tag{2}$$

The stress intensity factor was calculated analytically for the minimal operational pressures, where inlet pressure: 60bar, outlet pressure: 120bar. In this case the stress intensity factor was 17MPa*$m^{0,5}$. The FEM calculated stress intensity factor was 14,1MPa*$m^{0,5}$ based on the model in the Fig. 11. The good agreement between analytically and FEM calculated stress intensity factors means the analytical model is applicable for this case.

In the first analysis the pressure was a test pressure of normal operational pressure. The inlet and outlet pressure were same p_{test}=284bar. The fracture toughness of material is K_{IC}=60-100 MPa*$m^{0,5}$. Using equation (1) at test pressure, the K_I=47,5MPa*$m^{0,5}$ < K_{IC} for material, therefore brittle fracture of structure is not probable.

The second analysis was the estimation of crack propagation. The crack propagation speed was calculated by Paris-Erdogan equation (3).

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K)^n \tag{3}$$

where: C, n – parameters of crack extension curve, ΔK – change of stress intensity factor due to load cycle, dl/dN – crack length extension unit in load cycles.

If change of K_I is smaller than the ΔK_{th} value the crack should not propagate, but this value was uncertain so the most conservative 5MPa*$m^{0,5}$ have been taken into consideration.

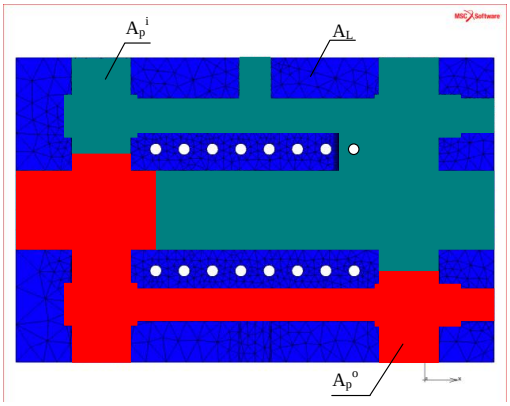


Fig.10. Minimum load for the cross section

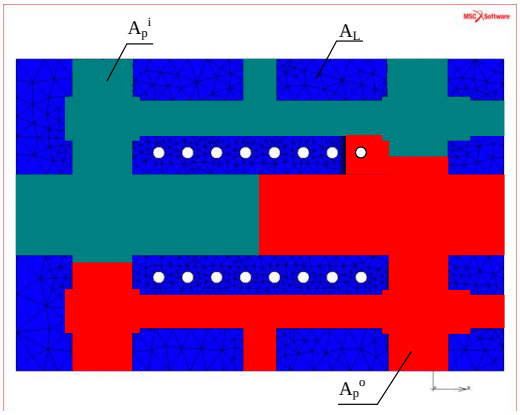


Fig.11. Maximum load for the cross section

Table 4. Result of crack propagation at normal operational pressures (200/80bar).

Time [Day]	l [m]	Δl [m]	K_{min} [MPa·m^{0,5}]	K_{max} [MPa·m^{0,5}]	ΔK [MPa·m^{0,5}]
0	0,098		18,207	27,366	9,160
1	0,101	0,003	18,259	27,444	9,186
2	0,104	0,007	18,297	27,501	9,205
13	0,145	0,047	19,352	29,088	9,736

Table 5. Result of crack propagation at minimal operational pressures (120/60bar).

Time [Day]	l [m]	Δl [m]	K_{min} [MPa·m^{0,5}]	K_{max} [MPa·m^{0,5}]	ΔK [MPa·m^{0,5}]
0	0,098	-	12,452	17,032	4,580
1	0,098	0,001	12,460	17,042	4,583
2	0,099	0,001	12,467	17,052	4,585
45	0,129	0,031	12,993	17,772	4,779

Using the structure at normal operational pressures (200/80bar), the crack propagation would have been probable and the crack could have reached the next cooling pipe in 11 days. On minimal operational pressures (120/60bar) the crack would not have been able to propagate probably, since $\Delta K < \Delta K_{th}$, but if it had even propagated, the propagation length would have been only Δl=31mm in 45 days, so the required lifetime should have been performed.

However the operation on minimal operational pressures (120/60bar) is not economical. So after 15 days operation, investigation has been carried out to check the crack size and position. The measurements validated the calculations and the applied data since no crack extension have been found. So a minimum economical operation condition (150/80bar) has been analyzed.

Table 6. Result of crack propagation at minimal economical pressures (150/80bar)

Time [Day]	l [m]	Δl [m]	K_{min} [MPa·m^{0,5}]	K_{max} [MPa·m^{0,5}]	ΔK [MPa·m^{0,5}]
0	0,098	-	16,201	21,545	5,343
1	0,098	0,001	16,216	21,563	5,348
2	0,099	0,002	16,229	21,581	5,352
45	0,143	0,046	17,200	22,872	5,672

ΔK value is small, higher than the minimum ΔK_{th} (5MPa*m^{0,5}) value so the crack might be able to propagate, but the propagation length would be Δl=46mm. In this case the crack might propagate over the next cooling pipe. The estimated lifetime on increased operational pressure was 28 days. The structure has been able to use on increased operational pressure (150/80bar). The applied ΔK_{th} value was uncertain and quite conservative the longer operation should be based on further ultra-sonic tests certify that the crack is stable. The stable crack can show that the real ΔK_{th} value is higher than the applied one.

Conclusions

The lifetime analysis have been carried out for a cracked cylinder of giant compressor by complex numerical and experimental methods to ensure the suitable minimal continuous production for the period while the replacement can be solved.

Based on FEM calculations, the opening of crack at test pressure (284bar) is about 0,13mm, and it decreased by 6-8% due to reinforcement, therefore large quantity and high pressed ammonium gas exhaust is not probable in correction time interval. Plastic collapse the ligament cannot occur but for brittle fracture and crack propagation fracture mechanical calculation should have been carried out.

For calculation of stress intensity factor, analytical approach has been used. The crack surfaces loaded by outlet pressure have been supposed in calculations. The applied method has been verified by numerical calculation.

Brittle fracture of structure is not probable, since K_{Ic} value of material is higher than the K_I value calculated from the applied test loads.

The fatigue crack propagation will be probably the main damage mechanism of cylinder due to the K_I value variation due to the load cycle.

The crack can propagate at the normal operational pressure (200/80bar) since the ΔK is higher than the ΔK_{th} threshold value. The cylinder can operate only 11 days on normal operational pressure (200/80bar)

The cylinder can operate until the required lifetime at lower operational pressure, and additional periodic ultra-sonic inspection of crack propagation can be a base of the economical operation.

On economical operational pressure, the cylinder can operate probably 28 days, but this operational pressure recommended only after inspections proving that the crack is stable on minimal operational pressure. Furthermore even longer operation can be based on further ultra-sonic tests.

References:

[1] Blumenauer-Pusch: MŰSZAKI TÖRÉSMECHANIKA, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1987

[2] ASM Handbook; Vol 19. Fatigue and Fracture, ASM International, 1996

[3] Howard E. Boyed (ed.), Atlas of Fatigue Curves, ASM Internationa, 1999

[4] Y. Murakami: Stress Intensity Factors Handbook, Vol 1, Pergamon Press, Oxford, 1987

6. SKUP O PRIRODNOM PLINU
Osijek, 15-17.listopada 2008.

mr.sc.Mario Bajto,dipl.oec.

PRIMJENA KRUŽOKA KVALITETE U SITUACIJAMA ODLUČIVANJA U PLINARSTVU

Japanski koncept "kaizen" koji znači stalno poboljšanje u poslovanju organizacije temelji se na kreativnom intelektualnom potencijalu te odlučujuču ulogu u ovom konceptu imaju mentalitet i ambijent.

Prve "kružoke kvalitete" primjećujemo u Japanu 1962. a 2007. u Japanu ima registriranih "kružoka kvalitete" oko 500 000.

Sve vodeće kompanije u Japanu koriste "kružoke kvalitete", Nissan, Toyota, Honda, Sony, Samsung, Canon .....

Dr. Ishikawa otac "kružoka kvalitete" je izjavio da ih je nemoguće primjeniti izvan Japana no razvojem ljudskog društva "kružoci kvalitete" počinju osvajati Kinu, Tajvan, Koreju a poslije i SAD, Južnu Ameriku i Europu.

Organizacije koje su prihvatile "kružoke kvalitete" nakon izvjesnog vremena osjetile su napredak u svojom poslovanju koji nije uvijek financijskog karaktera već bolje radne atmosfere, veće motivacije, poštivanja starijih i iskusnijih djelatnika i obrnuto mlađih i kreativnijih ..... odnosno stvaranja takve radne okoline u kojoj se teži prema totalnoj kontroli kvalitete (TQM).

Jedan japanski primjer "kružoka kvalitete" u kompaniji Canon kaže da je njihovom primjenom registrirano oko 390 000 prijedloga da je ulaganje u

“kružoke kvalitete” iznosio oko 1.000.000 $ a da su efekti uštede odnosno zarade bili oko 84.000.000 $.

Izvan Japana i danas postoje pojedinci i skupine koji su protiv primjene “kružoka kvalitete” i pokušavaju ovaj dokazani alat prikazati kao promašaj.

Japanski mentalitet svoje novo uposlene djelatnike educiraju za rješavanje problema tako da njihovo upoznavanje s alatima “kružoka kvalitete” nije potrebno dok u drugim zemljama ta edukacija je itekako bitna i značajna.

Bitan segment kod “kružoka kvalitete” je taj da neposredno vraćanje uloženih investicija nikad nije bio važan čimbenik u radu. Japansko čudo kaže da se svaki treći dan održava najmanje jedna konferencija o “kružocima kvalitete” kao alatu primjene u Japanu.

Istraživanja u SAD-u su pokazala da se za rad u “kružocima kvalitete” na području Amerike javi jedva 10% uposlenika dok u Japanu je to preko 90% djelatnika.

Za uspjehe „kružoka kvalitete” moraju se odrediti adekvatni i kriteriji odnosno oni moraju pokazati koliko je sveukupan rad efikasan.

Osnovne karakteristike japanskog mentaliteta, koje su došle do izražaja primjenom „kružoka kvalitete” su:

- poštivanje starijeg,
- poštivanje mlađeg,
- kooperativnost kao presudan faktor timskog rada
- strpljivost,
- kultura dijaloga,
- odanost organizaciji i
- orjentacija na dugoročna rješenja.

Da bi ”kružoci kvalitete” bili uspješni treba voditi brigu:

- o postavljanju realnih očekivanja
- potrebna je stalna edukacija članova “kružoka kvalitete”
- orjentacija rada mora biti na „duge staze”
- rukovoditelji sektora moraju aktivnu ulogu u „kružocima kvalitete” da bi oni bili uspješni

- da „kružoci kvalitete” budu dio šireg programa poboljšanja koji se sustavno provodi u organizaciji.

Postizanje kvalitete proizvoda, usluga i djelatnika je glavni cilj „kružoka kvalitete” te se iz ovog razmišljanja može zaključiti da su „kružoci kvalitete” primjenjivi u svim sferama posla bolnice, komunala, plinovodna djelatnost, strujne djelatnosti .....

„Kružoci kvalitete” se sastoje od:

- pripreme sastanka
- vođenja sastanka
- zaključka
- akcije

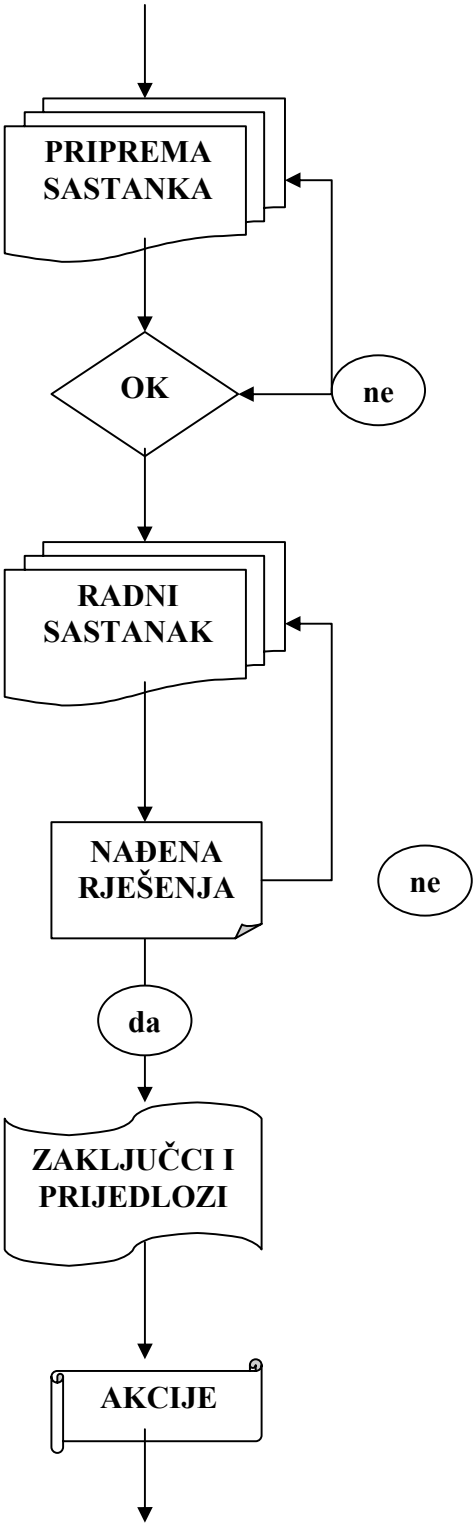
Priprema sastanka se sastoji od: ciljeva tima, članova tima, datuma i vremena za sastanke, dnevnog reda ...

Vođenje sastanka u pravilu je prepušteno liderima tima koji sastanak vode u pozitivnom smijeru a zapisnici se arhiviraju te su dostupni svim članovima tima.

Zaključci su rješenja do kojih je tim došao u svome radu na temelju činjenica te se prezentiraju rukovodstvu s ciljem što brže implementacije.

Akcije su rezultat zaključaka koje u pravilu rješavaju drugi te izvještavaju svoje rukovodstvo o njihovoj primjeni i realizaciji.

Bitna stvar koju moramo napomenuti je ta da „kružoci kvalitete” moraju biti kompatibilni s filozofijom organizacije ukoliko se žele pozitivni efekti a ovlasti lidera i članova tima jasno definirani.


PRIPREMA SASTANKA
OK
ne
RADNI SASTANAK
NAĐENA RJEŠENJA
ne
da
ZAKLJUČCI I PRIJEDLOZI
AKCIJE

Osnovna metodologija rada „kružoka kvalitete”:

- dragovoljni rad članova tima
- selekcija problema
- perido rada: 1-3 mjeseca
- rad van radnog vremena
- trajanje sastanaka 30-60 minuta
- lideri su u pravilu radnici veterani
- broj članova tima 7-8
- odluke se u pravilu donose konsenzusom
- o radu se vodi zapisnik
- rad kružoka je javan
- podnosi se izvješće rukovoditeljima....

Pozitivni rezultati primjene “kružoka kvalitete”:

- unapređenje svijesti o kvaliteti kod svih zaposlenika
- potreba za poboljšanjem proizvoda, usluga i procesa
- povećanje proizvodnosti i uspješnosti poslovanja,
- unapređenje timskog rada i liderstva
- povećanje nivo sposobnosti zaposlenika,
- povećanje motivacije
- poboljšana interna komunikacija radnika i poslovodstva.

Najupečatljivije karakteristike „kružoka kvalitete” su slijedeće:

1. obuhvaća zaposlenike svih profila i razina
2. odnose se na tehnološke cjeline
3. dozvoljeno dobrovoljno pristupanje i napuštanje
4. rad je doborovoljan i nije posebno nagrađivan
5. primjenjiva je u svim sferama od plinifikacije, preko zdravstva, do bankarstva i poljoprivrede.
6. omogućuje prilagodbu konkretnoj situaciji.

Practical large-scale application of risk-based approaches in Hungarian industry: refineries, chemical plants, power plants and possible extension to neighbouring countries

Dr. Gyöngyvér B. Lenkey[1], Dr. László Tóth, R. Fótos

[1] Bay Zoltán Foundation for Applied Research, Institute for Logistics and Production Systems

Introduction

The key-words of a rationally organised industry are: ***safety, reliability and risk***. The ***safety*** means the actual level of safety of a given system, the ***reliability*** covers all the means that can be used for assessing the level of safety at any time. These means include the testing methods and equipment used for determining the failure rate of the structural material, as well as the software codes and hardware that can be applied for simulating the existing fields (strain-, stress-, temperature-, magnetic fields, etc.) in the structure, and also the means and methods for detecting the defects (geometrical, operational, material) in the systems. The ***risk* (k)** of the operation is about the money, an economical feature, since it expresses the probability of failure (p) of a system and its consequence (c) in terms of money: k=pxc. So for assessing the safety of a system at a given moment means and resources are used, which has its costs, and this is set against the risk of the operation. Thus finally "money" is set against "money", investment - against risk. The desired condition is in their balance, so the financial resources necessary for assuring the expected reliability should be in correlation with the level of operational risk, as it is shown in Fig. 1.

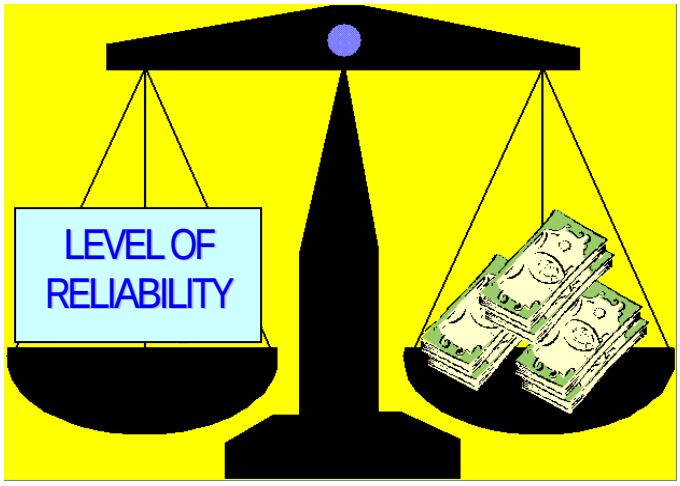


Fig. 1.
Balance between the resources necessary for the determination of the level of safety/reliability and the operational risk

The ***risk based inspection and maintenance*** methodology is capable to answer the challenges described above. The principles of risk based inspection and maintenance has been known and used for several years, but its implementation is going on recently even in the Western-European countries. Its practical application started in the USA and the first standard was published in 2000 by API (American Petroleum Industry) for petrochemical industry. In Europe there is a recent European project (RIMAP) which aims to develop a unified methodology of risk based inspection and maintenance that can be used in different industrial sectors (like power generation, chemical industry, steel production, etc.).

The BAY-LOGi institute is just currently implementing this methodology at MOL Refinary in Hungary as main contractor. Within this project a ***complex system*** has been developed using appropriate IT means (software, hardware), implementing the RCM (Reliability

Centred Maintenance) and the RBI (Risk Based Inspection) methodology. With this system the following objectives can be achieved in short and in long term:

- To reduce the number and period of the non planned shut downs,
- To increase the ratio of the planned maintenance work,
- To extend the shut down periods,
- To provide fast and accurate access to system data for development, inspection and maintenance tasks,
- To optimise (minimise) the maintenance costs taking into account the expected level of system reliability.

Basic structure of the condition monitoring system

In order to obtain the above mentioned objectives, a COMPLEX SYTEM should be developed. As an example, the structure of the system currently installed at MOL Refinery is shown n Fig.2. However this system could be adopted for other industries as well (e.g. for chemical plants, power plants, etc.) implementing the relevant risk based inspection methodology (e.g. developed in the framework of the RIMAP project).

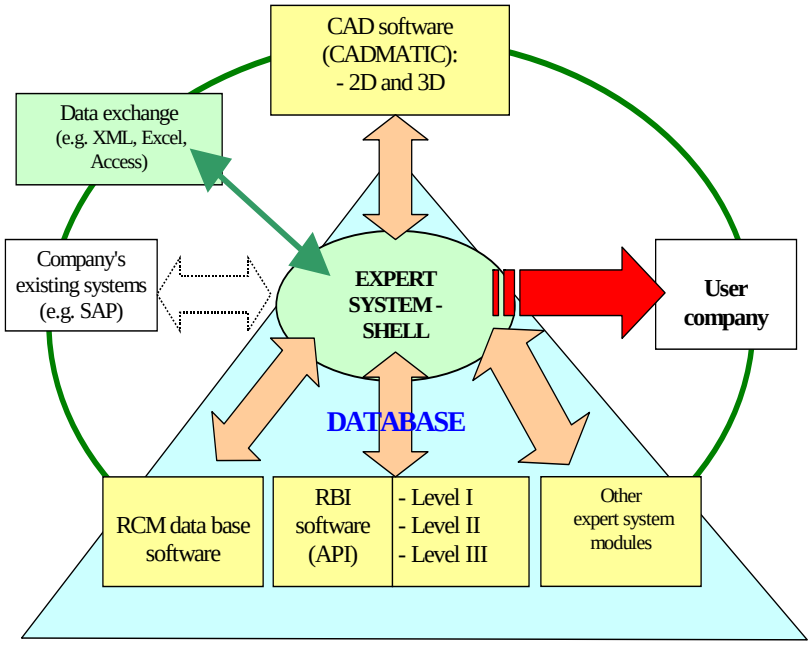


Fig. 2.
The structure of the complex condition monitoring system (installed at MOL Refinery)

The base of the whole system is a common database which is uploaded with all the relevant data of the equipment (drawings, inspection history, inspection data, process data, fluid data, etc.) that have to be collected from different sources.The CADMATIC software is for the graphical visualisation (in 2D or 3D) of the system and for storing the geometrical data correlated to the intelligent objects.The integration tool for the RCM and RBI software modules, as well as for the other additional expert system modules s the Expert System Shell. The system is connected to other existing systems like SAP through specific interfaces.

The whole software system is web based, thus can be used through the internet. The whole system -including the data base - has been designed in a way that could be easily adopted (modified or extended) to the need of another customer, or the specific need of the industrial sector.

The basic functions of the expert system

The system combines two methodologies:

- Inspection planning on the basis of RBI (Risk Based Inspection) strategy. The RBI methodology is based on API (American Petroleum Institute) 581 standard.
- Maintenance program planning based on RCM (Reliability Centred Maintenance) strategy.

Fig. 3. shows how the two methodologies are linked in the system, and what additional software modules support the work of the experts.

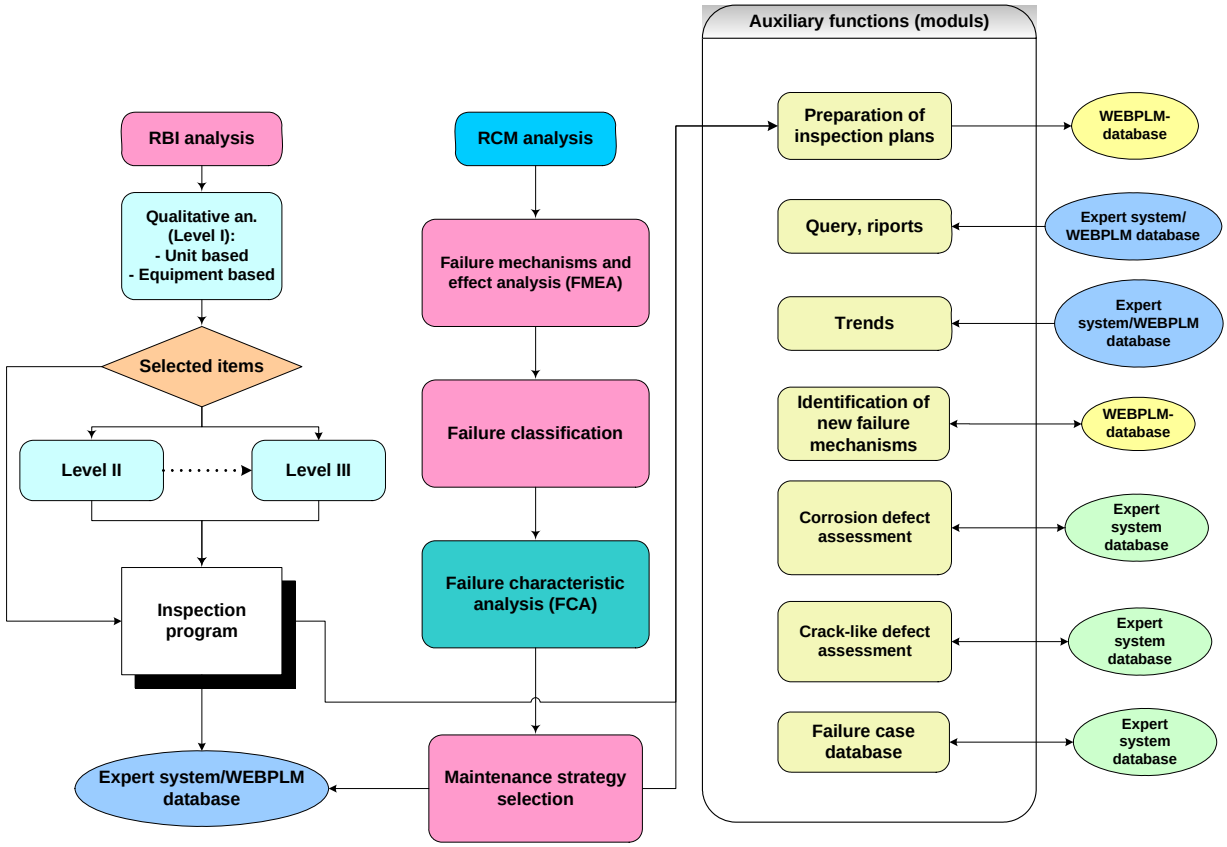


Fig. 3.
Structure of the expert system

Basic principles of Risk Based Inspection

The objective of RBI is to improve the effectiveness of the inspection and maintenance processes on the basis of the analysis of all the data available about the equipment of a unit. The application of the RBI methodology provides a good basis for implementing a rational and cost-effective decision making mechanism that assure a required level of safety at the same time, since:

- It is possible to identify the most and least risky systems or system elements,
- It makes possible to develop a strategy for decreasing the risk,
- It can be determined what, where, when and how to inspect,
- The basic requirements for the inspection methods could be defined.

The basic principle of the RBI methodology is that it takes into account the probability (PoF) and the consequence of failure (CoF) of each piece of equipment, and the risk is defined as the product of these two (risk=PoFxCoF). The CoF includes the consequence of a possible failure on health, environment, safety and production, and could be expressed in money as well. Thus using the RBI methodology an optimal inspections and maintenance strategy can be developed which besides decreasing the risk below an acceptable level, also optimises the costs of the inspection and maintenance tasks.

For the analysis the operational conditions of the equipment and the characteristics of the possible failure mechanisms should be considered. This analysis has industrial specific features, i.e. could be different for petrochemical, chemical, pharmaceutical and power industry. One of the most well established methodology is described in the API581 (Risk-Based Inspection. Base Resource Document) for the petrochemical industry. The analysis can be performed at different levels, considering different details and amount of data.

The risk analysis in the system is done in 2 steps:

1. A qualitative screening phase: including a large amount of equipments with the aim of identifying the most critical ones. This qualitative screening is based on a RBI level 1.
2. A quantitative phase limited to previously selected items.

Qualitative RBI procedures have three functions:

1. Screening the units within the site to select the level of analysis needed and to ascertain the benefit of further analyses (quantitative RBI or some other techniques),
2. Rating the degree of risk within the units and assigning them to a position within a risk matrix,
3. Identifying areas of potential concern at the plant, which may merit enhanced inspection programs.

Quantitative RBI is an equipment-level risk assessment approach that permit to calculate the risk associated with each piece of operating equipment in a process unit. This method integrate the inspection process in the probability of failure definition through the notion of PoD (probability of detection). Thus, the likelihood of failure with the number & effectiveness of the performed inspection.

The quantitative RBI is based on a series of calculations to assess the likelihood and consequence of failure of the pressure boundary of each piece of analyzed equipment. The product of the likelihood and consequence numbers provides a measure of the risk associated with the corresponding equipment. Based on calculated risk, the prioritized equipment list can then be used to focus the inspection program.

In order to implement these general principles, the 4 following questions have to be addressed:

- What type of defect to look for?
- Where to look for this defect?
- Which is the best technique?
- When is the best moment to inspect?
- What type of defect to look for?

To answer these questions, the detailed analysis of general equipment data, previous inspections' data, material and process data is needed, as it is shown in Fig. 4.

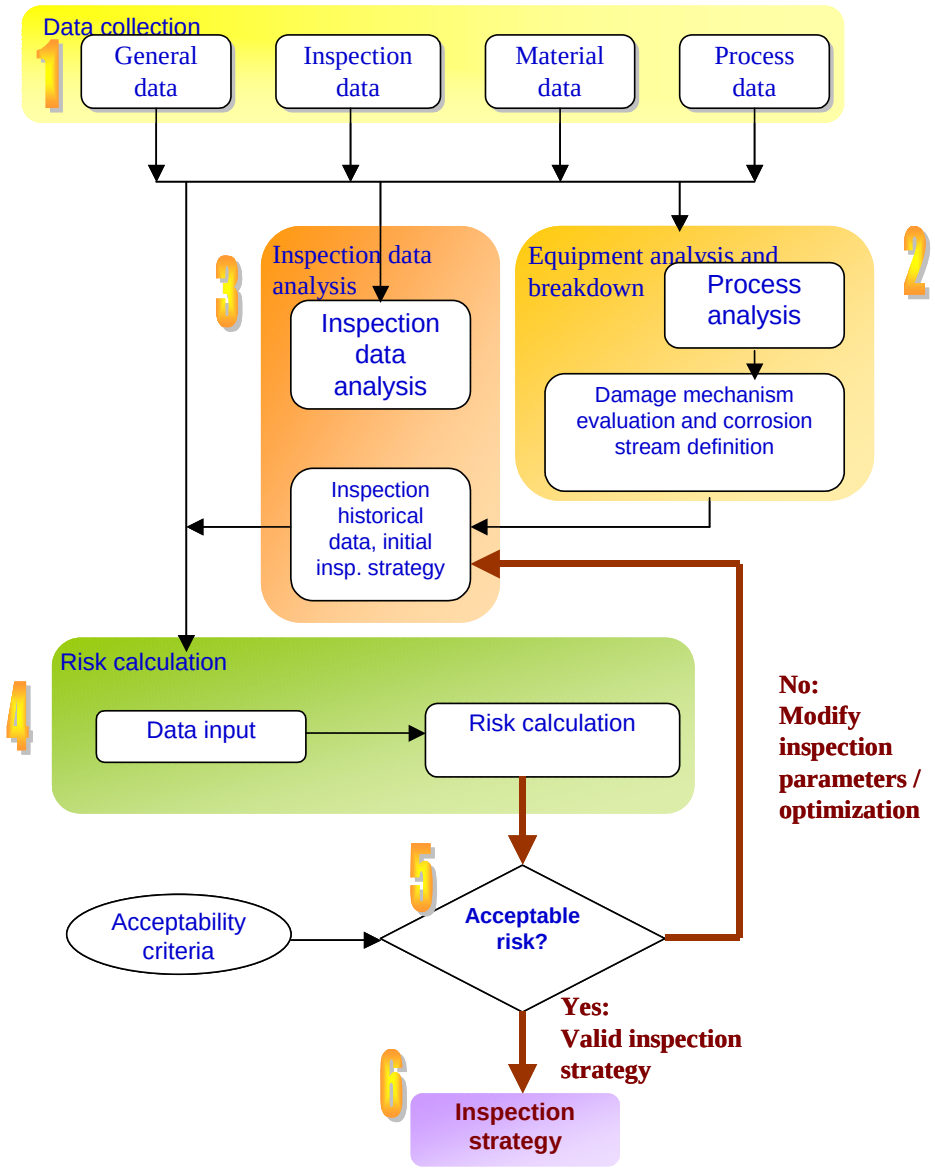


Fig. 4.
Flow chart of the process of RBI analysis

This RBI analysis has industrial specific features, i.e. could be different for petrochemical, chemical, pharmaceutical and power industry. One of the most well established methodology is described in the API581 (Risk-Based Inspection. Base Resource Document) for the petrochemical industry. The analysis can be performed at different levels, considering different details and amount of data. The final result of the risk based analysis is always the risk category of the equipment or component, which can be presented in a risk matrix as it is shown in Fig. 5.

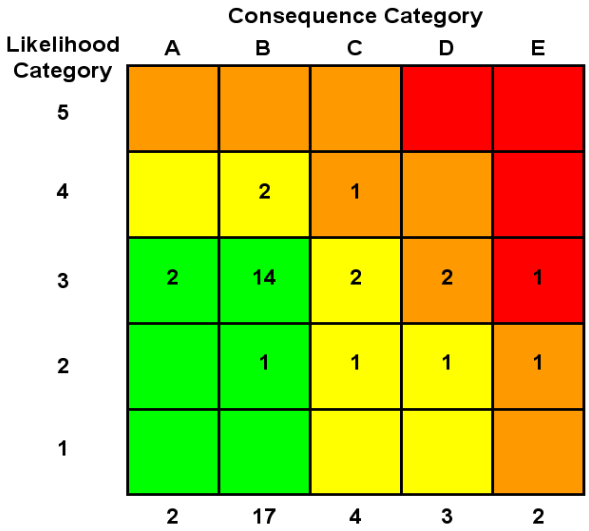


Fig. 5.

Presentation of the risk of the equipment in a unit in a risk matrix
(green: low; yellow: medium; orange: medium-high; red: high risk level - and the numbers in each box mean the number of equipment)

On the bases if the result of a risk based analysis one can make more well-founded decision about the following measures: the number, methods and extent of the necessary inspection tasks, about the periodic inspections and the related costs, and as a consequence about the modification of the risk category of a given equipment in the future. So this kind of approach has its potential to develop cost-effective inspection and maintenance strategies.

The risk base methodology gives also the possibility to compare the risk level of the different units of a plant, as it is shown in Fig. 6. As can be seen, the risk level in Unit 1 is much lower in general, therefore more resources and efforts should be concentrated for Unit 2, and also the length of the inspection period of Unit 1 should be reviewed and reconsidered.

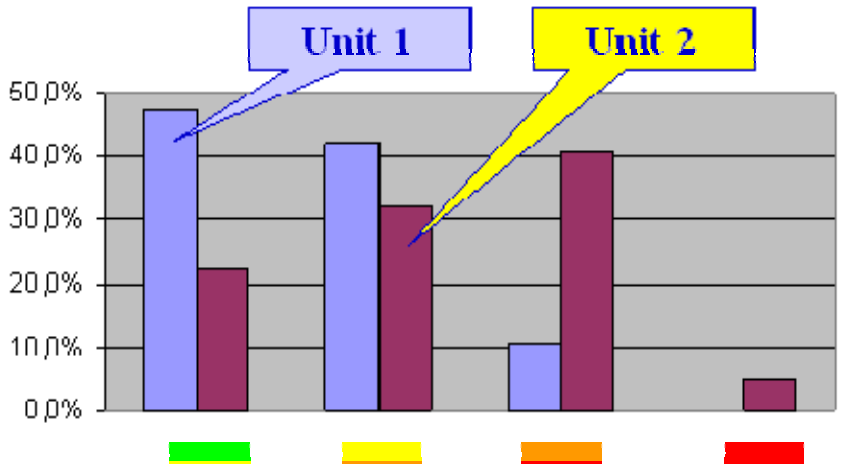


Fig. 6.
Comparison of the risk levels of the equipment of two units
(green: low; yellow: medium; orange: medium-high; red: high risk level)

Summary and conclusions

On the basis of this presentation the following conclusions can be drawn:

1. The "basic words" of the technical-economical life is "safety - reliability -risk". From these the ***safety*** reflects a present state of a plant; the ***reliability*** includes all the means that are available at the present technical level; the ***risk*** can be expressed in term of "money", since it is the product of the probability of failure and its consequence.

2. An optimal strategy for planning the inspection and maintenance tasks is the ***RBIM*** - Risk Based Inspection and Maintenance methodology.

3. A complex system has been developed for MOL Refinery in Hungary which implements the RBI approach (first time in Hungary). The project lasted from 2004 until the end of 2007. The RBI methodology has been implemented altogether for 25 units, and the data of further 22 units have been collected and uploaded into the database.

Istraživačko-razvojni centar za gasnu tehniku - IGT
Sarajevo – BiH

Edukacija u svrhu implementacije tehničke regulative

Hajdina Škufca, dipl.ing.maš.

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

IGT Sarajevo

Primjena novih naučnih, tehničkih i tehnoloških dostignuća uz zastarjela tehnička pravila???

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

IGT Sarajevo

Inoviranje postojećih tehničkih pravila, odnosno preuzimanje novih tehničkih pravila

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

IGT Sarajevo

Evolucija ideje

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

IGT Sarajevo

POČETAK OKTOBAR 2001.

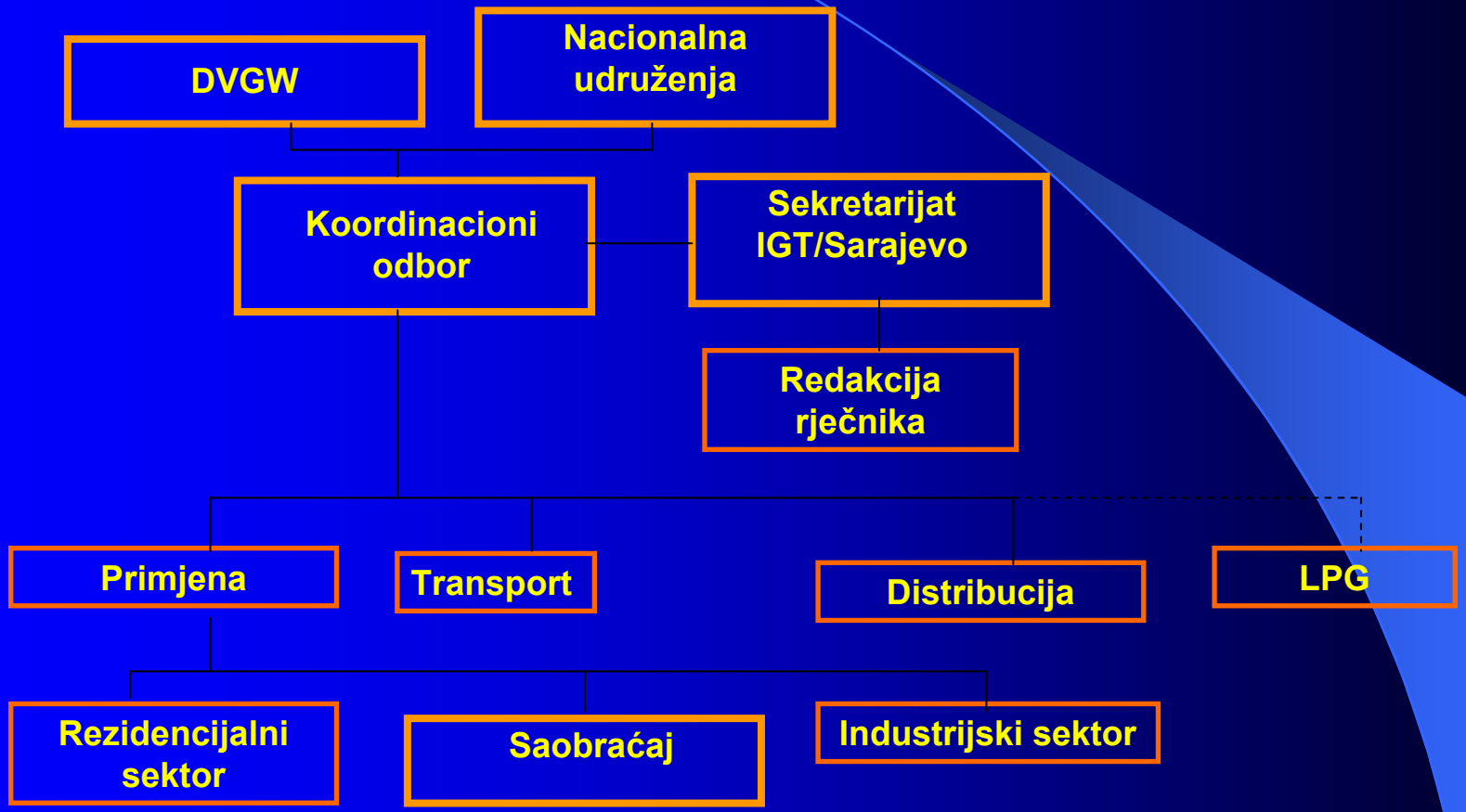
6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

Sadržaj Projekta

- Zakonska regulativa
- Tehnička regulativa
- Edukacija
- Certificiranje
- Interkonekcija i diverzifikacija



Organizacija rada na podprojektu "tehnička regulativa"



Razlozi za primjenu tehničkih pravila za gas, zasnovanih na DVGW regulativi

- tehnička pravila zasnovana na praksi
  praktična iskustva njemačke privrede iz oblasti gasa,
- tehnička pravila, kao opće priznata pravila tehnike,
  dopunu standarda (EN i DIN),
- dugogodišnja primjena i poznavanje DIN standarda u regionu,
- velika zastupljenost gasne opreme iz Njemačke u regionu JIE,
- dugogodišnja suradnja DVGW i IGT,
  IGT – kooperacioni partner DVGW,
- otvoren DVGW ured za jugoistočnu Evropu u Sarajevu
  omogućen lakši (direktan) transfer "know-how"

Uloga tehničkih pravila

Tehnička pravila

planiranje,
gradnja odnosno proizvodnja,
pogon,
ispitivanje i
održavanje uređaja, postrojenja i proizvoda za snabdijevanje gasom i vodom,
uključujući zahtjeve za
kvalifikaciju osoba i preduzeća

IGT Sarajevo

Regulativa je osnova za ispitivanje i certificiranje osoba, preduzeća i proizvoda

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

Tehnička pravila za gas – radna područja

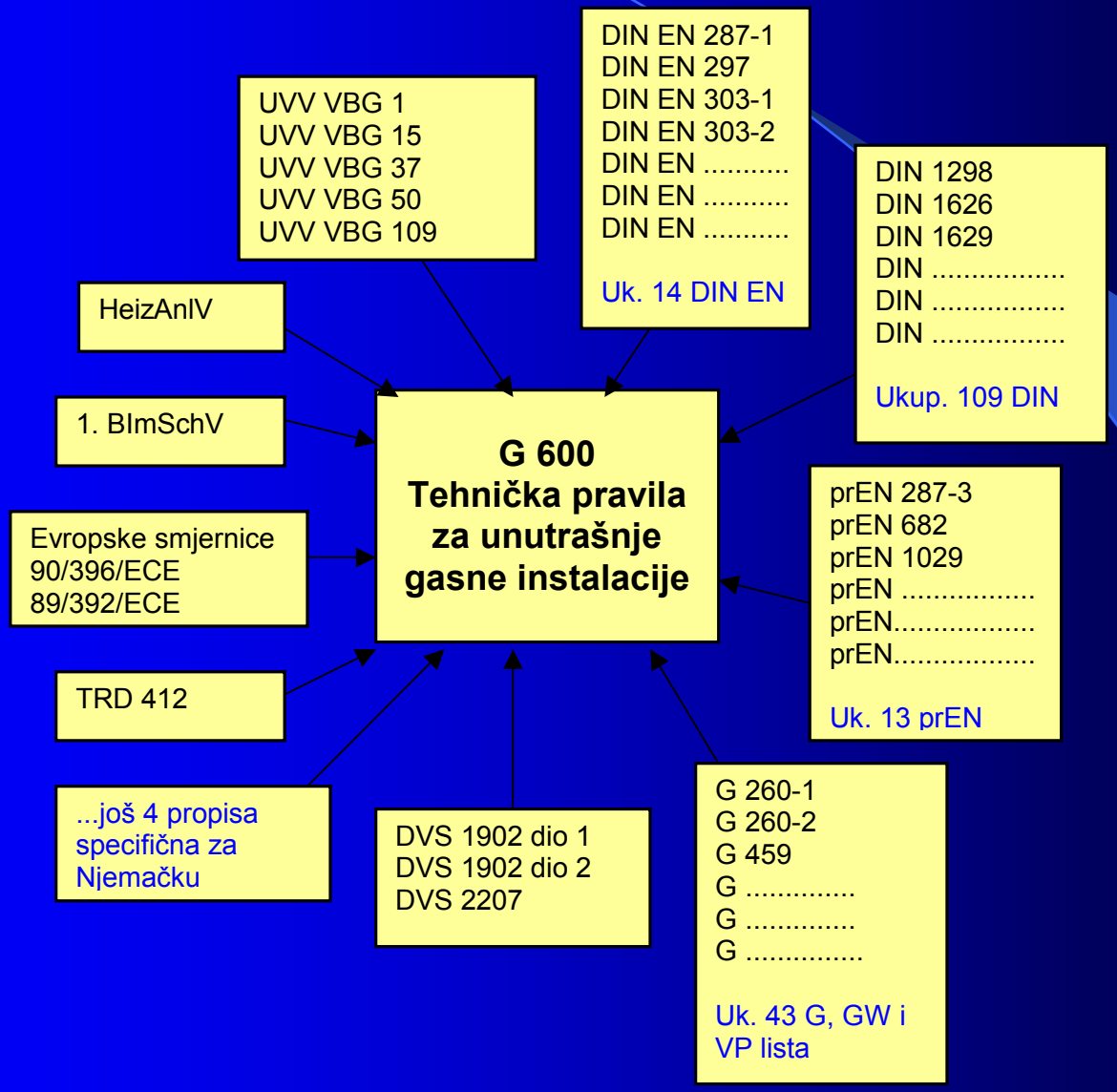
tehnička pravila izrađuju radne grupe - eksperti za pojedine oblasti



Postupak obrade DVGW tehničke regulative

- izbor dokumenata, prevođenje (i problemi)
- razmatranje svih standarda
- razmatranje pratećih zakona i propisa (zakoni, uredbe, direktive, i dr.),
- razmatranje propisa strukovnih udruženja,
- razmatranje svih ostalih propisa (sekundarnih i tercijarnih),
- razmatranje eventualno potrebnih odstupanja od tehničkog sadržaja,
- razmatranje raznih tijela koji se pominju u izvornom dokumentu, pronalaženje adekvatnih domaćih tijela,

Veza DVGW radnog lista G 600 i ostalih citiranih dokumenata



Rad radnih grupa od oktobra 2002 do jula 2008

RG 10 – 23 sastanka - 420 sati rada
RG 6 – 20 sastanaka – 360 sati rada

Ukupno – cca. **780** sati rada radnih grupa, i
cca. **13800** sati rada u IGT-u

- **90 tehničkih pravila usvojeno / 1930 stranica**
- **15 tehničkih pravila u pripremi / 671 stranica**

Pitanja koja zavrjeđuju pažnju

- **Vrijedi li donošenje propisa, bez detaljne i kontinuirane edukacije onih koji ih trebaju primjenjivati?**
- **Ko se treba educirati i kako često?**

- **Šta želimo postići?**

IGT Sarajevo

Sigurnost i Pouzdanost ili ??



6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

Imperativ edukacije

- primjena najsavremenijih tehnologija,
- harmoniziranih evropskih standarda i tehničkih propisa,
- izgradnja neophodne infrastrukture za primjenu u praksi,

odnosno

- ekonomsko optimiranje,
- energetsku efikasnost,
- sigurnost i pouzdanost

Imperativ edukacije

Kvalificiran i stručno osposobljen kadar počevši od top menadžmenta, preko marketinga, do projektanata, majstora i operatera

Imperativ edukacije

- Redovno školovanje
- Stručno osposobljavanje za određeno područje
- Ovladavanje propisima i tehničkim pravilima
- Obnavljanje znanja



Imperativ edukacije

Saradnja sa ministarstvom obrazovanja:

- Izmjene nastavnog programa
- Učešće u pripremi nastavnog plana i programa za školovanje V stepena
- Vraćanje naziva **“majstor”**



Stručno osposobljavanje

- Seminari i kursevi (osnovni i specijalistički)
- Sticanje znanja učešćem u izradi tehničkih pravila (radne grupe)
- Učešće u workshopovima
- Pohađanje škole za instruktore



IGT Sarajevo

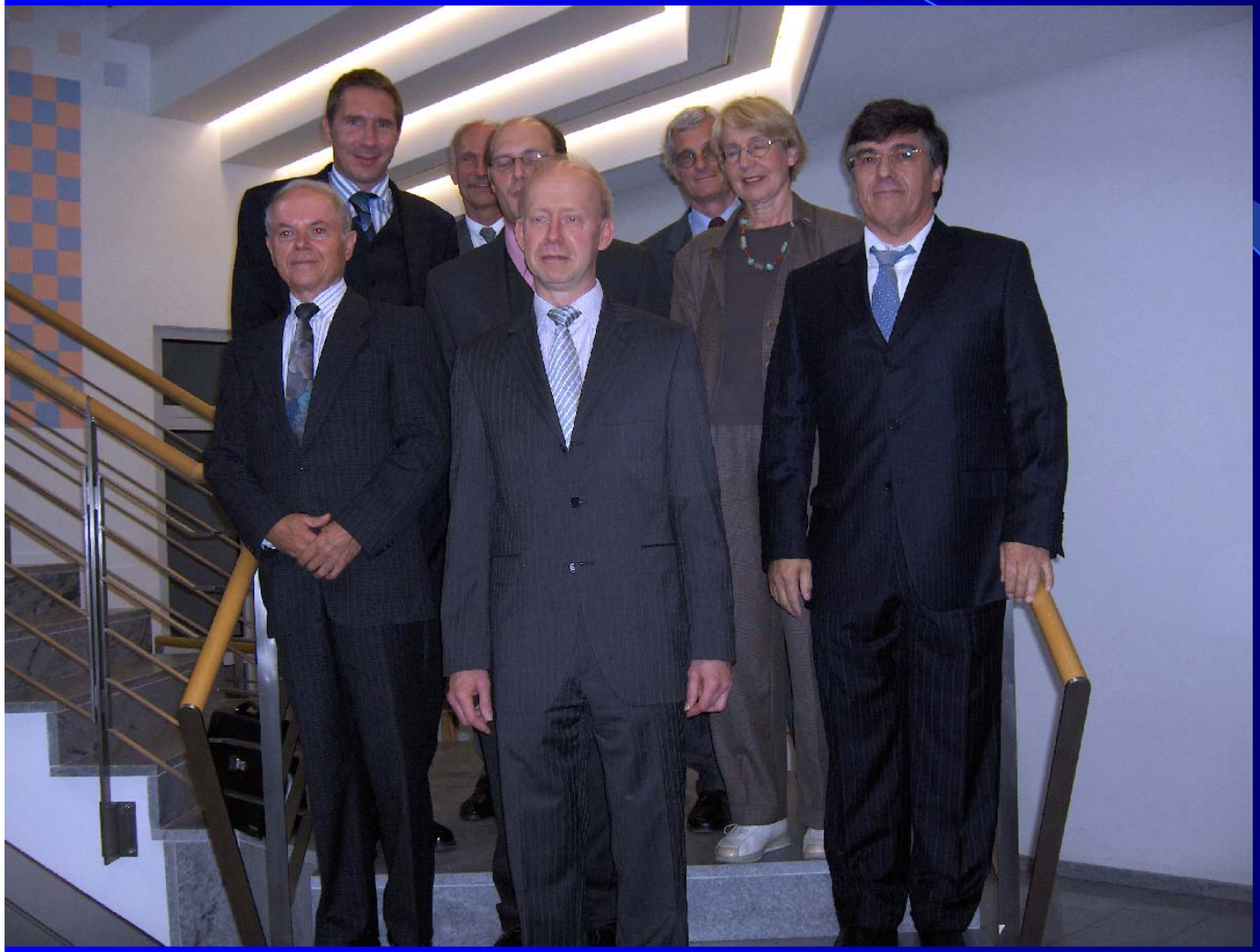
Kompetentni i edukacioni centar gasne struke pri Istraživačko-razvojnom centru za gasnu tehniku u Sarajevu

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

Podrška:

- gasne kompanije
- IGT
- DVGW
- GWI
- GTZ
- GASBiH

DVGW i GWI treneri trenera



Armin Lorig, dipl.ing.,
Christa Brugeman,
dipl.ing.;

Horst Manger
dipl.ing.;

Dr Bernhard Naendorf;
Dr Jorg Ruttinger;
Torsten Kleiber
dipl.ing.;

Josef Gartner, dipl.ing.

IGT Sarajevo

Prvi certificirani treneri iz gasne tehnike



Faruk Jakupović,
dipl.ing.maš.



Ibrahim Karahodžić,
dipl.ing.maš.



Hajdina Škufca,
dipl.ing.maš.



Dragan Manjak,
dipl.ing.maš.



Nihada Glamoć,
dipl.ing.maš.



Emir Lagumdžija,
dipl.ing.maš.



Mehmedalija Arnautović,
dipl.ing.maš.



Mehmedalija Sijarić,
dipl.ing.maš.



Midhat Šećibović,
dipl.ing.maš.



Ela Brkić,
dipl.ing.maš.



Aiša Ćenanović,
dipl.ing.maš.



Meho Dizdarević,
dipl.ing.maš.



Mr. sc. Semin Petrović,
dipl.ing.maš.



Mr. sc. Milan Stević,
dipl.ing.el.

IGT Sarajevo

Certifikat



Bonn, 28.08.2006.

ZERTIFIKAT CERTIFIKAT

gwi DVGW

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

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

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

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

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

Kompetentnog i edukacionog centra za gasnu tehniku

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

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

Bonn 28.08.2006

DVGW Deutsche Vereinigung
des Gas- und Wasserfaches e.V.

Dr.-Ing. Walter Thielen
Hauptgeschäftsführer

GWI
Gaswärme-Institut e.V.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Görner
Vorstand

IGT Sarajevo

Nastavak aktivnosti

6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

Seminari i kursevi



- **Pripremna faza:** izbor stručne literature i prezentacionih materijala,
- **Realizacija:** ???? mjeseci,
- **Nastavne oblasti**: transport gasa, distribucija gasa, primjena gasa u domaćinstvima i industriji, mjerenje i regulacija pritiska gasa, didaktika
- **kandidati –** grupisanje po profilima
- **Završna faza: ispiti -** odbrana seminarskog rada, polaganje pismenog i usmenog dijela ispita

IGT Sarajevo

Edukacije realizirane u prethodnom periodu

	Tema		Br.učesnika
Radne grupe	Transport i distribucija	20	**17**
	Primjena gasa	23	**11**
Kurs	Osnove gasne tehnike	3	**72**
	Specijalistički kursevi	7	**118**
Kurs	Rukovaoci kotlovskih postrojenja	29	**495**
	Ispit sa instr. nastavom	12	**136**
Seminari	Pres spoj	3	**48**
Workshop	Tehnička pravila	20	**400**
Škola za trenere	Transport, distribucija, TRGI, RMS, mjerenje i obračun	1	**13**
			cca 1.310

IGT Sarajevo

Poziv na saradnju



6. Skup o prirodnom plinu, Osijek, Oktobar 2008.

Hvala na pažnji

Hajdina Škufca, dipl.ing.maš.

IGT

Gradačačaka 142,71000 Sarajevo, BIH

Tel: +387 33 610 600

Fax: +387 33 650 593

E-mail: gasbih@bih.net.ba

6. skup o prirodnom plinu
PLIN 2008
15.-17. listopada 2008.
Osijek, Croatia



NUMERIČKO MODELIRANJE VRELOVODNIH CIJEVI S OŠTEĆENJEM

Dražan Kozak[1], Pejo Konjatić[1], Zlatko Marković[2]

Ključne riječi: vrelovodne cijevi, oštećenje, DNV-RP-F101 procedura za korodirane cijevi, dopušteni tlak cjevovoda, MKE analiza

1. Uvod

Vrelovodne cijevi nalaze primjenu u toplinarstvu, gdje služe za podzemni prijenos vrele vode u gradskoj distribuciji od toplane do toplinskih stanica u stambenim objektima.
Tlakovi u vrelovodnoj mreži vrelovodnog sustava grada Osijeka u normalnoj eksploataciji kreću se od 0,8 bar do 13 bar, a temperaturni režim je 140 °C / 70 °C. Sva armatura i cijevi su rađeni za nominalni tlak NP 16 (16 bar). Kako su materijali cijevi najčešće nelegirani kvalitetni čelici koji nisu predviđeni za toplinsku obradu, to su u eksploataciji podložni korozijskom djelovanju. Gubitak mase usljed korozije predstavlja smanjenje nosivog presjeka cijevi na mjestu oštećenja. Stoga je potrebno preračunati dopuštenu vrijednost tlaka takve cijevi, jer ona pada s porastom korozijskog učinka.

Cilj ovog rada jest izraditi kontrolni izračun cjevovoda nazivnog otvora NO 250 s debljinom stijenke 5 mm, uz izmjerenu geometriju korozijskog oštećenja nađenu u eksploataciji vrelovodnog sustava Grada Osijeka. Pri tome je za analitičke izračune korištena procedura Det Norske Veritas DNV-RP-F101 za korodirane cijevi [1], a oštećenja su modelirana i numerički pomoću metode konačnih elemenata [2]. Utvrđene su i uspoređene vrijednosti dopuštenog, odnosno kritičnog tlaka prema obje procedure za različite geometrije oštećenja.

[1] **Prof.dr.sc. Dražan Kozak, dipl.ing.stroj.**
Pejo Konjatić, dipl.ing.stroj.
Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Zavod za strojarske konstrukcije, Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2, HR-35000 Slavonski Brod, Croatia, T: 035 446 188, F: 035 446 446, E: dkozak@sfsb.hr i pekon@sfsb.hr

[2] **Zlatko Marković, dipl.ing.stroj.**
HEP Toplinarstvo d.o.o., Pogon Osijek, Cara Hadrijana 3, HR-31000 Osijek, T: 031 244 724, F: 031 207 139, E: Zlatko.Markovic@hep.hr

2. Korozijska oštećenja vrelovodnih cijevi

Kao što je u uvodu rada rečeno, analizirana su korozijska oštećenja vrelovodnih cijevi gradskog sustava distribucije tople vode grada Osijeka. Procurivanja cijevi koja su se događala tijekom uporabe mogu se vidjeti na slici 1.



Slika 1. Procurivanja vrelovodnih cijevi tijekom eksploatacije

Svake godine se planirano mijenja nekoliko dionica najstarijeg cjevovoda, koji se raznih dimenzija od NO40 do NO350. U tom slučaju je moguće na licu mjesta utvrditi i izmjeriti realna oštećenja nađena na cijevima. Primjer cijevi s karakterističnim oštećenjem, kao i detalj mjerenja veličine oštećenja prikazani su na slici 2.

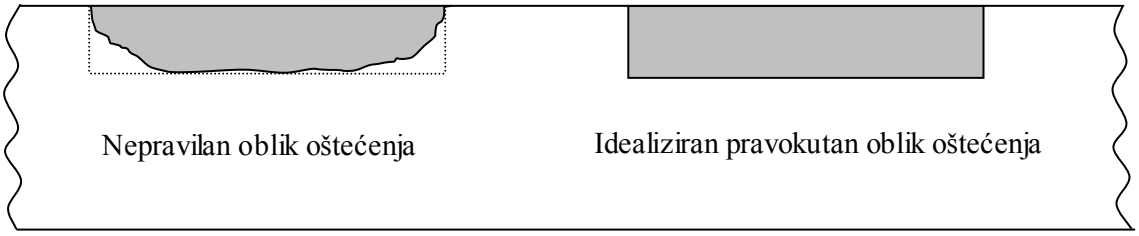


Slika 2. Skidanje geometrije oštećenja vrelovodnih cijevi

3. Analitičko određivanje vrijednosti dopuštenog tlaka korodiranog cjevovoda prema proceduri DNV-RP-F101

Det Norske Veritas je preporučio proceduru kako postupati i računati kritične vrijednosti tlaka cjevovoda s utvrđenim oštećenjem prije točno dvije godine. Taj postupnik opisan je u dokumentu DNV-RP-F101 [1, 3], pri čemu se postavljena neka ograničenja prilikom primjene. Tako je definirano da materijal cijevi treba biti neki ugljični čelik, ne uzima u obzir ciklična opterećenja i oštre greške tipa pukotine, ne kombinira koroziju i mehanička oštećenja, pretpostavlja da u zavarima cijevi nema grešaka i na koncu isti vrijedi samo do dubine greške ne veće od 85% debljine stijenke. Pretpostavka je i da suvremeni čelici za cijevi imaju dovoljnu žilavost, pa se može očekivati da će cijevi otkazati mehanizmom, koji se naziva **plastični kolaps**. On pretpostavlja da do otkaza dolazi onda kad ekvivalentna naprezanja prijeđu granicu tečenja kroz cijeli preostali ligament ispred oštećenja, gledano kroz debljinu cijevi.

U ovom radu se analiza ograničila na pretpostavku jednog oštećenja (*single defect*) i nisu modelirani slučajevi kad je više bliskih oštećenja u interakciji. Isto tako je proračun proveden za postojanje vanjskog uzdužnog korozijskog oštećenja, pri čemu je cijev opterećena samo unutarnjim tlakom. Superponiranje efekta više bliskih oštećenja, kao i postojanje aksijalnog tlačnog opterećenja usljed aksijalnih sila, savijanja ili djelovanja temperature nije ovdje uzeto u obzir. Isto tako učinak greške u radijalnom smjeru nije razmatran. Pretpostavka pri tome je da je dimenzija oštećenja u radijalnom smjeru manja, nego u aksijalnom. Nepravilan oblik korozijskog oštećenja se kod proračuna uzima kao pravokutan (slika 3).



Slika 3. Idealiziranje nepravilnog oštećenja pravokutnim oblikom

Dva su moguća pristupa kod ocjene integriteta cijevi s prisutnom korozijom. Glavna razlika u pristupima se temelji na različitoj filozofiji sigurnosti. Prvi pristup je probabilistički i uključuje faktore sigurnosti, koji uzimaju u obzir moguća odstupanja mehaničkih svojstava materijala, kao i promjene debljine stijenke, odnosno unutarnjeg tlaka. Nesigurnosti povezane s mjerenjem veličine greške i specifikacijom svojstava materijala su tako uključene u izračun dopuštene vrijednosti tlaka. Drugi pristup se temelji na veličini dopuštenog naprezanja kod projektiranja (*Allowable Stress Design*). Granični tlak, kod kojeg nastupa otkaz cijevi (plastični kolaps) se množi sa faktorima, temeljenim na originalnim faktorima kod projektiranja cijevi. Moguće uzimanje u obzir nesigurnosti povezanih s pouzdanošću mjerenja veličine korozijskog defekta se ovdje prepuštaju korisniku.

3.1 Određivanje vrijednosti dopuštenog tlaka korodiranog cjevovoda

Dopuštena vrijednost tlaka (*allowable pressure*) kod korodirane cijevi s jednim defektom (gubitkom metala) opterećenom na unutarnji tlak može se izračunati iz sljedeće jednadžbe:

$$p_{corr} = \gamma_m \cdot \frac{2 \cdot t \cdot f_u}{(D-t)} \cdot \frac{\left(1 - \gamma_d \cdot \left(\frac{d}{t}\right)^*\right)}{\left(1 - \frac{\gamma_d \cdot \left(\frac{d}{t}\right)^*}{Q}\right)} \quad (1)$$

gdje su:

γ_m parcijalni faktor sigurnosti za pretpostavljeni model podužne korozije
t debljina stijenke nekorodirane cijevi, mm
f_u vlačna čvrstoća materijala korištena kod projektiranja cjevovoda, N/mm^2
D vanjski promjer cjevovoda, mm
γ_d parcijalni faktor sigurnosti dubine korozije
Q faktor korekcije duljine, mm.

Bitno je za naglasiti da parcijalni faktori sigurnosti γ_m i γ_d, kao i omjer $(d/t)^*$ ovise o primijenjenoj metodi inspekcije, odnosno točnosti mjerenja duljine, odnosno dubine oštećenja. Tako je u našem primjeru vrijednost faktora sigurnosti γ_m uzeta za nisku klasu sigurnosti mjerenja kao $\gamma_m = 0{,}79$. Nadalje je omjer $(d/t)^*$ definiran kao:

$$(d/t)^* = (d/t)_{meas} + \varepsilon_d \cdot \mathrm{StD}[d/t] \quad (2)$$

gdje:

$(d/t)_{meas}$ predstavlja stvarno izmjerenu (relativnu) dubinu oštećenja,
ε_d faktor za definiranje vrijednosti fraktala za dubinu korozije i
StD$[d/t]$ standardna devijacija relativne dubine oštećenja

U ovom radu je u suglasnosti s [1] uzeto da je $\varepsilon_d = 2$, odnosno StD$[d/t] = 0{,}16$ kojima odgovara vrijednost $\gamma_d = 1{,}2$. Faktor korekcije duljine definiran je kao:

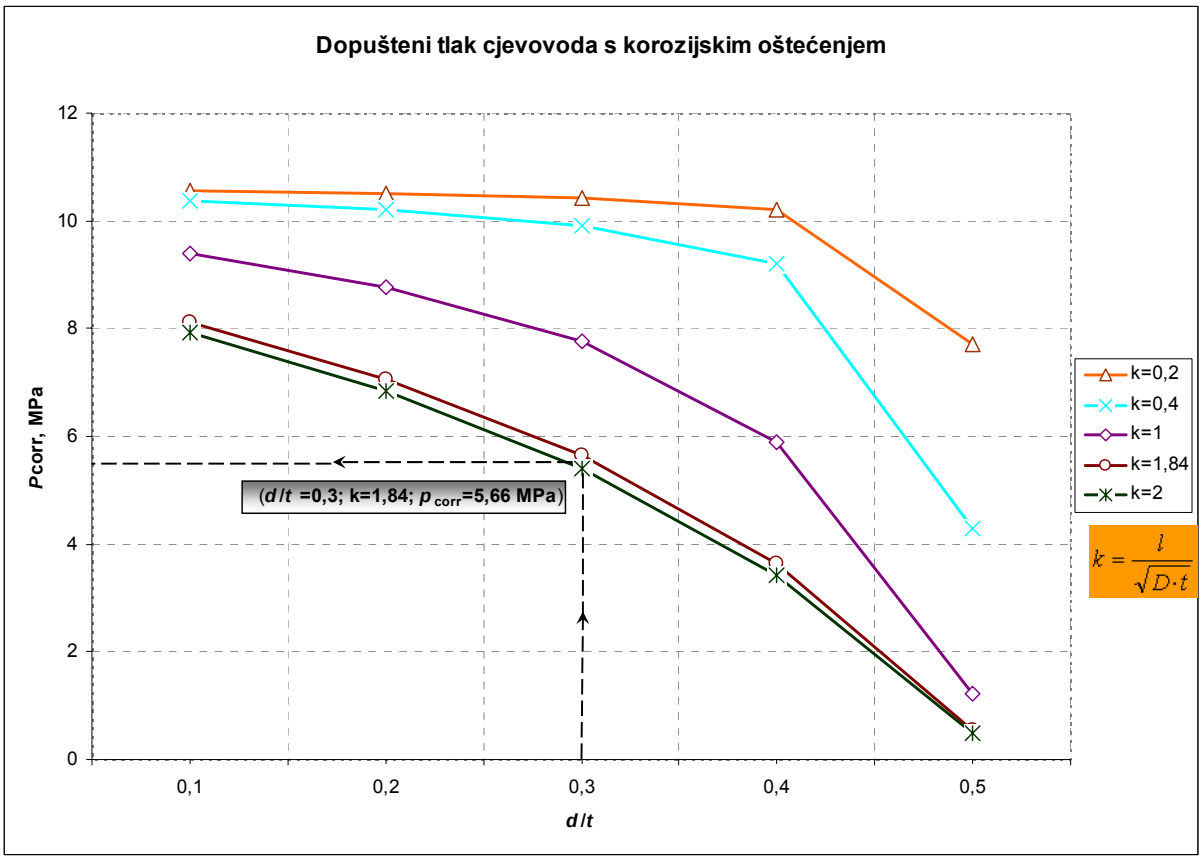
$$Q = \sqrt{1 + 0{,}31 \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{D \cdot t}}\right)^2} \quad (3)$$

Materijal cijevi analiziran u radu je nelegirani ugljični čelik St. 37.0 (prema DIN 1629) s manje od 0,16% C, granice tečenja $R_e^H = 235$ MPa, odnosno vlačne čvrstoće $R_m = 360 \div 440$ MPa i istezljivosti $A_5 \geq 25\%$. Za potrebe izračuna uzeta je donja vrijednost vlačne čvrstoće, odnosno $f_u = 360$ MPa.

Vanjski promjer cijevi u riješenom primjeru je $D = 273$ mm, a debljina stijenke je $t = 5$ mm. Omjer dubine korozijskog oštećenja d i debljine stijenke t je u izračunu varirana na način da je $d/t = 0{,}1;\ 0{,}2;\ 0{,}3;\ 0{,}4$ i $0{,}5$. Isto tako je duljina oštećenja l mijenjana kroz uvedeni geometrijski faktor k:

$$k = \frac{l}{\sqrt{D \cdot t}} \quad (4)$$

pri čemu je isti imao vrijednosti $k = 0{,}2;\ 0{,}4;\ 1;\ 1{,}84$ i 2, što odgovara duljinama oštećenja od $l = 7{,}4;\ 14{,}8;\ 36{,}9;\ 68$ i $73{,}9$ mm. Na taj način je izračunata vrijednost dopuštenog tlaka, koja u sebi uzima u obzir mjernu nesigurnost ispitivanja i rezultati su prikazani na slici 4.



Slika 4. Dopuštene vrijednosti tlaka cjevovoda oštećenog korozijom

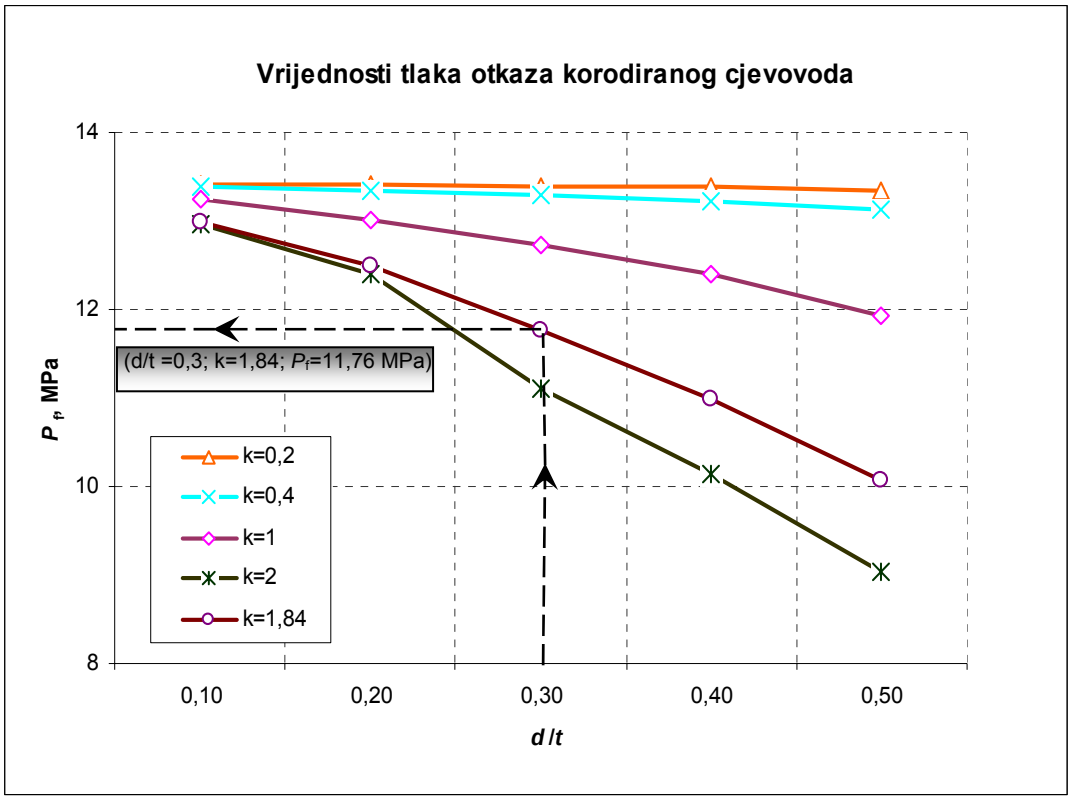
Na slici 4 je istaknuta vrijednost dopuštenog tlaka od p_{corr} = 5,66 MPa za izmjerenu geometriju oštećenja na cijevi u eksploataciji (t = 1,5 mm i l = 68 mm). Isto tako se vidi iz rezultata da je za male duljine pukotine ($l \leq 10$ mm) i dubine pukotine do 1/3 debljine stijenke ($d \leq 1/3\ t$), vrijednost dopuštenog tlaka gotovo konstantna.

3.2 Određivanje vrijednosti graničnog tlaka korodiranog cjevovoda

Vrijednost graničnog tlaka otkaza (*failure pressure*) korodirane cijevi s jednim defektom kod koje nastupa plastični kolaps cijevi može se izračunati iz sljedeće jednadžbe:

$$P_f = \frac{2 \cdot t \cdot f_u}{(D-t)} \cdot \frac{\left(1-\frac{d}{t}\right)}{\left(1-\frac{d}{t \cdot Q}\right)} \tag{5}$$

pri čemu su veličine u jednadžbi (5) jednako opisane kao i u jednadžbi (1), odnosno (3). Rezultati za tlak, kod kojeg dolazi do otkaza cjevovoda, prikazani su dijagramski na slici 5. Usporedbom vrijednosti tlaka procurivanja za izmjereno oštećenje (d = 1,5 mm i l = 68 mm) s rezultatima za dopušteni tlak dobivenim probabilističkom pristupom, vidi se da su ove vrijednosti tlaka dvostruko više.



Slika 5. Vrijednosti graničnog tlaka otkaza korodiranog cjevovoda

Budući da su ovo tlakovi kod kojeg dolazi do otkaza, potrebno je ih pomnožiti s određenim faktorima sigurnosti, kako bi se dobila vrijednost tlaka sigurnog rada (*safe working pressure*). Stoga je potrebno vrijednost dobivenu pomoću izraza (5) pomnožiti s faktorom modeliranja F_1 i faktorom operacijskog rada F_2:

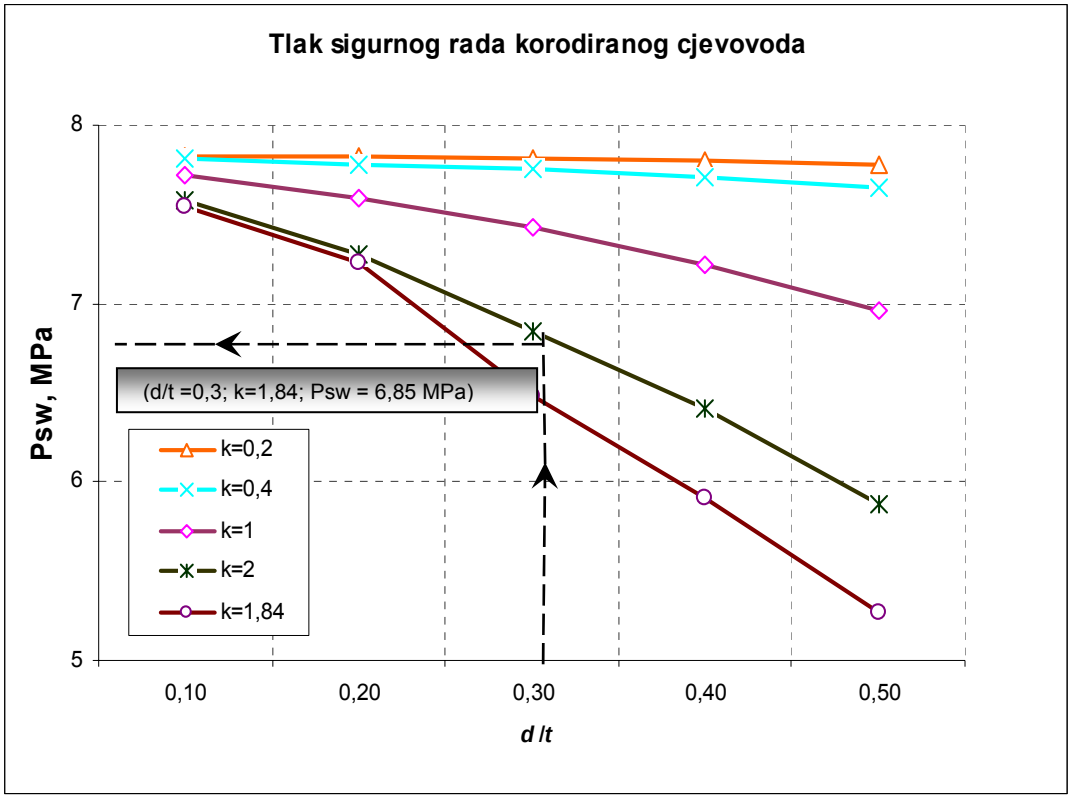
$$P_{sw} = F_1 \cdot F_2 \cdot P_f \tag{6}$$

Prema [1] su uzete sljedeće vrijednosti faktora sigurnosti:

$F_1 = 0,9$

$F_2 = 0,72$

tako da je onda $P_{sw} = 0,9 \cdot 0,72 \cdot P_f = 0,648 \cdot P_f$, dakle nekih 65% , odnosno kao da se vrijednost tlaka otkaza podijeli s faktorom sigurnosti od 1,54. Na slici 6. prikazane su vrijednosti tlaka koje omogućavaju siguran rad cjevovoda i pored prisutnog korozijskog oštećenja.

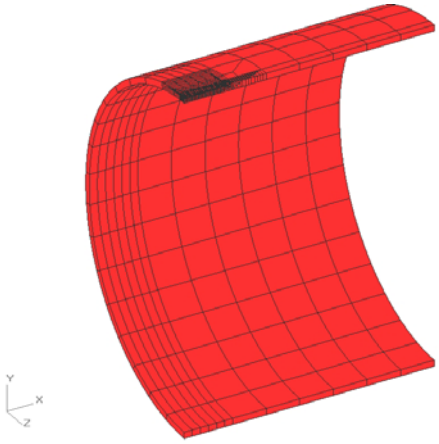


Slika 6. Vrijednosti tlaka sigurnog rada korodiranog cjevovoda

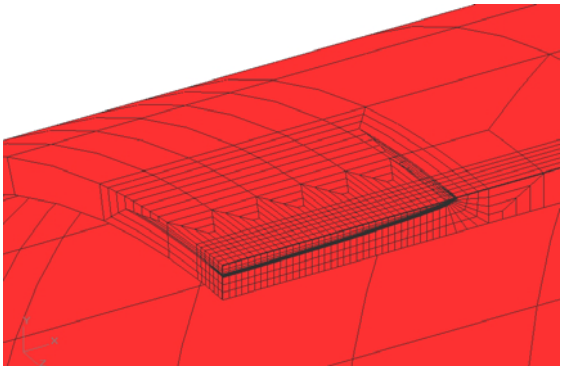
Vrijednosti tlaka sigurnog rada cjevovoda izračunati na ovaj način su još uvijek nešto veće, nego kad se izračun napravi temeljem probabilističkog pristupa. Stoga je odlučeno napraviti još i izračun pomoću metode konačnih elemenata.

4. Numeričko određivanje vrijednosti dopuštenog tlaka korodiranog cjevovoda

Za numeričko modeliranje korozijskog oštećenja je odabrana geometrija, koja je stvarno i izmjerena na cijevi: duljina greške bila je 68 mm, a najveća dubina 1,5 mm. Kako je korozijsko oštećenje nepravilnog oblika, isto je idealizirano kao polueliptična pukotina. Obzirom na prisutnu simetriju, konačnim elementima je modelirana samo 1/4 cijevi (slika 7). Za modeliranje pukotine korišten je program FEA Crack [4]. Uvećani detalj mreže oko fronte pukotine (ukupno oko 25.000 čvorova) prikazan je na slici 8.

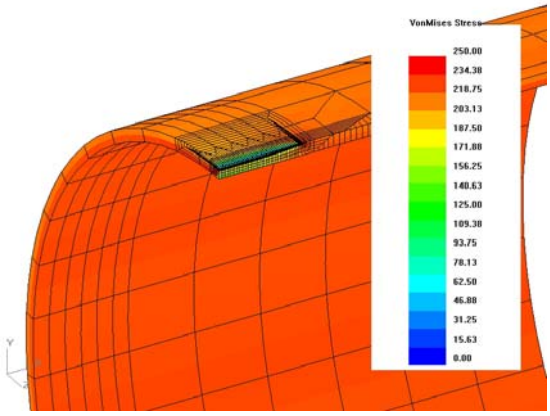


Slika 7. MKE model cijevi s polueliptičnom pukotinom kao korozijskim oštećenjem

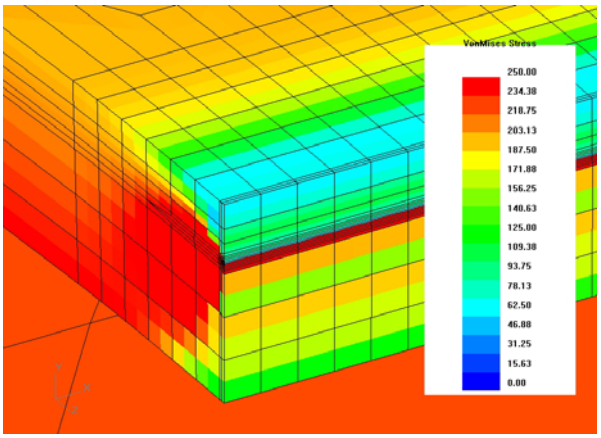


Slika 8. Uvećani detalj MKE modela

Mreža konačnih elemenata je importirana u program za MKE – ABAQUS 6.7, koji je poslužio za izračun graničnog tlaka, koji dovodi do plastičnog kolapsa cijevi. Kriterij otkaza cijevi bila je ona vrijednost unutarnjeg tlaka, koja uzrokuje ekvivalentno naprezanje kroz preostali ligament cijevi veće od granice tečenja materijala. U našem primjeru za definiranu geometriju cijevi i pukotine, ta vrijednost iznosi 9,8 MPa. Na slici 9, odnosno 10 je prikazana raspodjela ekvivalentnih naprezanja u trenutku plastičnog kolapsa cijevi. Vidi se da se crveno polje s ekvivalentnim naprezanjem većim od 235 MPa prostire kroz preostalu debljinu stijenke cijevi ispred pukotine.



Slika 9. Polje ekvivalentnih naprezanja ispred fronte pukotine za granični tlak od 9,8 MPa



Slika 10. Uvećani detalj polja ekvivalentnih naprezanja ispred fronte pukotine

Zaključci

Cilj ovog rada je bio izračun kritičnog, odnosno dopuštenog tlaka cjevovoda Ø 273 x 5 mm, uz izmjerenu geometriju korozijskog oštećenja nađenu u eksploataciji vrelovodnog sustava Grada Osijeka. Pri tome je za analitičke izračune korištena procedura Det Norske Veritas DNV-RP-F101 za korodirane cijevi, a oštećenja su modelirana i numerički pomoću metode konačnih elemenata. Utvrđene su i uspoređene vrijednosti dopuštenog tlaka, odnosno tlaka sigurnog rada prema obje procedure za različite geometrije oštećenja. Isto tako je određena vrijednost graničnog tlaka, koji uzrokuje plastični kolaps cijevi pomoću MKE. Za korozijsko oštećenje dubine 1,5 mm i duljine 68 mm se usporedbom može zaključiti da je probabilistički pristup najkonzervativniji, jer daje najmanju vrijednost dopuštenog tlaka (5,66 MPa). Vrijednost tlaka sigurnog rada, ukoliko se ne uzmu u obzir moguće nesigurnosti pri mjerenju veličine oštećenja, nešto je veća i iznosi 6,85 MPa, Numerički izračun pak temelji se na modeliranju oštećenja kao polueliptične pukotine umjesto pravokutno idealiziranog oblika i stoga daje vrijednost graničnog tlaka otkaza, koja iznosi 9,8 MPa.

Literatura

[1] Recommended practice DNV-RP-F101, Corroded pipelines, Det Norske Veritas, October 2004
[2] ABAQUS Abaqus Version 6.7 for Unified FEA
[3] R. Koers, Corrosion Procedure and Case Studies, 2nd FITNET TN Training Seminar and Workshop, University of Maribor, October 2004
[4] FEA Crack, 3D Finite element software for cracks, Version 3.1

Ibrahim Karahodžić dipl.ing.maš.

OSNOVNA NAČELA I ORGANIZACIJA DEŽURNE SLUŽBE PREDUZEĆA ZA SNABDIJEVANJE PLINOM

1 OPĆENITO

Sa aspekta strožije pravne obaveze za tzv. organizacionu krivicu, dobija na značenju organizacija dežurne službe pri preduzećima za snabdijevanje.
Da bi se smetnje i opasnosti mogle otkloniti u svako doba i odmah, mora se uspostaviti dežurna služba, koja je u položaju da 24 h prima prijave o smetnjama i da preduzme neophodne mjere.
U pravnim propisima i opće priznatim pravilima tehnike je zasnovana obaveza za uspostavljanje dežurne službe.
„Preduzeće za snabdijevanje plinom ima da s mjesta otkloni svaki prekid i nepravilost“.

2 ORGANIZACIONA STRUKTURA

Organizaciona struktura mora stvoriti sve preduslove, da u svako doba može primiti prijave smetnji i neposredno uvrsti mjere za njihovo otklanjanje.
Bitna obaveza svakog preduzeća za snabdijevanje plinom je da napravi funkcionalnu organizaciju dežurne službe i da je ispravno održava.
U okviru dežurne službe se jasno regulišu i dokumentiraju nadležnosti i ovlaštenja.

2.1 PRIJAVNA MJESTA

Prema veličini područja snabdijevanja se uređuje jedno ili više prijavnih mjesta.
Za preuzimanje prijava smetnji mora biti dostupna najmanje jedna osoba sa zadovoljavajućim kvalifikacijama.
Mjesto prijema smetnji mora biti sposobno za stručni dijalog, eventualno da može u skladu sa događajima preporučiti prve mjere ponašanja u sličaju mirisa plina.
Prijavna mjesta, neodložno, rukovode mjerama za otklanjanje smetnji ili opasnosti, saniranja šteta kao i sprječavanje i ograničavanje posljedičnih šteta.
Ne smije se desiti slučaj, da mjesto prijema smetnji duže vrijeme nije dostupno ili da nije u službi.

2.2 SLUŽBA ZA OTKLANJANJE SMETNJI

Da bi se smetnje i opasnosti mogle neodložno i stručno otkloniti, potrebno je u svako vrijeme imati na raspolaganju stručno osoblje.
Služba za otklanjanje smetnji se na takav način personalno pokriva i oprema sa uređajima, da može izvršiti neophodne mjere.
Služba za otklanjanje smetnji može biti organizirana centralno i decentralno. Odluka je ovisna od:

- veličine područja snabdijevanja,
- saobraćaja,
- topografije,
- vrste preduzeća za snabdijevanje npr. gradsko, regionalno i dr.

Preduzeće za snabdijevanje plinom može djelimično ili u potpunosti izvršiti prenos zadataka dežurne službe na druga odgovarajuća preduzeća za snabdijevanje plinom ili odgovarajuća stručna preduzeća.

3 OSOBLJE I OPREMA

Angažirano osoblje mora biti za svoje zadatke kvalificirano i osim toga pouzdano.
Na raspolaganju moraju biti tehnički uređaji i oprema koji su neophodni za prijem i otklanjanje smetnji.

3.1 IZBOR OSOBLJA

Kod izbora osoblja radi se o podobnosti, sposobnostima, pouzdanosti i odgovarajućem broju da bi se spriječile optužbe po organizacionoj krivici,
Osobe koje pokrivaju dežurne službe moraju biti upoznate sa cjelokupnom materijom tako da su u položaju da samostalno, odnosno na osnovu date organizacione strukture donose neophodne odluke/mjere.
Tome pripadaju specifična stručna znanja u plinskoj struci, području kućnih instalacija i plinskih aparata, plinskoj mreži i lociranju curenja plina.
Ovo osoblje mora biti ne samo izabrano, već i najmanje jednom godišnje obučeno, pri čemu se dokumentiraju mjere obučavanja – školovanja. Upute se

moraju redovno preispitivati da li su aktuelne i eventualno prilagođavati.
Stručna snaga inžinjeri, tehničari, majstori, stručni radnici – moraju na osnovu svog iskustva i znanja, biti u položaju da na njih prenesene zadatke mogu procjeniti, izvršiti i prepoznati moguće opasnosti.

3.2 OPREMA PRIJAVNOG MJESTA

U svako vrijeme, prijavno mjesto mora biti u mogućnosti da primi prijave smetnji telefonom.
Javnost se mora upoznati na odgovarajući način sa telefonskim brojem za prijavu smetnji (npr. telefonski imenik, naljepnice/zakačke na mjeračima potrošnje plina, objavljivanje u informacijama i časopisima za korisnike, staničnim znakovima, strelicama).
Putem odgovarajućeg komunikacionog uređaja se u svako vrijeme osigurava razmjena informacija između prijavnog mjesta i službe za otklanjanje smetnji neovisno od pristižućih prijava.
U prijavnom mjestu moraju biti na raspolaganju katalozi sa pitanjima i mjerama za pristigle prijave smetnji kao i neophodna radna dokumentacija za dežurnu službu (uputstva, planovi za alarmiranje, telefonski spiskovi, formulari za prijavu smetnji itd.

3.3 OPREMA SLUŽBE ZA OTKLANJANJE SMETNJI

Služba za otklanjanje smetnji se oprema sa odgovarajućim komunikacionim uređajima, koji u svako vrijeme omogućavaju razmjenu informacija između prijavnog mjesta i službe za otklanjanje smetnji.
U vozilima se moraju nalaziti komunikacioni uređaji kao i neophodni alati, aparati i materijali za otklanjanje opasnosti. Pristup dodatnim materijalima i aparatima mora biti regulisan.
Na osnovu odobrenja po saobraćajnom pravu, vozila mogu biti opremljena sa odgovarajućim svijetlom i sirenom.
Radnicima službe za otklanjanje smetnji moraju biti na raspolaganju relevantne upute, aktuelni spisak važnih telefonskih brojeva, postojeći projekti (eventualno mikrofilmovani sa ekranom ili na elektronskim nosačima podataka) i informacije o posebnostima pogona mreže.

4 ORGANIZACIJA TOKA

4.1 PRIMANJE PRIJAVA SMETNJI

U pravilu prijave smetnji trebaju stizati u prijavno mjesto preko telefonskog broja poznatog u javnosti.
Prijave smetnji koje telefonski, usmeno ili drugim putem stižu izvan prijavnog mjesta, trebaju se neodložno dalje uputiti na prijavno mjesto.
Prijavno mjesto mora biti uvijek dostupno za prijem prijava o smetnjama. Ovo takođe važi i za prijavna mjesta koja su pokrivena samo sa jednom osobom.

4.1.1 PITANJA

Prema katalogu pitanja se, iz prijavnog mjesta, postavljaju prijaviteljima neophodna za otklanjanje smetnji.
Nakon jasno formulisanog predstavljanja (npr. preduzeće za snabdijevanje plinom – grad A, primanje smetnje, moje ime je .....),
posebno se postavljaju slijedeća pitanja:

- tačnost mjesta smetnje,
- vrsta i obim smetnje,
- pretpostavljeni uzroci smetnji,
- ime, adresa i broj telefona upravitelja,
- standardna pitanja za objašnjenje stručnog ponašanja,
- upute za prijavitelja radi sprječavanja opasnosti npr. kod mirisa plina.

4.1.2 DALJNI KRITERIJI ZA DEŽURNU SLUŽBU

- Koji su vodovi u pogonu ?
- Koji stepen pritiska ?
  (niski - srednji - visoki pritisak ?)
- Koji su materijali u mreži ?
- Veličina područja snabdijevanja ?
- Postoji li mogućnost zatvaranja u mreži?

4.1.3 UPUTSTVA ZA POSTUPANJE

Prijavitelju se daju uputstva prema pripremljenom katalogu mjera, npr. «Mjere opreza pri prisustvu mirisa plina».
Uputstva trebaju biti kratka, stručna i jasna.
Kod nejasnoća se uvijek polazi od najgoreg slučaja.

4.2 UVOĐENJE MJERA

4.2.1 INTERNI PRENOS PRIJAVE

Interni prenosi prijave smetnji u okviru preduzeća moraje slijediti bez oklijevanja. U svakom slučaju se obavještavaju dodatne dežurne službe kao i nadređeni.

4.2.2 UKLJUČIVANJE EKSTERNIH SUBJEKATA

Pored internih nosioca funkcija se – ukoliko je to potrebno uključuju takođe i ektsterni subjekti, kao npr.:

- preduzeća niskogradnje, eventuelno
- druga stručna preduzeća,
- policija,
- vatrogasci/služba spašavanja,
- centrala grada odnosno regiona,
- druga preduzeća za snabdijevanje,
- isporučioci,
- elektronski mediji,
- osiguranje leta,
- šinski saobraćaj,
- službeni nadležni organi.

4.3 OTKLANJANJE SMETNJI I OPASNOSTI

4.3.1 URGENTNA VOŽNJA

Služba za otklanjanje smetnji mora se sa odgovarajuće opremljenim vozilom neodložno uputiti na prijavljeno mjesto smetnje. Za vožnju do mjesta smetnje se bira najbrži put. Kada je to potrebno zahtijeva se pratnja policijskog vozila.

4.3.2 MJERE NA MJESTU SMETNJI

Po dolasku na mjesto smetnji, službe za otklanjanje smetnji utvrđuju vrstu i obim smetnje, uvode se prve mjere sigurnosti i informiše se prijavno mjesto.
U potrebnom slučaju se zahtijeva dolazak policije, vatrogasaca i/ili službe za pomoć. Treća lica se obavještavaju o utvrđenim štetama na njihovim postrojenjima. Mjesto smetnji se napušta tek kada se više ne prepoznaju nikakve opasnosti.
Po završetku mjera sigurnosti, preduzeće za snabdijevanje plinom mora izvršiti neophodne popravke na postrojenjima i iste dokumentirati.

4.4 DOKUMENTACIJA

4.4.1 FORMA

Svaka pristigla prijava smetnji se odgovarajuće dokumentira (eventuelno dodatni tonski zapisi). Svi važniji podaci o otklanjanju smetnji se čuvaju.
Dokumentirani podaci i moguća druga dokazna sredstva (npr. fotografije) se čuvaju do krajnjeg razrješavanja uzroka nesreće, u svakom slučaju najmanje 6 godina.
Kod ljudskih ili većih materijalnih šteta se pravi iscrpan izvještaj o štetama.

4.4.2 SADRŽAJ

Dokumentacija o štetama treba da sadrži slijedeće tačke:

- Ime i adresu prijavitelja,
- Telefonski broj,
- Vrstu i obim smetnje,
- Mjesto smetnje, datum i vrijeme,
- Vrstu i vrijeme izvedenih mjera, npr.:
  - dalji prenos prijave (na koga),
  - dolazak na mjesto smetnje,
  - vrijeme sprečavanja opasnosti,
- Uzrok smetnje (strana krivica)

5 UPUTE

Strukturna organizacija i organizacija toka dežurne službe, specifični zadaci radnika zaposlenih u dežurnoj službi i postupci u slučaju smetnji se utvrđuju u pismenim uputama.
To je potrebno predstaviti u preglednoj formi.
Upute moraju stajati u svako vrijeme na raspolaganju svakom zaposlenom radniku u dežurnoj službi. Radnici se redovno podučavaju u pogledu sadržaja i izvođenja uputa.
U svakom slučaju, se radnicima dežurne službe i službe otklanjanja smetnji stavlja na raspolaganje i jedna bitno sažeta skraćena verzija.
Preduzeće za snabdijevanje plinom se brine o tome da su upute poznate. Upute se moraju redovno preispitivati po pitanju aktuelnosti, i eventualno prilagođavati.

6 ODREDBE I STANDARDI ZA SLUŽBU ZA OTKLANJANJE SMETNJI

- Zakonski propisi,
- Propisi o zaštiti od požara i eksplozije, propisi o zaštiti na radu i ostali propisi o sigurnosti i zaštiti zdravlja na radu,
- Tehnička regulativa,

7 ZAKLJUČAK

Za otklanjanje smetnji i borbu protiv šteta potrebno je konstantno držati dežurnu službu.

Ona se tako stručno sastavlja i oprema sa vozilima, uređajima i alatom da je u položaju da odmah poduzme sprečavanje posljedičnih šteta ili otklanjanje i neophodne popravke prema mogućnostima

Ukoliko je organizacija pogreška i neko je iz tog razloga oštećen, tada se preduzeće može primorati za nadoknadu štete po „Organizacionoj krivici“.

8 LITERATURA

- Radni list G 1000 – Zahtjevi za kvalifikaciju i organizaciju tehničkog sektora preduzeca za snadbijevanje plinom,
- Radni list G 465-1 Ispitivanje plinskih mreža sa pogonskim pritiskom do 4 bar,
- Radni list G 465-2 Plinovodi sa pogonskim do 5 bar - Održavanje,
- Radni list G 465-3 Procjena mjesta curenja plina na podzemnim i nadzemnim plinskim vodovima u plinskim mrežama,
- Radni list G 466-1 Čelični plinovodi sa pogonskim pritiskom vecim od 5 bar - Održavanje,
- Radni list G 495 – Plinska postrojenja – Održavanje,
- Radni list G 600 – Tehnička pravila za plinske instalacije.



OSNOVNA NAČELA I ORGANIZACIJA DEŽURNE SLUŽBE PREDUZEĆA ZA SNABDIJEVANJE PLINOM

Pripremio: ***Karahodžić Ibrahim, dipl.ing.maš.***

Sarajevo, septembar 2008. godine

1 OPĆENITO

- Sa aspekta strožije pravne obaveze za takozvanu organizacionu krivicu, dobija na značenju organizacija dežurne službe pri preduzećima za snabdijevanje.
- Da bi se smetnje i opasnosti mogle otkloniti u svako doba i odmah, mora se uspostaviti dežurna služba, koja je u položaju da 24 h prima prijave o smetnjama i da preduzme neophodne mjere,
- U pravnim propisima i opće priznatim pravilima tehnike je zasnovana obaveza za uspostavljanje dežurne službe,
- „Preduzeće za snabdijevanje plinom ima da s mjesta otkloni svaki prekid i nepravilost“.



2 ORGANIZACIONA STRUKTURA

- Organizaciona struktura mora stvoriti sve preduslove, da u svako doba može primiti prijave smetnji i neposredno uvrsti mjere za njihovo otklanjanje,
- Bitna obaveza svakog preduzeća za snabdijevanje plinom je da napravi funkcionalnu organizaciju dežurne službe i da je ispravno održava,
- U okviru dežurne službe se jasno regulišu i dokumentiraju nadležnosti i ovlaštenja,

2 ORGANIZACIONA STRUKTURA

2.1 PRIJAVNA MJESTA

- Prema veličini područja snabdijevanja se uređuje jedno ili više prijavnih mjesta,
- Za preuzimanje prijava smetnji mora biti dostupna najmanje jedna osoba sa zadovoljavajućim kvalifikacijama,
- Mjesto prijema smetnji mora biti sposobno za stručni dijalog, eventualno da može u skladu sa događajima preporučiti prve mjere ponašanja u slučaju mirisa plina,
- Prijavna mjesta, neodložno, rukovode mjerama za otklanjanje smetnji ili opasnosti, saniranja šteta kao i sprječavanje i ograničavanje posljedičnih šteta.
- Ne smije se desiti slučaj, da mjesto prijema smetnji duže vrijeme nije dostupno ili da nije u službi.

2 ORGANIZACIONA STRUKTURA

2.2 SLUŽBA ZA OTKLANJANJE SMETNJI

Da bi se smetnje i opasnosti mogle neodložno i stručno otkloniti, potrebno je u svako vrijeme imati na raspolaganju stručno osoblje.

- Služba za otklanjanje smetnji se na takav način personalno pokriva i oprema sa uređajima, da može izvršiti neophodne mjere.
- Služba za otklanjanje smetnji može biti organizirana centralno i decentralno. Odluka je ovisna od:
  - veličine područja snabdijevanja,
  - saobraćaja,
  - topografije,
  - vrste preduzeća za snabdijevanje npr. gradsko, regionalno i dr.
- Preduzeće za snabdijevanje plinom može djelimično ili u potpunosti izvršiti prenos zadataka dežurne službe na druga odgovarajuća preduzeća za snabdijevanje plinom ili odgovarajuća stručna preduzeća.



3 OSOBLJE I OPREMA

- Angažirano osoblje mora biti za svoje zadatke kvalificirano i osim toga pouzdano,
- Na raspolaganju moraju biti tehnički uređaji i oprema koji su neophodni za prijem i otklanjanje smetnji

3 OSOBLJE I OPREMA

3.1 IZBOR OSOBLJA

- Kod izbora osoblja radi se o podobnosti, sposobnostima, pouzdanosti i odgovarajućem broju da bi se spriječile optužbe po organizacionoj krivici,
- Osobe koje pokrivaju dežurne službe moraju biti upoznate sa cjelokupnom materijom tako da su u položaju da samostalno, odnosno na osnovu date organizacione strukture donose neophodne odluke/mjere.
- Tome pripadaju specifična stručna znanja u plinskoj struci, području kućnih instalacija i plinskih aparata, plinskoj mreži i lociranju curenja plina.
- Ovo osoblje mora biti ne samo izabrano, već i najmanje jednom godišnje obučeno, pri čemu se dokumentiraju mjere obučavanja – školovanja. Upute se moraju redovno preispitivati da li su aktuelne i eventualno prilagođavati.
- Stručna snaga inžinjeri, tehničari, majstori, stručni radnici – moraju na osnovu svog iskustva i znanja, biti u položaju da na njih prenesene zadatke mogu procjeniti, izvršiti i prepoznati moguće opasnosti.

3 OSOBLJE I OPREMA

3.2 OPREMA PRIJAVNOG MJESTA

- U svako vrijeme, prijavno mjesto mora biti u mogućnosti da primi prijave smetnji telefonom.
- Javnost se mora upoznati na odgovarajući način sa telefonskim brojem za prijavu smetnji (npr. telefonski imenik, naljepnice/zakačke na mjeračima potrošnje plina, objavljivanje u informacijama i časopisima za korisnike, staničnim znakovima, strelicama).
- Putem odgovarajućeg komunikacionog uređaja se u svako vrijeme osigurava razmjena informacija između prijavnog mjesta i službe za otklanjanje smetnji neovisno od pristižućih prijava.
- U prijavnom mjestu moraju biti na raspolaganju katalozi sa pitanjima i mjerama za pristigle prijave smetnji kao i neophodna radna dokumentacija za dežurnu službu (uputstva, planovi za alarmiranje, telefonski spiskovi, formulari za prijavu smetnji itd.

3 OSOBLJE I OPREMA

3.3 OPREMA SLUŽBE ZA OTKLANJANJE SMETNJI

- Služba za otklanjanje smetnji se oprema sa odgovarajućim komunikacionim uređajima, koji u svako vrijeme omogućavaju razmjenu informacija između prijavnog mjesta i službe za otklanjanje smetnji.
- U vozilima se moraju nalaziti komunikacioni uređaji kao i neophodni alati, aparati i materijali za otklanjanje opasnosti. Pristup dodatnim materijalima i aparatima mora biti regulisan. Na osnovu odobrenja po saobraćajnom pravu, vozila mogu biti opremljena sa odgovarajućim svijetlom i sirenom.
- Radnicima službe za otklanjanje smetnji moraju biti na raspolaganju relevantne upute, aktuelni spisak važnih telefonskih brojeva, postojeći projekti (eventualno mikrofilmovani sa ekranom ili na elektronskim nosačima podataka) i informacije o posebnostima pogona mreže.



4. ORGANIZACIJA TOKA

4.1 PRIMANJE PRIJAVA SMETNJI

- U pravilu prijave smetnji trebaju stizati u prijavno mjesto preko telefonskog broja poznatog u javnosti.
- Prijave smetnji koje telefonski, usmeno ili drugim putem stižu izvan prijavnog mjesta, trebaju se neodložno dalje uputiti na prijavno mjesto.
- Prijavno mjesto mora biti uvijek dostupno za prijem prijava o smetnjama. Ovo također važi i za prijavna mjesta koja su pokrivena samo sa jednom osobom.

4.1 PRIMANJE PRIJAVA SMETNJI

4.1.1 PITANJA

Prema katalogu, pitanja se iz prijavnog mjesta, postavljaju prijaviteljima neophodna za otklanjanje smetnji.

Nakon jasno formulisanog predstavljanja (npr. preduzeće za snabdijevanje plinom – grad A, primanje smetnje, moje ime je .....), posebno se postavljaju slijedeća pitanja:

- tačno mjesto smetnje,
- vrsta i obim smetnje,
- pretpostavljeni uzroci smetnji,
- ime, adresa i broj telefona prijavitelja,
- standardna pitanja za objašnjenje stručnog ponašanja,
- upute za prijavitelja radi sprječavanja opasnosti npr.kod mirisa plina.



4.1 PRIMANJE PRIJAVA SMETNJI

4.1.2 DALJI KRITERIJI ZA DEŽURNU SLUŽBU

- Koji su vodovi u pogonu ?
- Koji stepen pritiska ? (niski – srednji – visoki pritisak ?)
- Koji su materijali u mreži ?
- Veličina područja snabdijevanja ?
- Postoji li mogućnost zatvaranja u mreži ?



4.1 PRIMANJE PRIJAVA SMETNJI

4.1.3 UPUTSTVA ZA POSTUPANJE

- Prijavitelju se daju uputstva prema pripremljenom katalogu mjera, npr. «Mjere opreza pri prisustvu mirisa plina».
- Uputstva trebaju biti kratka, stručna i jasna.
  Kod nejasnoća se uvijek polazi od najgoreg slučaja.



4.2 UVOĐENJE MJERA

4.2.1 INTERNI PRENOS PRIJAVE

- Interni prenosi prijave smetnji u okviru preduzeća moraju slijediti bez oklijevanja. U svakom slučaju se obavještavaju dodatne dežurne službe kao i nadređeni.

4.2 UVOĐENJE MJERA

4.2.2 UKLJUČIVANJE EKSTERNIH SUBJEKATA

- Pored internih nosioca funkcija se – ukoliko je to potrebno uključuju također i ektsterni subjekti, kao npr.:
  - preduzeća niskogradnje, eventuelno druga stručna preduzeća,
  - policija,
  - vatrogasci/služba spašavanja,
  - centrala grada odnosno regiona,
  - druga preduzeća za snabdijevanje,
  - isporučioci,
  - elektronski mediji,
  - osiguranje leta,
  - šinski saobraćaj,
  - nadležni službeni organi.

4.3 OTKLANJANJE SMETNJI I OPASNOSTI

4.3.1 URGENTNA VOŽNJA

- Služba za otklanjanja smetnji mora se sa odgovarajuće opremljenim vozilom neodložno uputiti na prijavljeno mjesto smetnje. Za vožnju do mjesta smetnje se bira najbrži put. Kada je to potrebno, zahtijeva se pratnja policijskog vozila.

4.3 OTKLANJANJE SMETNJI I OPASNOSTI

4.3.2 MJERE NA MJESTU SMETNJI

- Po dolasku na mjesto smetnji službe za otklanjanje smetnji utvrđuju vrstu i obim smetnje, uvode se prve mjere sigurnosti i informiše se prijavno mjesto.
- U potrebnom slučaju se zahtijeva dolazak policije, vatrogasaca i/ili službe za pomoć.
- Treća lica se obavještavaju o utvrđenim štetama na njihovim postrojenjima.
- Mjesto smetnji se napušta tek kada se više ne prepoznaju nikakve opasnosti.
- Po završetku mjera sigurnosti, preduzeće za snabdijevanje plinom mora izvršiti neophodne popravke na postrojenjima i iste dokumentirati.



4.4 DOKUMENTACIJA

4.4.1 FORMA

- Svaka pristigla prijava smetnji se odgovarajuće dokumentira (eventuelno dodatni tonski zapisi). Svi važniji podaci o otklanjanju smetnji se čuvaju.
- Dokumentirani podaci i moguća druga dokazna sredstva (npr. fotografije) se čuvaju do krajnjeg razrješavanja uzroka nesreće, u svakom slučaju najmanje 6 godina.
- Kod ljudskih ili većih materijalnih šteta se pravi iscrpan izvještaj o štetama.

4.4 DOKUMENTACIJA

4.4.2 SADRŽAJ

Dokumentacija o štetama treba da sadrži slijedeće tačke:

- ime i adresu prijavitelja,
- telefonski broj,
- vrstu i obim smetnje,
- mjesto smetnje, datum i vrijeme,
- vrstu i vrijeme izvedenih mjera, npr.
  - dalji prenos prijave (na koga),
  - dolazak na mjesto smetnje,
  - vrijeme sprječavanja opasnosti,
- uzrok smetnje (strana krivica).

5 UPUTE

- Strukturna organizacija i organizacija toka dežurne službe, specifični zadaci radnika zaposlenih u dežurnoj službi i postupci u slučaju smetnji se utvrđuju u pismenim uputama.
- To je potrebno predstaviti u preglednoj formi.
- Upute moraju stajati u svako vrijeme na raspolaganju svakom zaposlenom radniku u dežurnoj službi. Radnici se redovno podučavaju u pogledu sadržaja i izvođenja uputa.
- U svakom slučaju, radnicima dežurne službe i službe otklanjanja smetnji se stavlja na raspolaganje i jedna bitno sažeta skraćena verzija.
- Preduzeće za snabdijevanje plinom se brine o tome da su upute poznate.

  Upute se moraju redovno preispitivati po pitanju aktuelnosti i eventualno prilagođavati.



6 ODREDBE I STANDARDI ZA SLUŽBU ZA OTKLANJANJE SMETNJI

- Zakonski propisi,
- Propisi o zaštiti od požara i eksplozije, propisi o zaštiti na radu i ostali propisi o sigurnosti i zaštiti zdravlja na radu,
- Tehnička regulativa.

7 ZAKLJUČAK

- Za otklanjanje smetnji i borbu protiv šteta potrebno je konstantno držati dežurnu službu.
- Dežurna služba se stručno sastavlja i oprema sa vozilima, uređajima i alatom s ciljem da je u položaju da odmah poduzme sprječavanje posljedičnih šteta ili otklanjanje i neophodne popravke prema mogućnostima.
- Ukoliko je organizacija pogrešna i neko je iz tog razloga oštećen, tada se preduzeće može primorati za nadoknadu štete po „Organizacionoj krivici“.



8 LITERATURA

- Radni list G 1000 Zahtjevi za kvalifikaciju i organizaciju tehničkog sektora preduzeća za snabdijevanje plinom,
- Radni list G 465-1 Ispitivanje plinskih mreža sa pogonskim pritiskom do 4 bar,
- Radni list G 465-2 Plinovodi sa pogonskim pritiskom do 5 bar – Održavanje,
- Radni list G 465-3 - Procjena mjesta curenja plina na podzemnim i nadzemnim plinskom vodovima u plinskim mrežama,
- Radni list G 466-1 - Čelični plinovodi sa pogonskim pritiskom većim od 5 bar - Održavanje,
- Radni list G 495 - Plinska postrojenja – Održavanje,
- Radni list G 600 - Tehnička pravila za plinske instalacije.



HVALA NA PAŽNJI !!!

Karahodžić Ibrahim, dipl.ing.maš.
ibrahimk@sarajevogas.ba

Iskustva u primjeni kompresionih plinskih toplotnih pumpi za grijanje i hlađenje u gradu Sarajevu

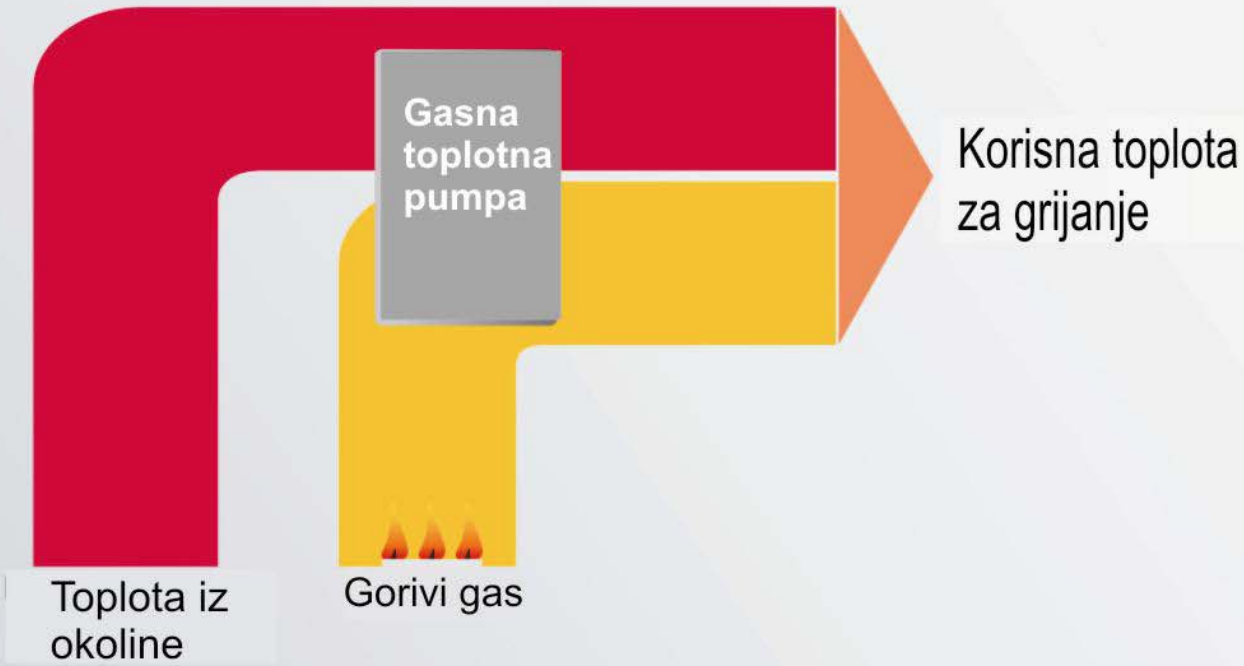
Autori:

Dr. Džemal Peljto

Emina Karišik, Mensur Peljto

TEGAS PEM, Sarajevo, BiH

Dijagram toka energije gasne toplotne pumpe - princip



Istorija

1853 – Wiliam Thomson (Kasnije lord Kelvin) i James Prescott otkrili JOUL-Thomson-ov efekt po kome temperatura gasova pri širenju bez spoljnjeg rada opada.



Wiliam Thomson



James Prescott Joule

1912 – Zoelby podnio patentni zahtjev za postupak dobivanja toplote iz sloja zemlje

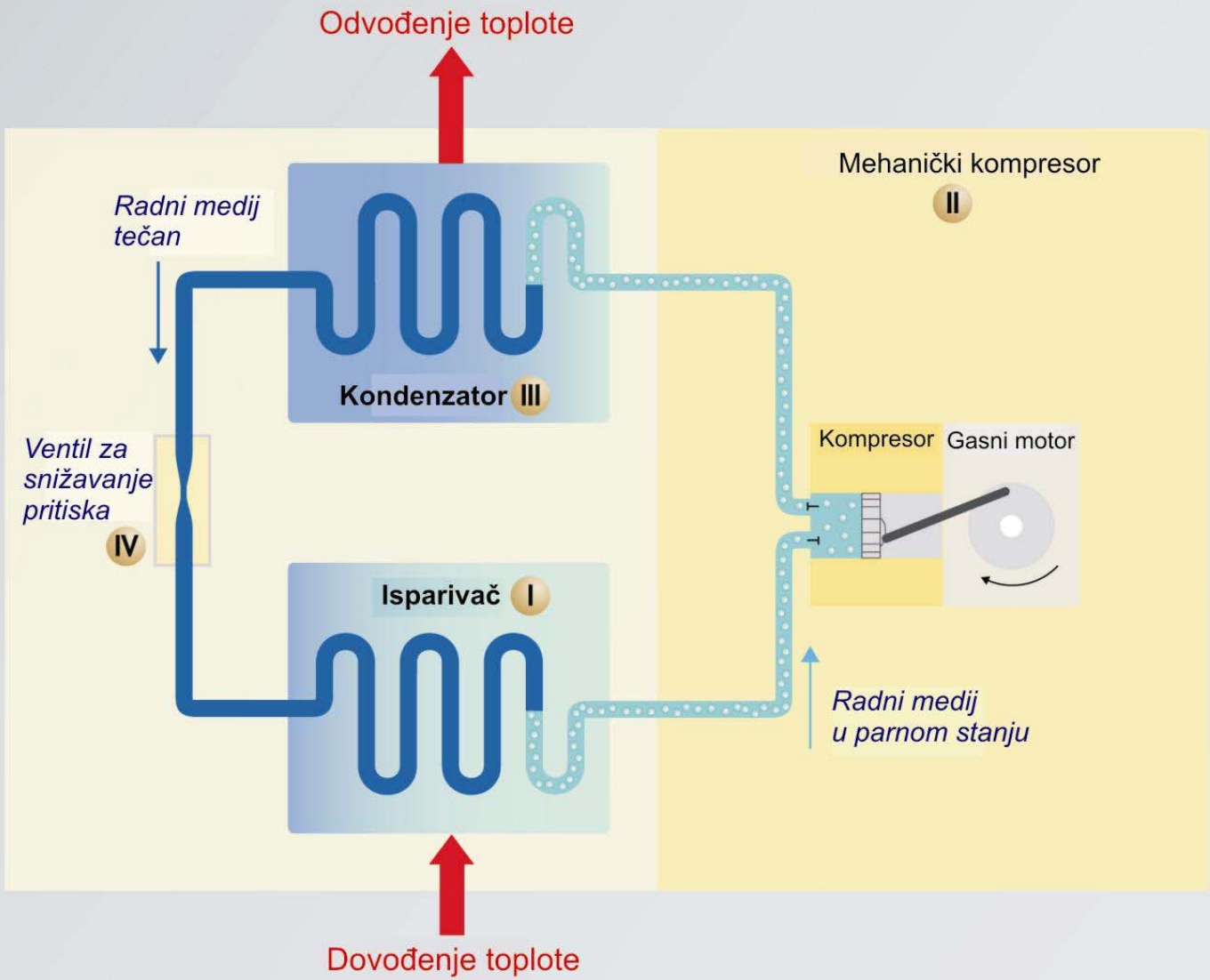
1945 – Početak primjene toplotnih punjenja zemlje (SAD)

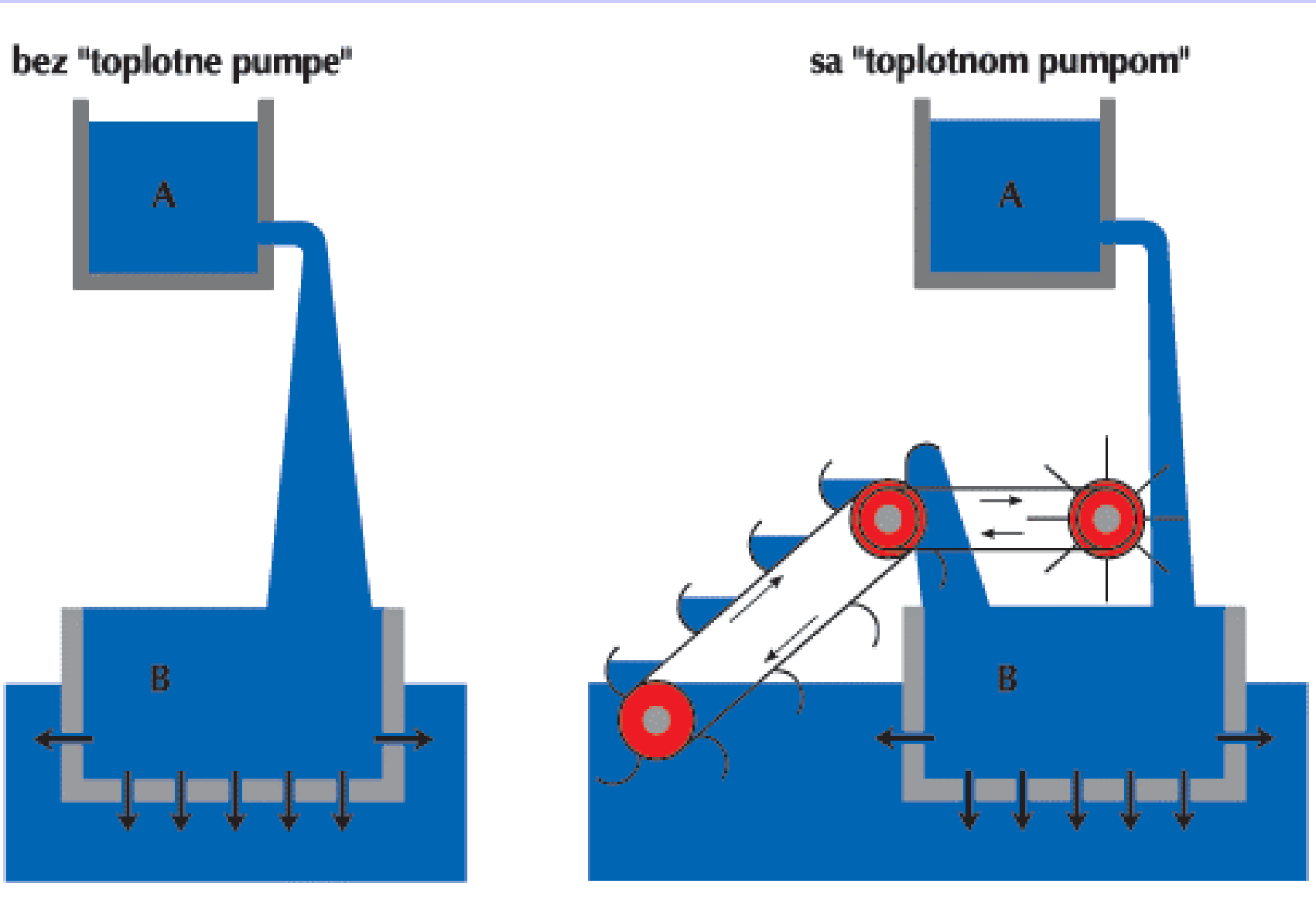
1981 – Japansko Ministarstvo inostrane trgovine i industrije osnovalo istraživačko društvo za razvoj toplotnih pumpi u kome su uključeni proizvođači gasnih motora i preduzeća za grijanje, klimatizaciju i ventilaciju.

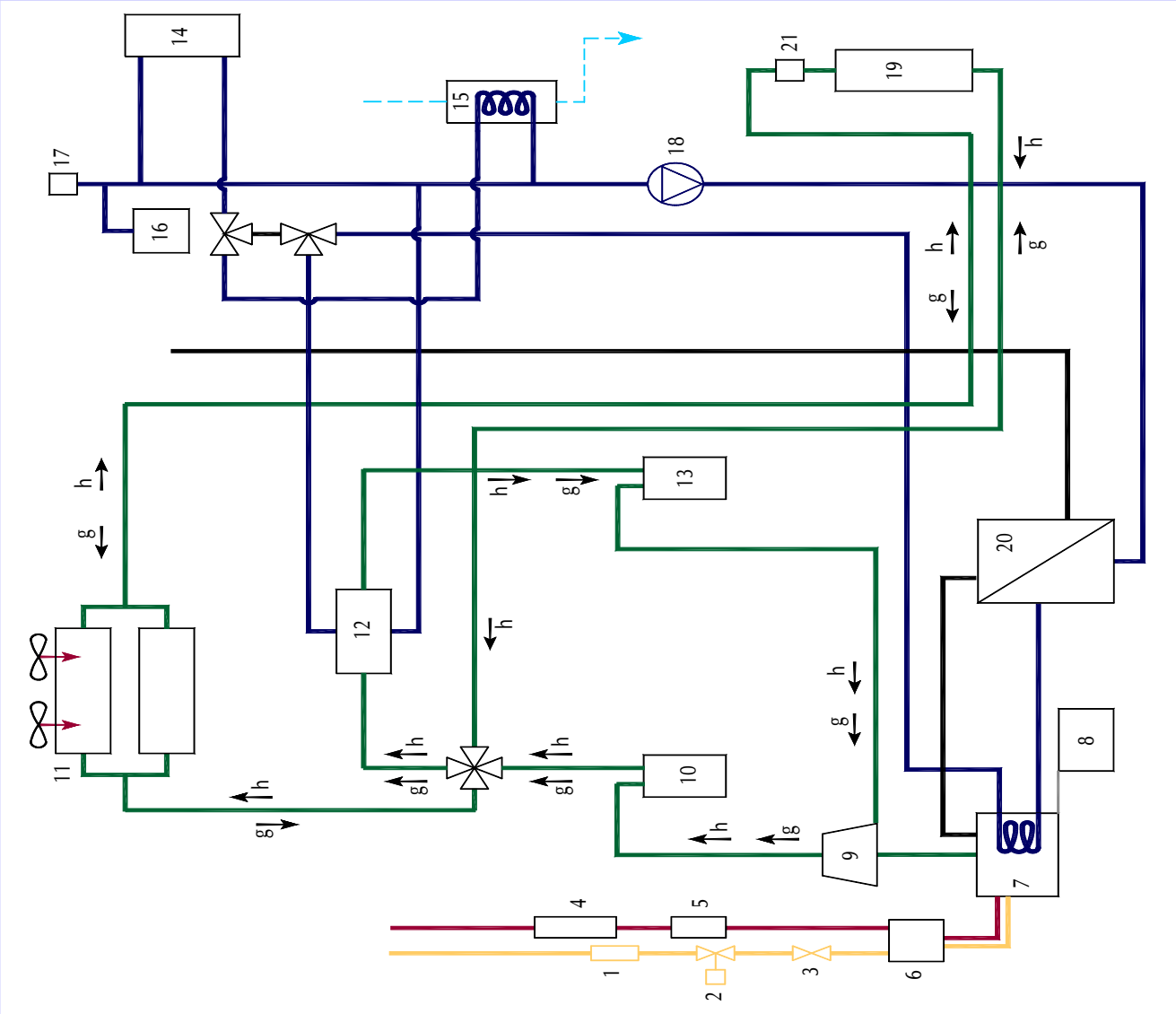
1985 – Testirano prvih 15 toplotnih pumpi s gasnim motorom

1987 – Toplotne pumpe s gasnim motorom pojavile se na japanskom tržištu

2007 – Pušten u pogon prvi sistem grijanja i klimatizacije sa motornim gasnim toplotnim pumpama u BiH (koliko je poznato i u bivšoj Jugoslaviji)

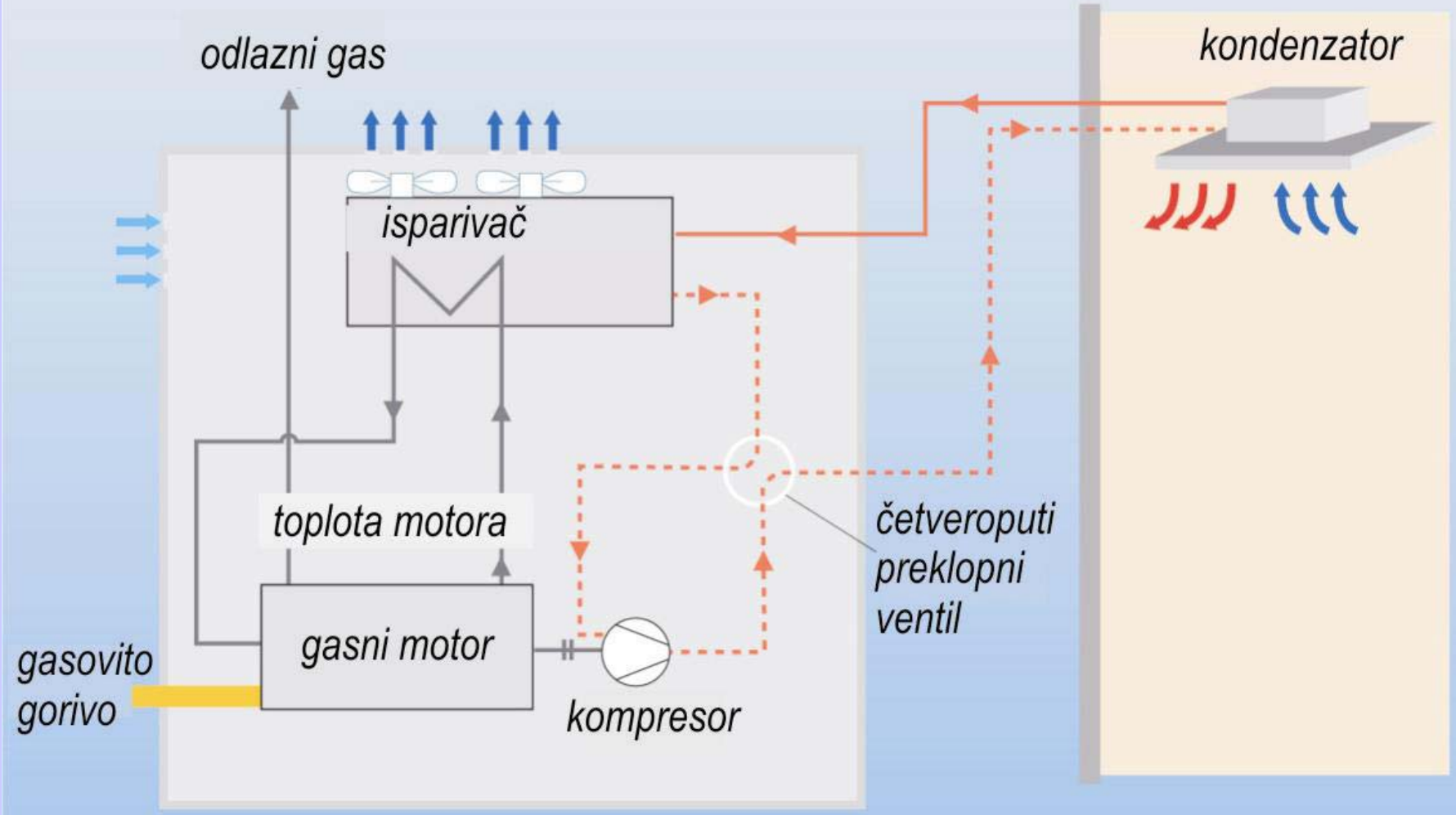

Odvođenje toplote
Mehanički kompresor
II
Radni medij
tečan
Kondenzator III
Ventil za
snižavanje
pritiska
IV
Kompresor
Gasni motor
Isparivač I
Radni medij
u parnom stanju
Dovođenje toplote


bez "toplotne pumpe"
A
B
sa "toplotnom pumpom"
A
B

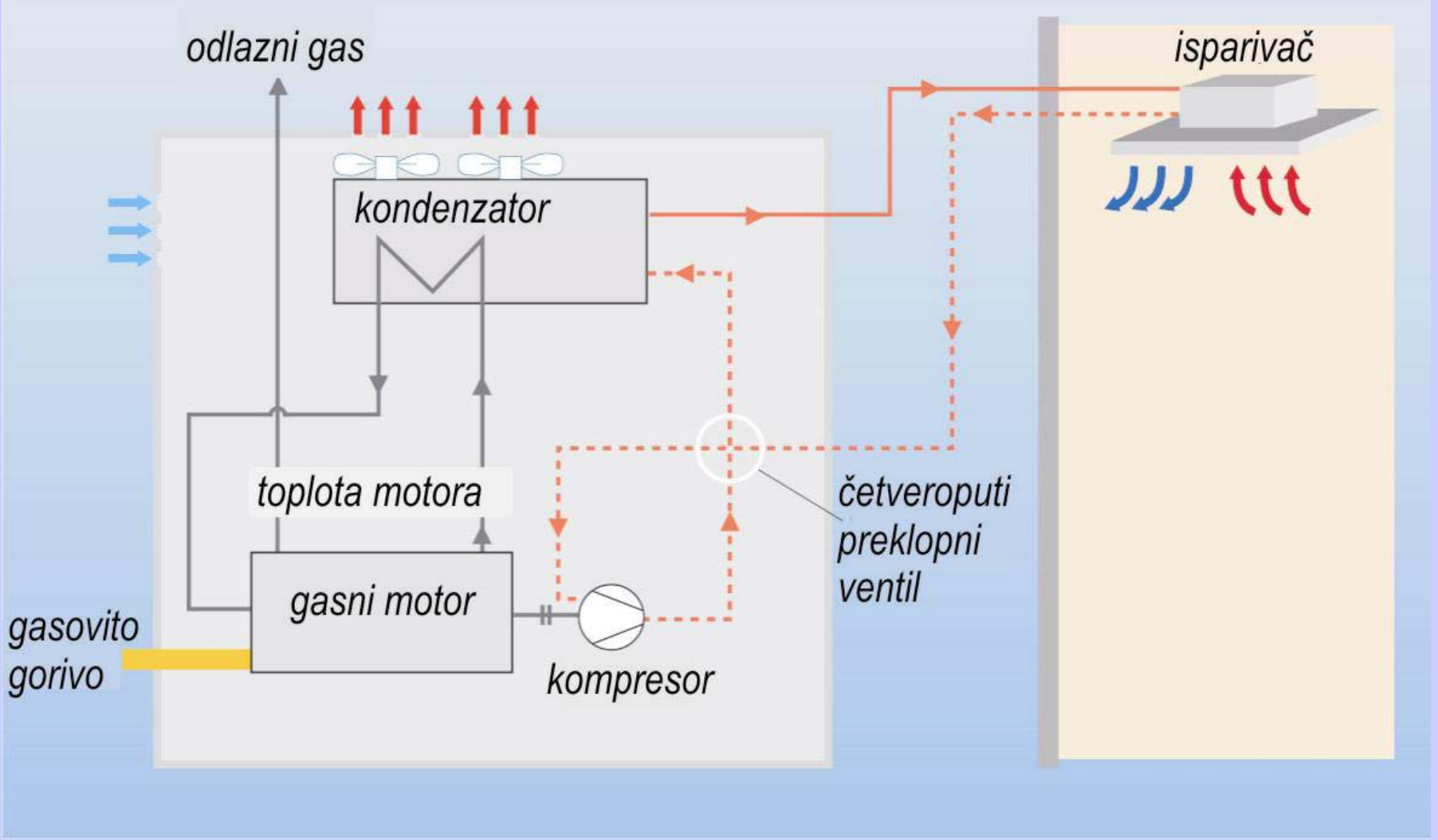


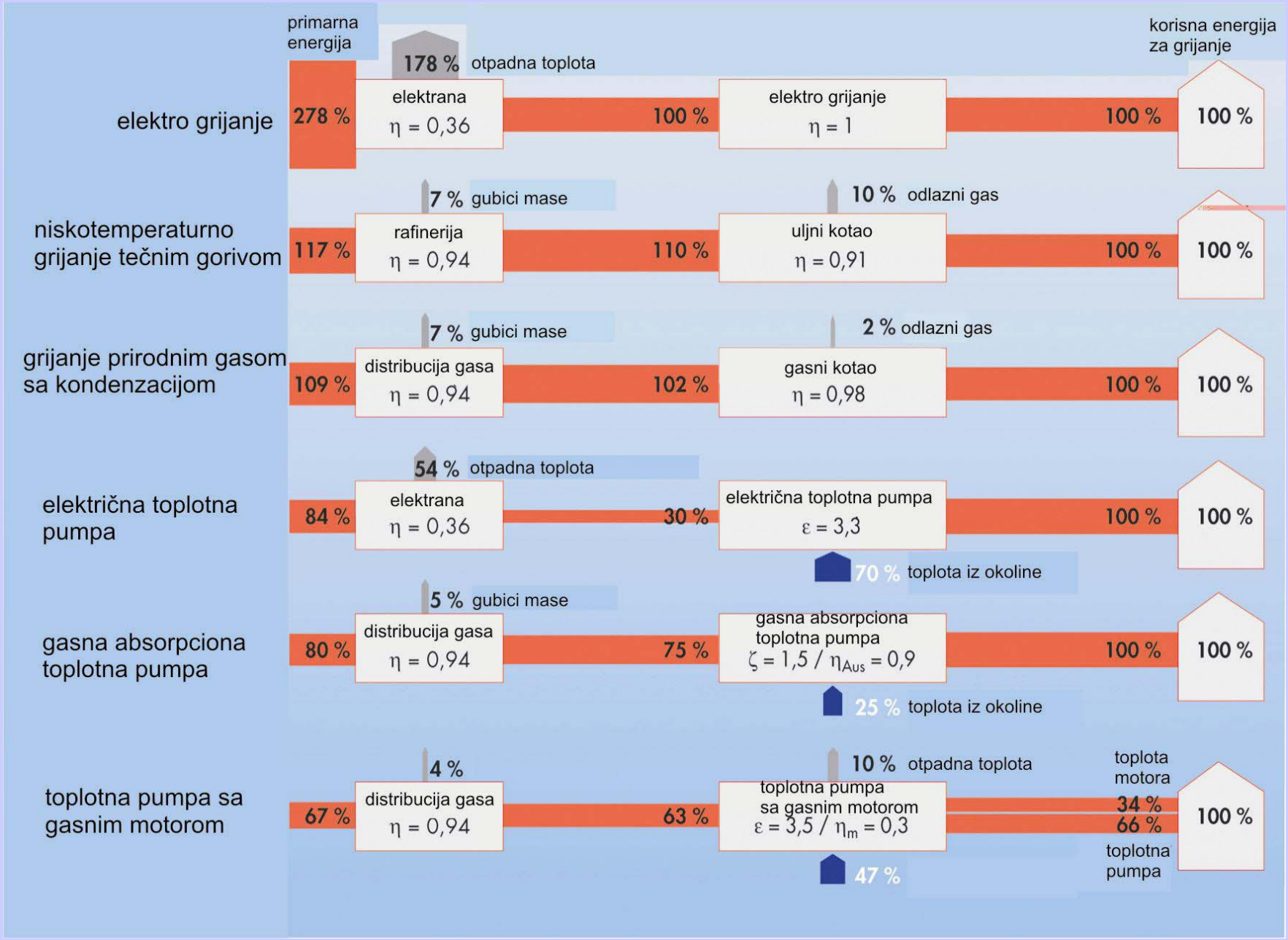
1. gasni filter
2. regulator pritiska gasa
3. EMV
4. air silencer
5. zračni filter
6. gas –air mixer
7. motor
8. rezervoar ulja
9. kompresor
10. odvajač
11. vanjska jedinica
12. izmjenjivač refridžerent/voda
13. odvajač
14. radijator
15. izmjenjivač voda/sanitarna voda
16. ekspanziona posuda
17. odzraka
18. pumpa
19. unutzrašnja jedinica
20. izmjenjivač produkti sagorijevanja/voda
21. ekspander

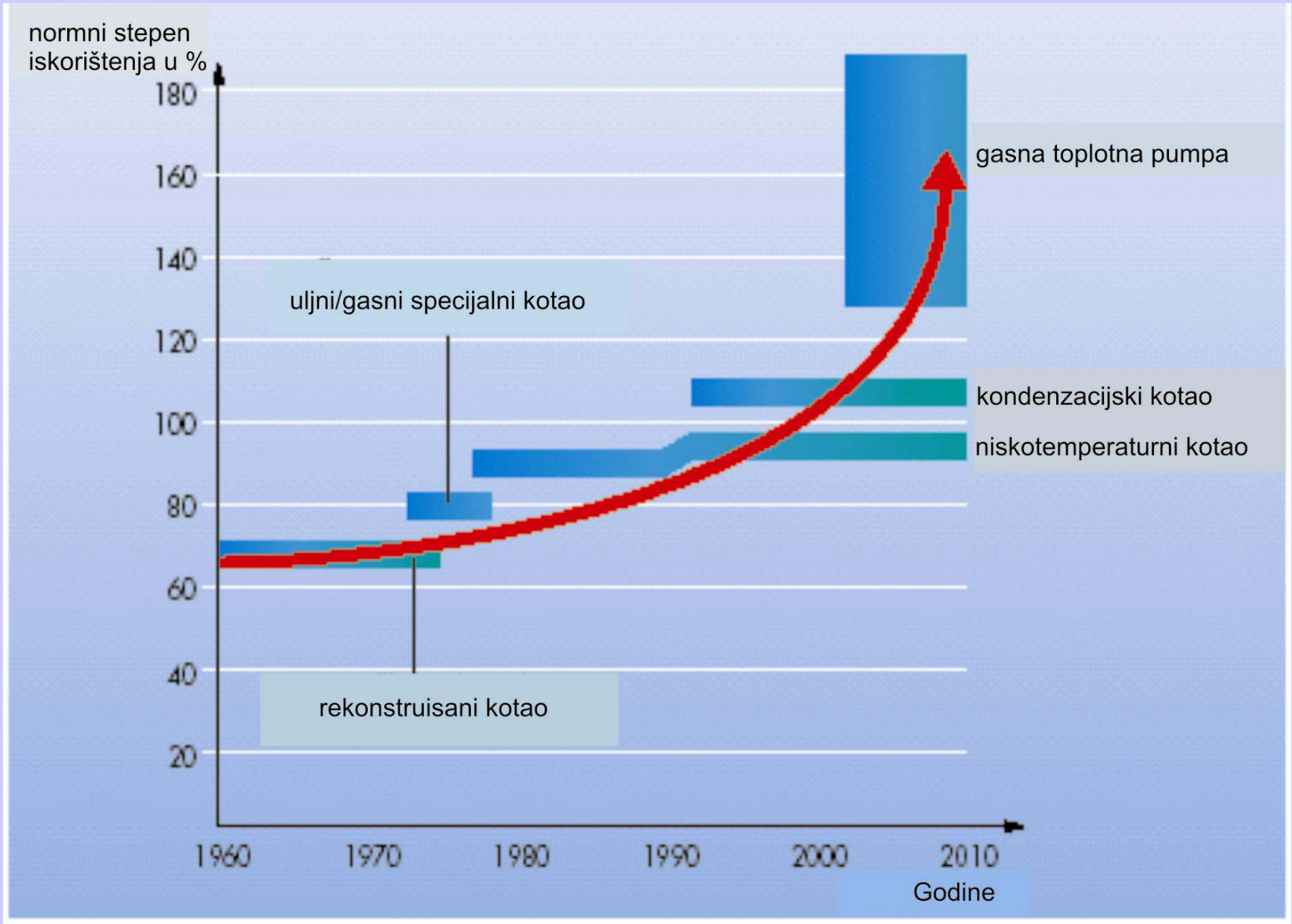
Gasni klima uređaj u režimu grijanja

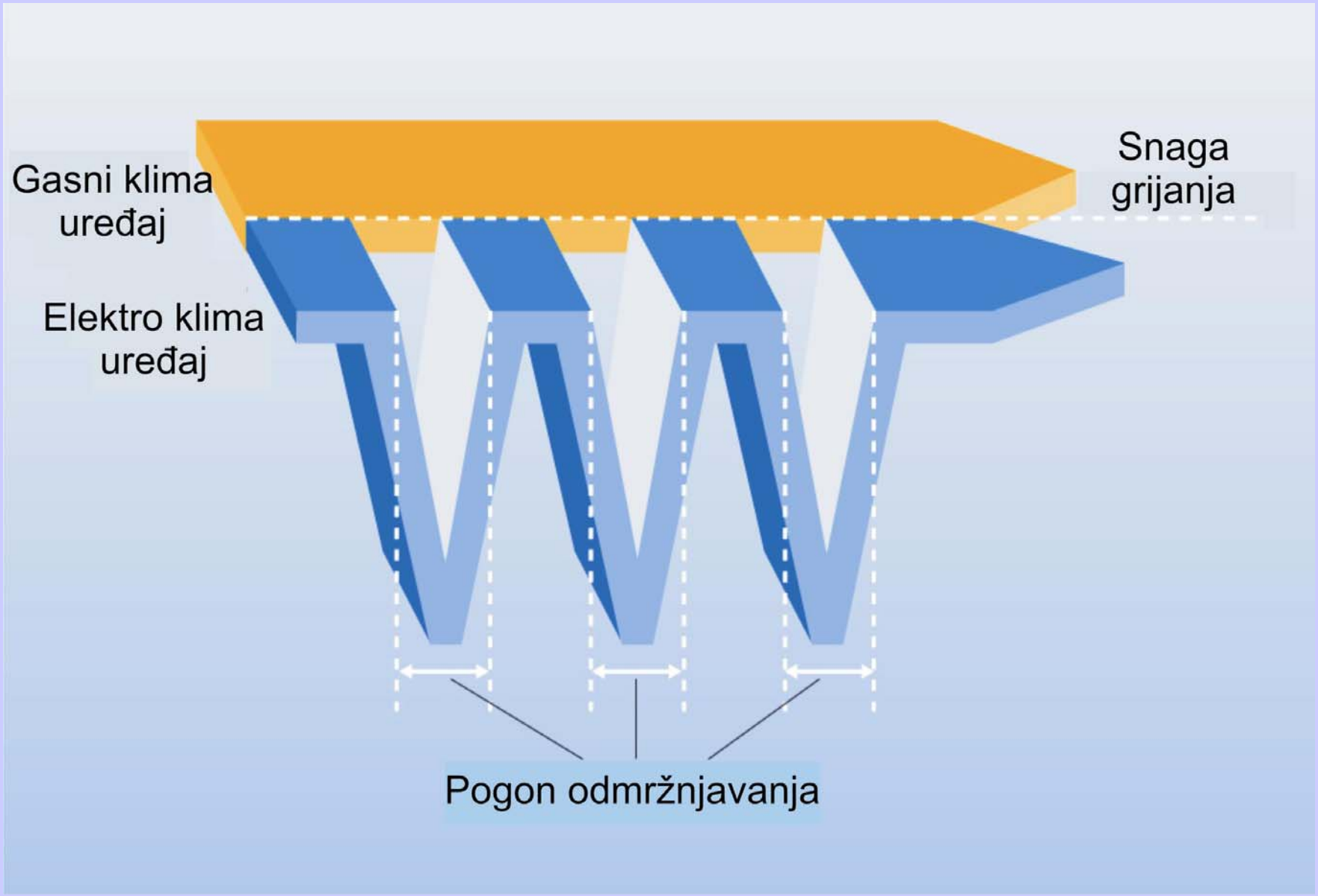


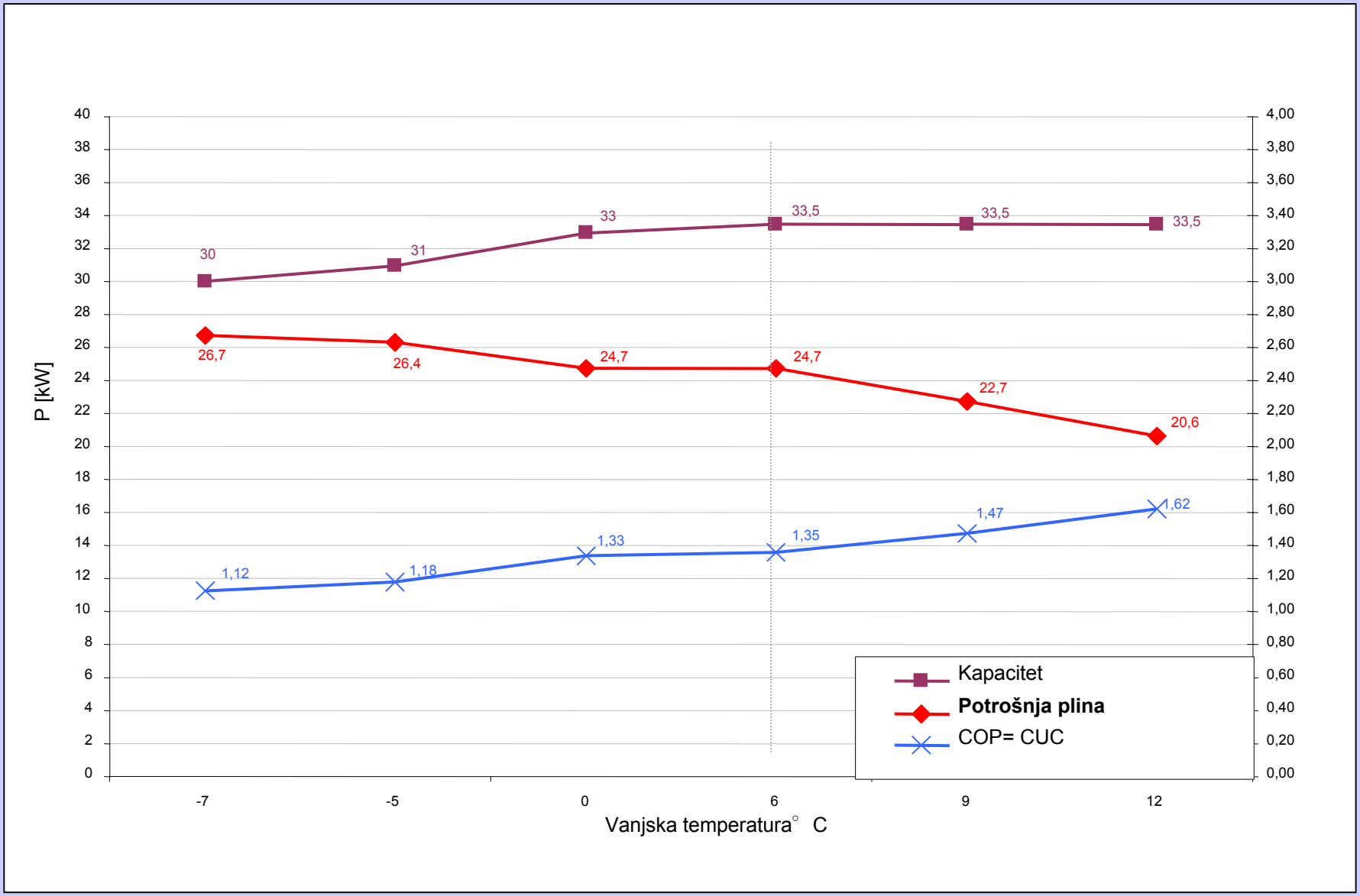
Gasni klima uređaj u režimu hlađenja




primarna energija
korisna energija za grijanje
elektro grijanje
278 %
178 % otpadna toplota
elektrana
η = 0,36
100 %
elektro grijanje
η = 1
100 %
100 %
niskotemperaturno grijanje tečnim gorivom
7 % gubici mase
10 % odlazni gas
117 %
rafinerija
η = 0,94
110 %
uljni kotao
η = 0,91
100 %
100 %
grijanje prirodnim gasom sa kondenzacijom
7 % gubici mase
2 % odlazni gas
109 %
distribucija gasa
η = 0,94
102 %
gasni kotao
η = 0,98
100 %
100 %
električna toplotna pumpa
54 % otpadna toplota
84 %
elektrana
η = 0,36
30 %
električna toplotna pumpa
ε = 3,3
100 %
100 %
70 % toplota iz okoline
gasna absorpciona toplotna pumpa
5 % gubici mase
80 %
distribucija gasa
η = 0,94
75 %
gasna absorpciona toplotna pumpa
ζ = 1,5 / ηAus = 0,9
100 %
100 %
25 % toplota iz okoline
toplotna pumpa sa gasnim motorom
4 %
10 % otpadna toplota
toplota motora
67 %
distribucija gasa
η = 0,94
63 %
toplotna pumpa sa gasnim motorom
ε = 3,5 / ηm = 0,3
34 %
66 %
100 %
toplotna pumpa
47 %


normni stepen
iskorištenja u %
180
160
140
120
100
80
60
40
20
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Godine
gasna toplotna pumpa
uljni/gasni specijalni kotao
kondenzacijski kotao
niskotemperaturni kotao
rekonstruisani kotao


Gasni klima uređaj
Snaga grijanja
Elektro klima uređaj
Pogon odmržnjavanja


P [kW]
Vanjska temperatura° C
Kapacitet
Potrošnja plina
COP= CUC
30
31
33
33,5
33,5
33,5
26,7
26,4
24,7
24,7
22,7
20,6
1,12
1,18
1,33
1,35
1,47
1,62
-7
-5
0
6
9
12

- Objekat slobodnostojeći prizemlje i dva sprata
- Površina jedne etaže cca 1200 m^2
- Prvi i drugi sprat se griju i hlade kompresionim plinskim toplotnim pumpama
- Visina stropova 3,6 m
- Prozori se ne otvaraju

		Ventilokonvektori (podni i parapetni)	**140.145 W**
Gubici toplote	**216.327 W**		
		Kanalske jedinice (u sistemu ventilacije)	**76.182 W**
		Ventilokonvektori (podni i parapetni)	**229.713 W**
Prilivi toplote	**257.034 W**		
		Kanalske jedinice (u sistemu ventilacije)	**27.821 W**

- Količina zraka koji se ubacuje cca 16.000 m^3 / h
- Količina zraka koji se izbacuje cca 14.000 m^3 / h
- Ventilacijski gubici u zimskom periodu cca 150.000 W
- Rekuperacijom se vraća cca 50 %

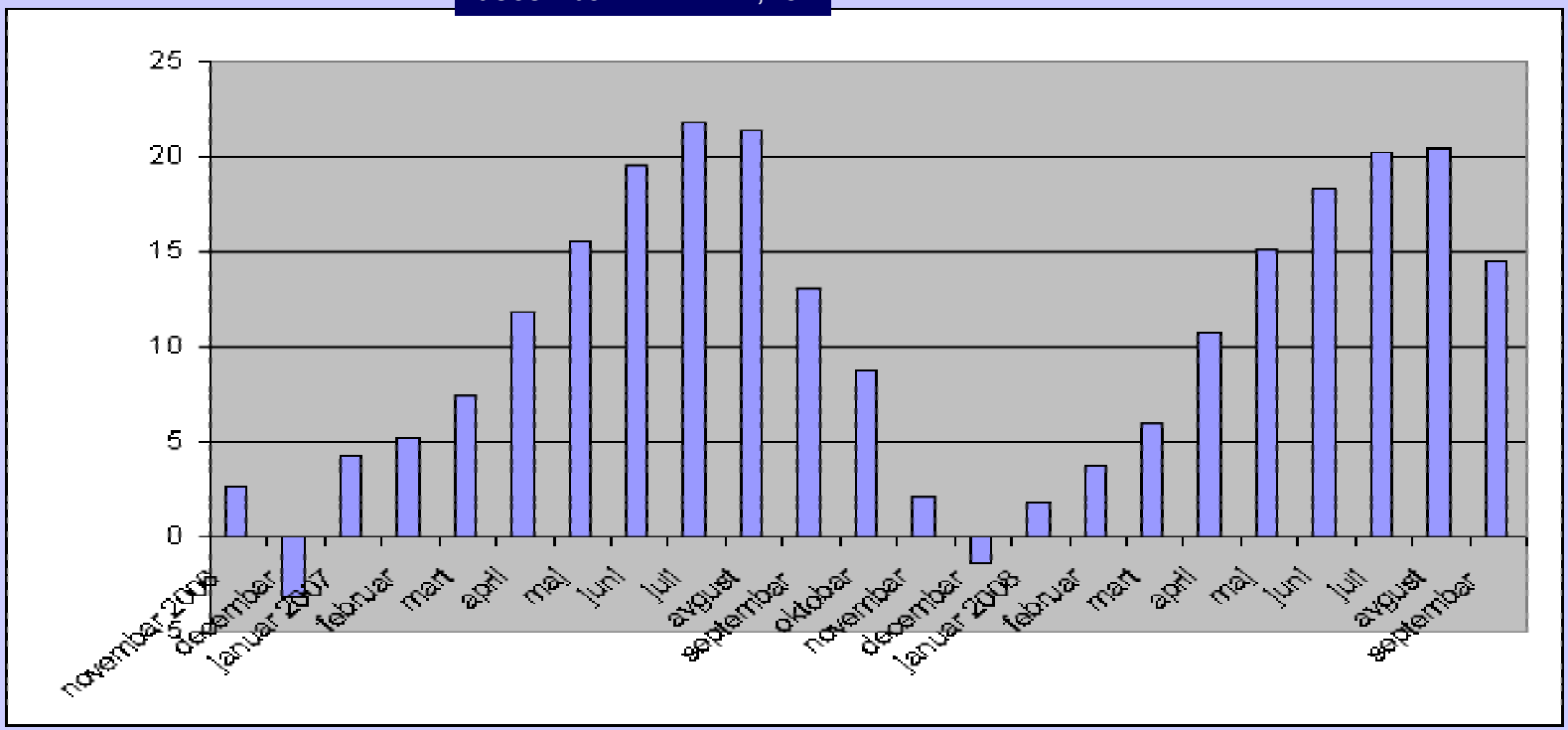


Prosječne mjesečne temperature

2006 god.	°C
novembar	2,71
decembar	-3,23

2007 god.	°C
januar	4,25
februar	5,24
mart	7,48
april	11,8
maj	15,5
juni	19,59
juli	21,77
august	21,4
septembar	13,09
oktobar	8,75
novembar	2,09
decembar	-1,43

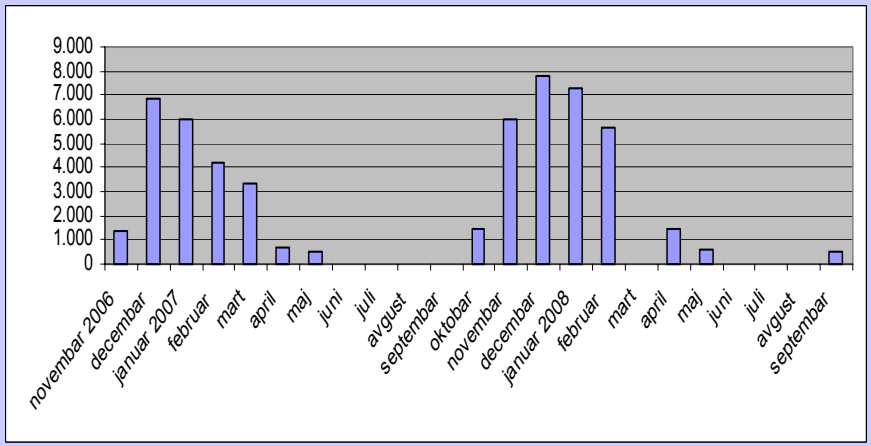
2008 god.	°C
januar	1,76
februar	3,72
mart	6
april	10,7
maj	15,1
juni	18,27
juli	20,2
august	20,39
septembar	14,5



Potrošnja plina

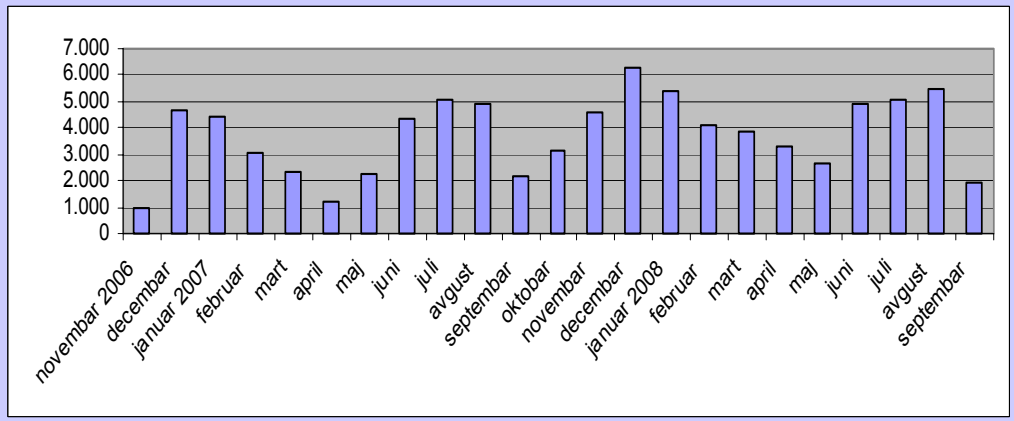
Plinski kotao+ el.rashladna mašina

novembar 2006	1.350
decembar	6.900
januar 2007	6.020
februar	4.240
mart	**3.320**
april	700
maj	500
juni	0
juli	0
avgust	0
septembar	0
oktobar	1.500
novembar	6.010
decembar	7.830
januar 2008	7.317
februar	5.623
mart	5,422
april	1500
maj	600
juni	0
juli	0
avgust	0
septembar	520



Kompresiona plinska toplotna pumpa

novembar 2006	998
decembar	4.693
januar 2007	4.391
februar	3.031
mart	2.341
april	1.204
maj	2.272
juni	4.313
juli	5.034
avgust	4.916
septembar	2.202
oktobar	3120
novembar	4.624
decembar	6.263
januar 2008	5.420
februar	4.105
mart	3.873
april	3.280
maj	2.688
juni	4.875
juli	5.108
avgust	5.450
septembar	1.950



Zaključci:

- Suvremene plinske toplotne pumpe prevazilaze problem smanjenja kapaciteta i prekid rada kod niskih temperatura, te se otvara mogućnost njihove masovne primjene.
- Plinske toplotne pumpe se postavljaju na otvorenom prostoru i isključuju potrebu izgradnje kotlovnice, dimnjaka i posebnih priključaka za električnu energiju, što u većini slučajeva kompenzira višu cijenu ovih uređaja od klasičnih kotlova i električnih rashladnih mašina.
- Korist od primjene plinskih toplotnih pumpi imaju plinske kompanije jer neposredno doprinose povećanju ukupne potrošnje plina i neposredno doprinose izravnavanju zimske i ljetne potrošnje.
- Korist od primjene plinskih toplotnih pumpi imaju korisnici jer se smanjuju izdaci za grijanje i hlađenje, što ovisi o klimatskim karakteristikama lokaliteta i cijenama plina i električne energije (u Sarajevu poslovni objekti za oko 30 %).
- Korist od primjene plinskih toplotnih pumpi imaju gradovi i države jer se smanjuje potrošnja energije i opterećenje okoliša.
- Plinske kompanije bi trebalo da kroz tarifnu politiku, edukaciju i marketing snažnije promovišu primjenu gasnih toplotnih pumpi.

UTVRĐIVANJE OŠTEĆENJA NA POLIMERNIM PLINOVODNIM CIJEVIMA I NJIHOVA SANACIJA

Prof.dr.sc. Pero Raos, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Stojšić Josip, dipl.ing., Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
Ravlić Anto, dipl.ing., Brod-plin d.o.o. Slavonski Brod

1 Uvod

Plinska goriva služe čovjeku za grijanje, pripremu sanitarne tople vode, kod tehnoloških procesa kao gorivo i sirovina, te su vrlo značajni u udjelu sveukupnih energetskih potreba. Visoko su zapaljiva, eksplozivna i otrovna, te pri eksploataciji zahtijevaju povećanu pažnju. Kod održavanja i eksploatacije prirodnog plina mogući su razni izvori opasnosti koji mogu negativno djelovati na čovječji organizam i materijalna dobra.

Prilikom izgradnje i eksploatacije polietilenskog plinovodnog cijevnog sustava za distribuciju i transport prirodnog plina dolazi do oštećenja koja vremenom postaju propusna, a samim time opasna za imovinu i živote ljudi.

2 Polietilenske plinovodne cijevi

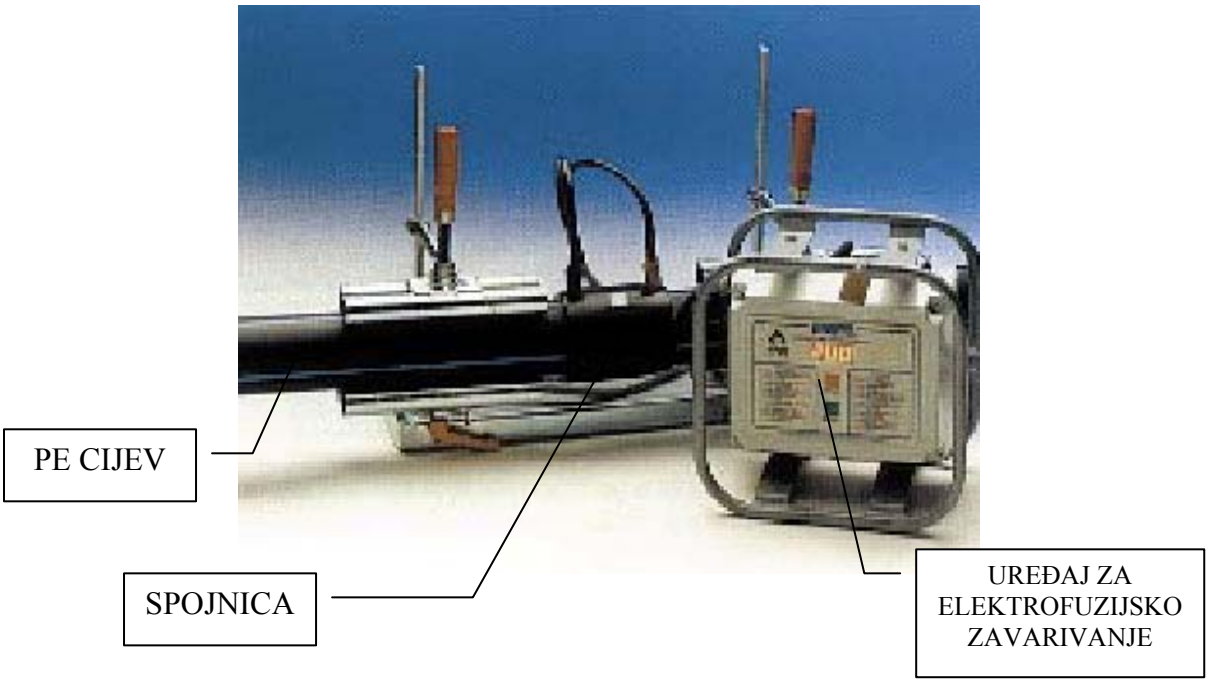
U odnosu na čelične cijevi, polietilenske cijevi imaju manju masu, odnosno gustoću, fleksibilnije su, postoji mogućnost njihova namatanja na kolut, a za razliku od čeličnih cijevi, postojane su na koroziju. Unutarnja i vanjska stjenka cijevi su glatke, nema potrebe za katodnom zaštitom, spajaju se jednostavno, a sam postupak spajanja je uz to i jeftin. Osim toga, polietilenske cijevi su manje osjetljive na pomicanje zemlje, a sveukupni troškovi instaliranja su niži nego kod postavljanja čeličnih cijevi.

Nedostatci polietilenskih cijevi u odnosu na čelične uključuju njihovu veću osjetljivost na temperaturne promjene, manju otpornost na mehanička oštećenja, veću podložnost ovalnosti, ulegnućima i stvaranju brazda po površini cijevi, te veću osjetljivost na UV zračenje.

Klasificiranje različitih tipova polietilenskih materijala za proizvodnju cijevi najčešće se provodi prema normi ISO 12162/ISO 9080 na temelju ispitivanja tzv. trajne hidrostatske čvrstoće (*MRS, e. minimum required strength*). Tako se za tip polietilena PE 63 zahtjeva *MRS* minimalno 6,3 MPa, za tip PE 80 minimalno 8 MPa, a za tip PE 100 minimalno 10 MPa.

3 Zavarivanje polietilenskih plinovodnih cijevi

Zavarivanje je spajanje plastomernih tvorevina djelovanjem pritiska i topline s uporabom ili bez uporabe dodatnog materijala. Kod svih postupaka zavarivanja plastomera pravilnu provedbu procesa čine tri čimbenika: precizno određena temperatura za određeni materijal, ispravan pritisak i brzina zavarivanja. Od mnogobrojnih postupaka zavarivanja najučestaliji prilikom zavarivanja polietilenskih plinovodnih cijevi je elektrofuzijsko zavarivanje.Oprema za elektrofuzijsko zavarivanje prikazana je na slici 1.



Slika 1 Oprema za elektrofuzijsko zavarivanje cijevi

Elektrofuzijsko zavarivanje je postupak zavarivanja kod kojega se dva kraja PE spajaju pomoću standardnog spojnog elementa, uz djelovanje toplinske energije koju daje izvor struje
za zavarivanje. Izvor struje priključuje se na električnu struju gradske mreže ili na agregat (u slučaju kada nije dostupna električna struja iz gradske mreže). U spojnom elementu nalaze se zavoji elektrootporne žice kroz koju protječe električna struja u određenom vremenu i koja se tijekom procesa zavarivanja zagrijava i daje toplinsku energiju potrebnu za elektrofuzijsko zavarivanje. Proces zavarivanja je potpuno automatiziran i vođen upravljačkom jedinicom u sklopu izvora struje za zavarivanje. Parametri zavarivanja su unaprijed programirani i odabiru se ovisno o karakteristikama spojnog elementa. U slučaju bilo kakovih odstupanja u pogledu provedbe parametara zavarivanja tijekom zavarivanja (npr. oscilacija ulaznih vrijednosti struje), proces zavarivanja se prekida i uređaj prijavljuje odgovarajuću pogrešku.

4 Oštećenje i detekcija oštećenja plinovoda

Polimerni materijali danas su prevladavajući u izradi cijevi u komunalnoj i industrijskoj uporabi za plin, vodu i odvodnju. Predviđeno i normama propisano vrijeme uporabe novih neoštećenih polietilenskih plinovoda jest 50 godina. Nove testirane cijevi su nepropusne, a problem propuštanja (prijevremenog otkaza konstrukcije) moguć je i zbog nepravilne ili nepažljive ugradnje cijevi u tlo. Često su oštećenja cijevi posljedica raznih raskopavanja u okolini plinovoda (slika 2). Mehanička oštećenja cijevi dovode do trenutnog puknuća cijevi ili uzrokuju zarezna oštećenja raznih oblika i veličina koja za posljedicu imaju propagaciju oštećenja tijekom određenog vremena sve do konačnog otkaza (puknuća cijevi).



a)



b)

Slika 2 Mehaničko oštećenje cijevi prilikom raskopavanja mjesta iznad plinovoda
(a- mehaničko oštećenje cijevi, b-mehaničko oštećenje sedla priključka)



Slika 3 Prikaz unutrašnjosti oštećene plinovodne cijevi

Da bi se otkrilo oštećenje plinovoda postoje metode detekcije plina koje se mogu podijeliti u dvije skupine:

- Vizualne metode
- Metode mjerenja propuštanja plinom odgovarajućim uređajem

Od vizualnih metoda najznačajnije su kontrola promjene na vegetaciji u blizini plinovoda (slika 4), te vizualna kontrola uz upotrebu pjenušavog sredstva (slika 5), gdje nam mjehurići pjenušavog sredstva otkrivaju istjecanje plina iz oštećenog dijela cjevovoda.

Primjer jednog lociranja i saniranja oštećenja lokalnog plinovoda u ul. Dubravčića je prikazan na slici 4 i 5. Vizualnom metodom gdje je utvrđeno značajno oštećenje travnjaka ispod kojega se nalazio plinovod utvrđeno je istjecanje plina.

Otkapanjem plinskog priključka jednog domaćinstva utvrđeno je uz upotrebu sapunice propuštanje plina na kapi sedla. Koja je zatim zamijenjena novom i pri zakopavanju priključka obilježeno je mjesto sa upozoravajućom trakom za plin kao preventivno djelovanje od mogućeg mehaničkog oštećenja prilikom raskopavanja mjesta iznad plinovoda (slika 7).



Slika 4 Lociranje curenja plinovoda u ul. Dubravčića 29 u S.Brodu



Slika 5 Propuštanje plina na kapi sedla spoja cijevi



Slika 6 Uređaj za mjerenje propuštanja plina



Slika 7 Obilježavanje mjesta saniranja upozoravajućom trakom

Propuštanje plina se osim vizualne metode može utvrditi i posebnim uređajima za detekciju plina (slika 6). Uređaj detektira postojanje etana, jednostavan je za uporabu a dobivene vrijednosti se mogu pohraniti.

Literatura

1. Šercer M.: Polietilen - optimalan materijal za plinske cijevi, 1.stručni skup o prirodom plinu, Osijek, 2003.
2. Samardžić I.; Raos P.; Klarić Š.: Monitoring parametara elektrofuzijskog zavarivanja PE-HD cijevi, 4.Skup o prirodnom plinu, Osijek, 2006.

POGREŠKE PRILIKOM GRAĐENJA PLINOVODA

Mr. sc. Zlatko Tonković[1], Prof. dr. sc. Pero Raos[2], Prof. dr. sc. Mladen Šercer[3],

[1] HEP-Plin d.o.o. Osijek
[2] Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu
[3] Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Prilikom izgradnje i eksploatacije plinovodnog cijevnog sustava za distribuciju prirodnog plina u naseljima Podravska Moslavina, Krčenik, Ivanovo, Cret Viljevački i Viljevo nije se u potpunosti poštivala tehnologija građenja iz čega proizlazi problem zaostale vode u istom.

Do pogreške je došlo jer se prilikom izgradnje plinovoda nije vodilo računa o zatvaranju krajeva nedovršenog plinovoda s pomoću čepova ili kapa po završetku radnog vremena.

Problem je uočen pri temperaturama nižim od 0 °C kada su se filtri i regulatori u kućnim mjerno regulacionim stanicama počeli smrzavati i na taj način onemogućili korištenje prirodnog plina kućanstvima plinoopskrbnog područja u naseljima Podravska Moslavina i Krčenik.

Kao posljedica navedenog HEP-Plin d.o.o., Pogonski ured Donji Miholjac je u razdoblju od 2000.do 2008. imao neuobičajeno veliki broj intervencija. U spomenutom je razdoblju bilo čak 1997 intervencija na kućnim regulacionim stanicama (odmrzavanje filtra i regulatora) pri čemu je važno napomenuti da u naseljima Podravska Moslavina i Krčenik ukupno ima 60 potrošača prirodnog plina.

Na slici 1. prikazan je regulator tlaka koji začepljen ledom prekida isporuku prirodnog plina potrošačima.



Slika 1. Regulator tlaka začepljen ledom

Problem je zahtijevao brzo i efikasno rješenje u prvom redu zbog dugotrajnog nezadovoljstva potrošača u naseljima Podravska Moslavina i Krčenik.

Stanje plinovodne mreže prije rješavanje problema je bilo sljedeće:

- Plinovod od polietilena PE 100 pri tlaku prirodnog plina od 3 bara uz prisustvo veće količine vode,
- Ugrađeni kondenzacijski lonci bez pregrade koji omogućuju prijenos vode po cijeloj plinovodnoj mreži.

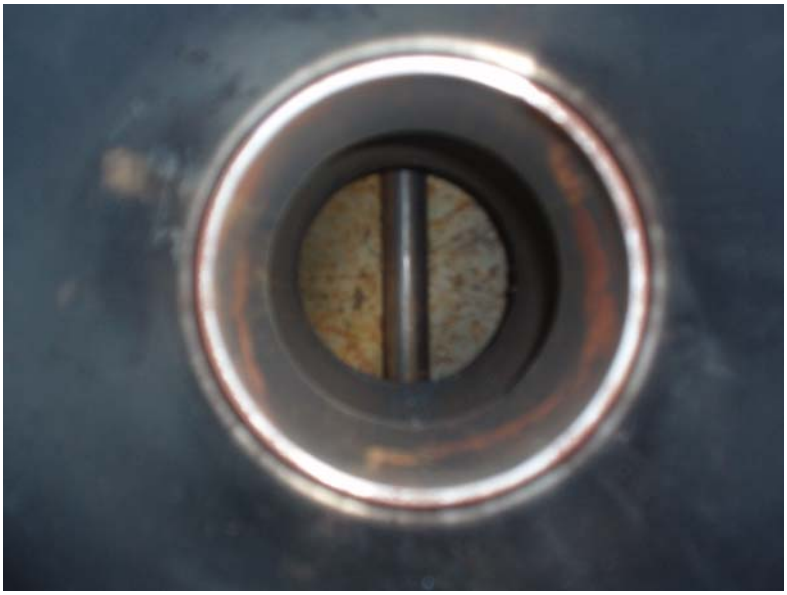
Prijedlog rješenja problema:

- Ugraditi četiri kondenzacijska lonca s pregradom na odabrana mjesta na plinovodnoj mreži s pretpostavkom da se brzina vode prilikom udara u pregradu smanjuje na 0 m/s,
- Na trideset krajeva plinovodne mreže ugraditi priključke (ubušiti ih s donje strane cijevi)

Slikama 2. i 3. prikazan je kondenzaciji lonac u fazi izrade.



Slika 2. Kondenzacijski lonac u fazi izrade



Slika 3. Dio konstrukcije kondenzacijskog lonca

Na slici 4. prikazano je postavljanje kondenzacijskog lonca na plinovodnu mrežu.



Slika 4. Postavljanje kondenzacijskog lonca na plinovodnu mrežu

Slika 5. prikazuje izradu priključaka na krajevima plinovoda (ubušuju s donje strane plinovoda).



Slika 5. Ubušivanje priključka

Odvajanje vode od prirodnog plina u dijelu plinovodne mreže kao rezultat ugradbe kondenzacijskog lonca s pregradom prikazano je slikom 6.



Slika 6. Odvajanje vode od prirodnog plina s pomoću kondenzacijskog lonca

Na slikama 7. i 8. prikazano je odvajanje vode od prirodnog plina kao rezultat ugradbe priključaka ubušenih s donje strane plinovoda.



Slika 7. Odvajanje vode od prirodnog plina s pomoću priključka



Slika 8. Odvajanje vode od prirodnog plina s pomoću priključka na KRS-i (kućnoj mjerno regulacionoj stanici)

Postupak odvajanja zaostale vode u plinovodu primjenom kondenzacijskog lonca s pregradom i ugrađenim priključcima na krajevima plinovoda (ubušenim s donje strane plinovodne cijevi) trajao je 20 dana. Dnevni proces odvajanja vode od prirodnog plina u plinovodnoj mreži u naseljima Podravska Moslavina i Krčenik trajao je sat vremena, a odvijao se na način da se pod pritiskom prirodnog plina, pri tlaku od 3 bara i u količini 1000 m^3/h, voda usmjerila prema pregradama novo ugrađenih kondenzacijskih lonaca.



PERSPEKTIVE RAZVOJA ENERGETIKE

Akademik Božo Udovičić

PERSPEKTIVE RAZVOJA ENERGETIKE

- RAZVOJ I ODRŽIVI RAZVOJ
- ENERGETSKE PERSPEKTIVE I MOGUĆNOSTI ZADOVOLJENJA
- ZAŠTITA OKOLIŠA I PROBLEM LOKACIJA

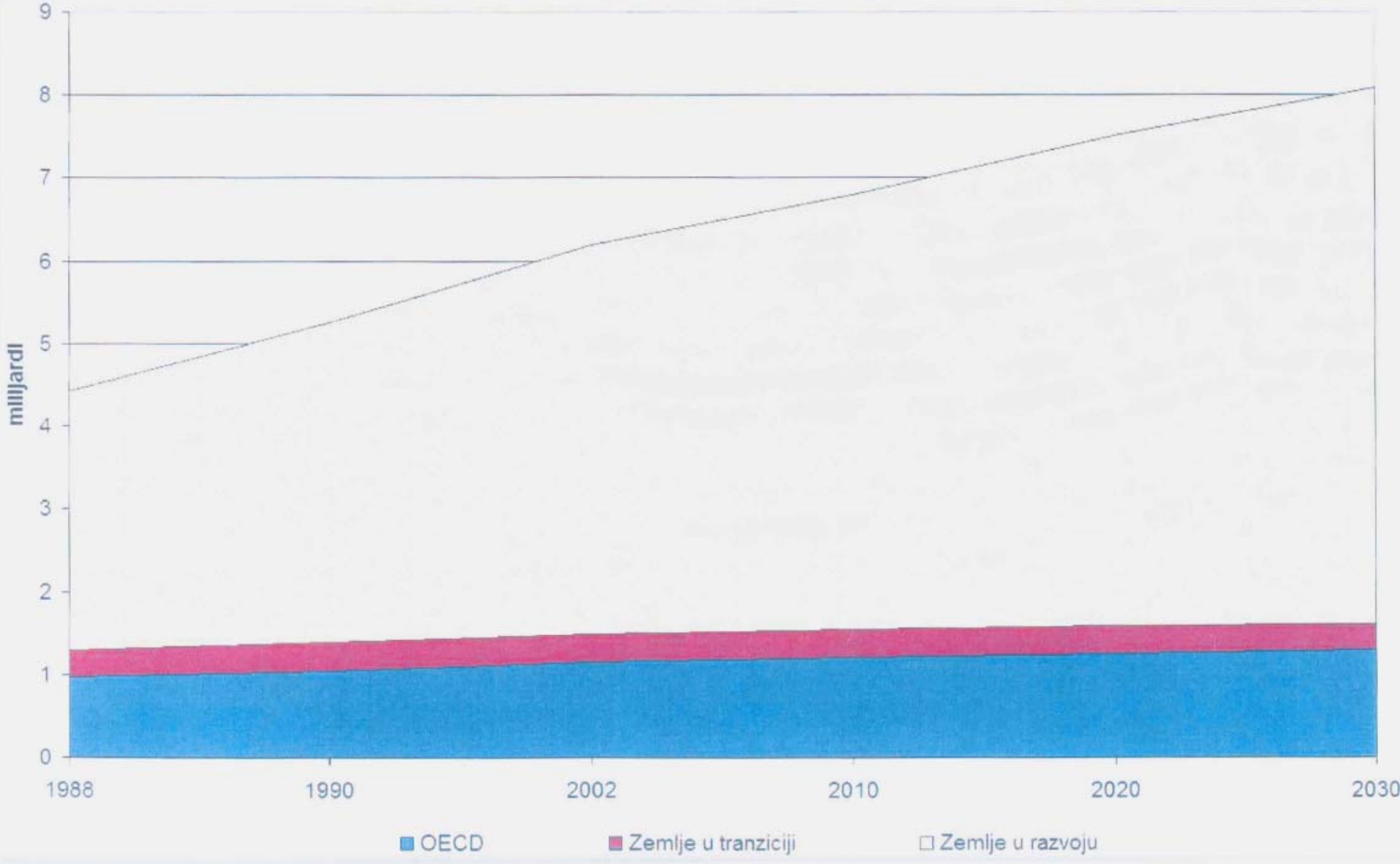
RAZVOJ I ODRŽIVI RAZVOJ

- DANAŠNJE STANJE RAZVIJENIH I NERAZVIJENIH
- TEHNOLOGIJE, KAPITAL, ENERGIJA I SIROVINE
- STANOVNIŠTVO I ZAPOŠLJAVANJE

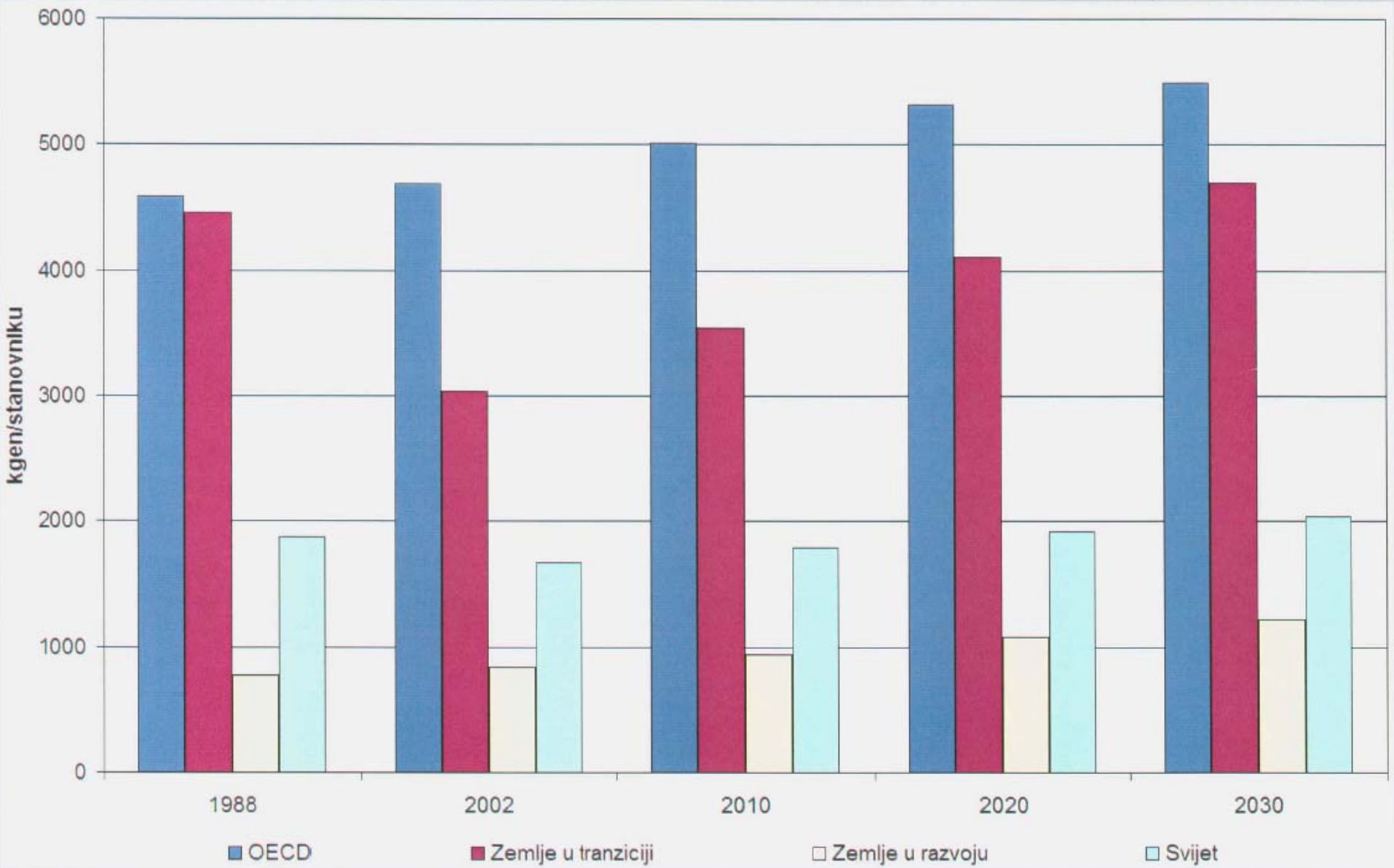
DANAŠNJE SAGLEDAVANJE STANJA

- PROBLEM POPULACIJE
- OGRANIČENOST RESURSA
- IMPERATIV RAZVOJA
- NOVE TEHNOLOGIJE
- ZAŠTITA OKOLIŠA

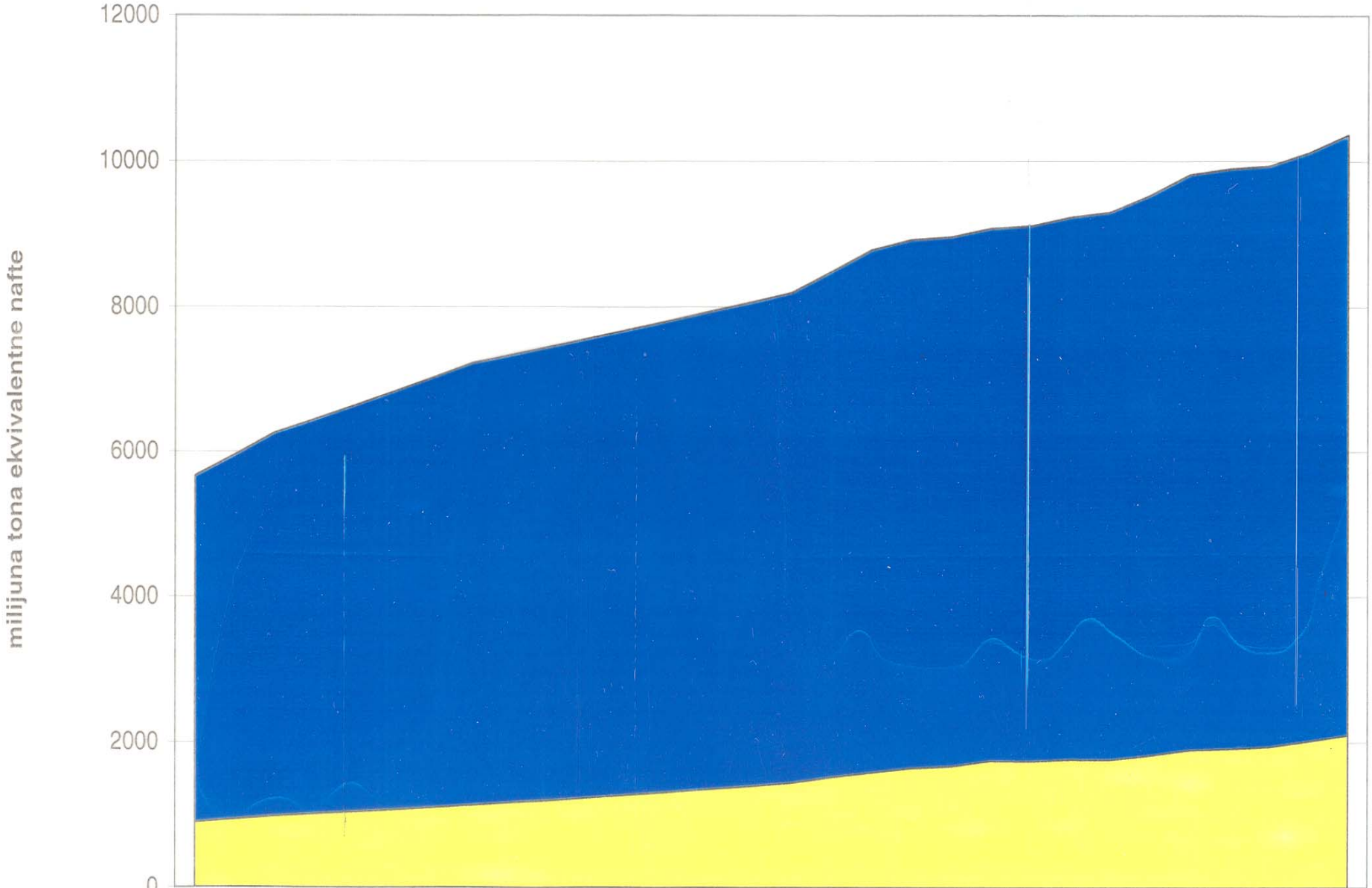
Broj stanovnika u Svijetu



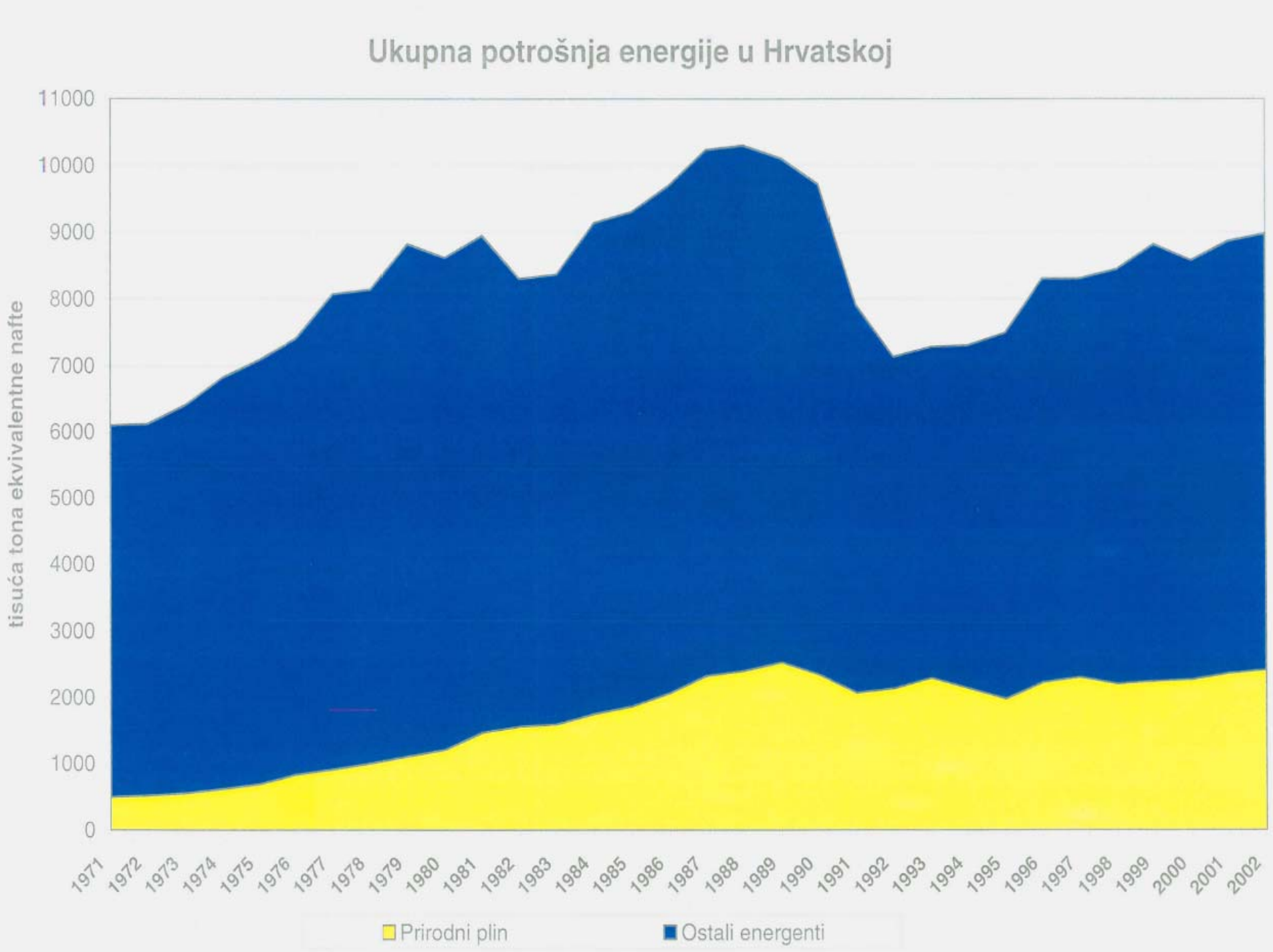
Potrošnja energije po glavi stanovnika



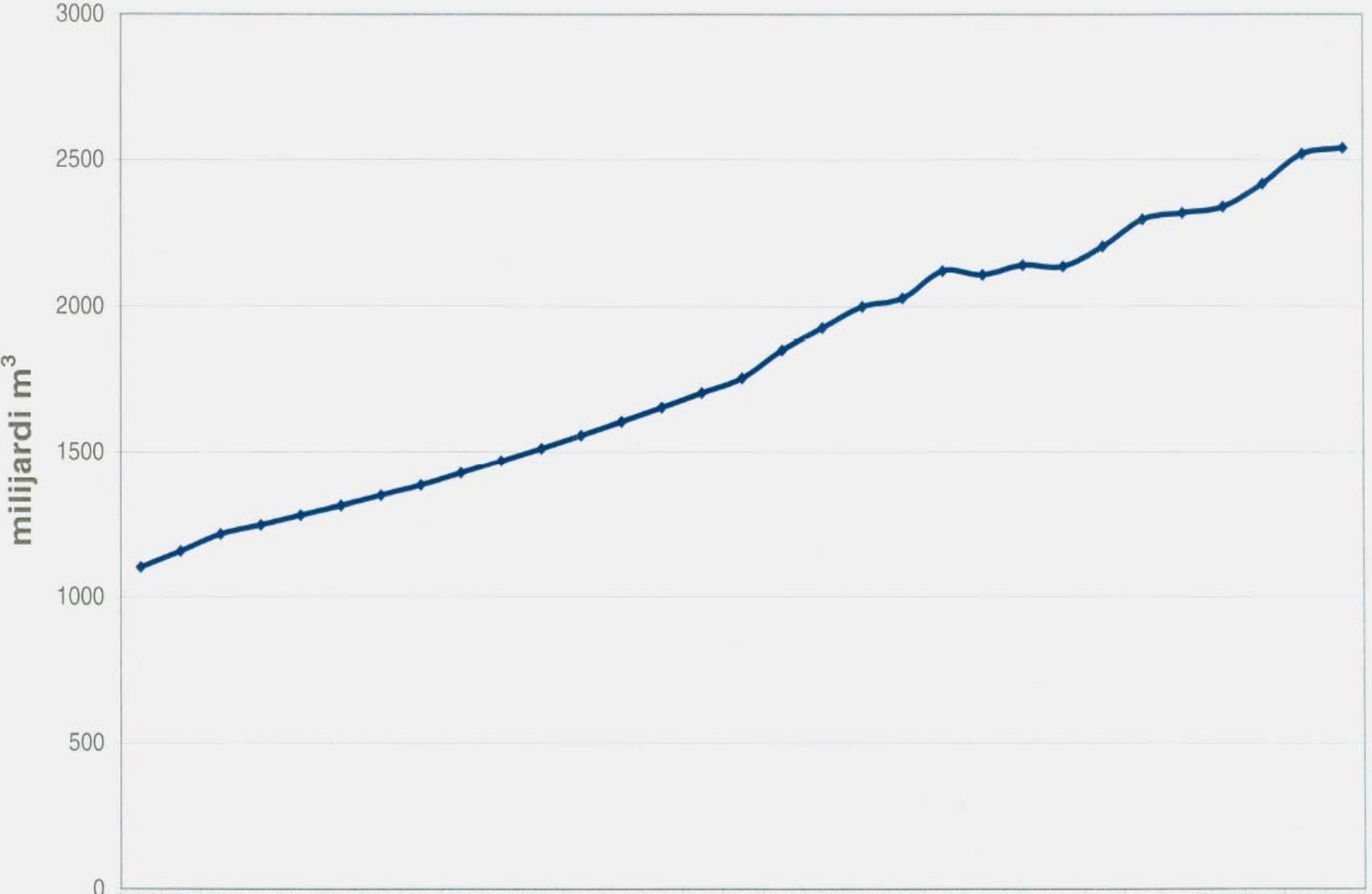
Ukupna potrošnja energije u Svijetu



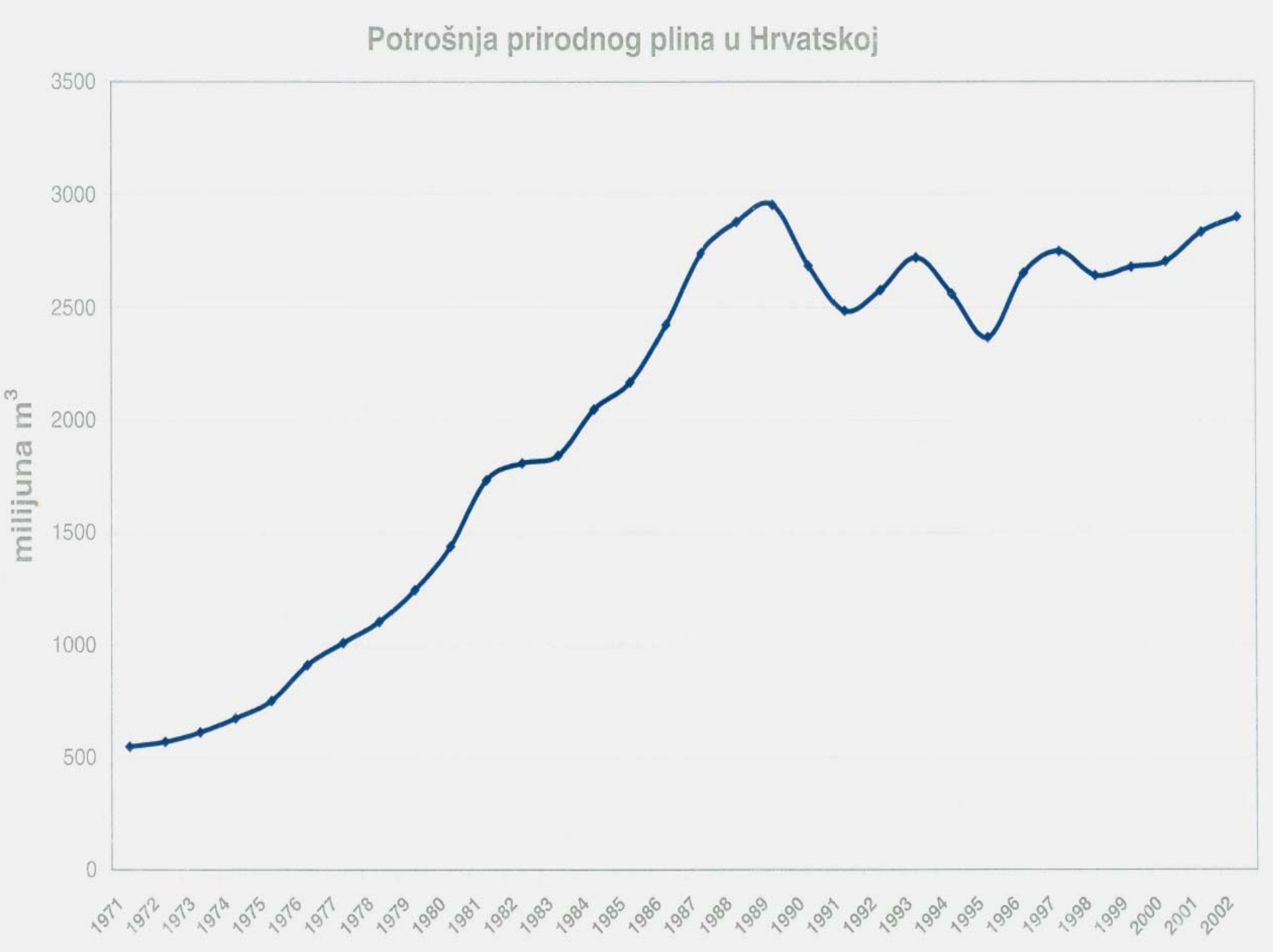
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Ostali energenti	4764	5013	5275	5428	5586	5749	5916	6089	6169	6250	6331	6414	6497	6581	6666	6751	6964	7194	7274	7290	7328	7371	7464	7536	7710	7916	7978	7994	8098	8265
Prirodni plin	895	937	980	1009	1039	1069	1101	1134	1168	1204	1241	1279	1318	1358	1400	1443	1522	1586	1647	1671	1749	1739	1767	1764	1821	1898	1916	1940	2018	2101


Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj
tisuća tona ekvivalentne nafte
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
Prirodni plin
Ostali energenti

Potrošnja prirodnog plina u Svijetu



	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ukupno	1101	1156	1214	1246	1279	1313	1348	1383	1425	1468	1512	1558	1605	1653	1703	1754	1850	1927	2000	2029	2122	2109	2143	2138	2205	2298	2319	2341	2418	2520	2540


Potrošnja prirodnog plina u Hrvatskoj
milijuna m3
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002

POTREBE ZA ENERGIJOM

- ZA SVAKI RAZVOJ TREBA OSIGURATI ENERGIJU
- PRIRODNI RESURSI I NJIHOV RASPORED
- REZERVE OBLIKA ENERGIJE

VAŽNOST ENERGIJE ZA SIGURNOST ZEMLJE (DRŽAVE)

- Ako nešto ne poduzmemo naša će zemlja postati ovisnija o stranoj sirovoj nafti, stavljajući tako našu nacionalnu energetsku sigurnost u ruke stranih država od kojih neke neće imati interesa kao i mi.

- Stoga se drugi dio našeg energetskog plana treba odnositi na proširenje i diverzifikaciju novih izvora energije. Diverzifikacija je važna, ne samo zbog energetske sigurnosti, nego i zbog nacionalne sigurnosti.

ZAŠTITA OKOLIŠA I PROBLEM LOKACIJA

- **A. GRUBA PODJELA ZAGAĐIVAČA**
  - PRIRODNI ZAGAĐIVAČI (SVE VRSTE OTPADAKA, A NAJVEĆI SU OTPADNE VODE)
  - MINERALI (ŽIVA, KADMIJ, CINK I DRUGI TEŠKI METALI)
  - IZGARANJE GORIVA (EMITIRA RAZLIČITE OTROVNE PLINOVE, A NAJOPASNIJE POPRATNE POJAVE SU: FOTOKEMIJSKI SMOG, KISELE KIŠE, EFEKT STAKLENIKA, RADIJACIJA I DR.)
  - UPOTREBA KEMIKALIJA (OKO 80 000 RAZNIH KEMIKALIJA)
- **B. PROBLEMI ZAŠTITE OKOLIŠA**
  - LOKALNI
  - REGIONALNI (provoditi od čovjeka prema otmosferi, a ne obratno)
  - GLOBALNI
- **C. PROBLEM LOKACIJA**

NAPOMENE

- *Ograničenost resursa, korištenje svih oblika energije uz uvažavanje energetsko-ekološko-ekonomskih kriterija*
- *Odvojiti struku od politike, struka mora biti podloga politici. Danas nemamo ni struku ni politiku!*
- *Primjer za navedeno je trgovina polutantima koja je sve samo ne humana. Kako će onaj koji nema ni hrane ni vode, koji umire od gladi kupiti kvotu polutanata od onoga koji vozi jahte, avione i raspolaže ogromnim bogatstvom?*
- *Plin - zbog njegove važnosti (upotreba u kemiji, farmaciji, umjetna gnojiva te dobivanje vodika) za direktno dobivanje topline i s visokim stupnjem djelovanja*
- *Zbog navedenog moralni je imperativ da naše djelovanje u sadašnjosti bude takvo da njegovi učinci ne budu razorni za buduću mogućnost života, da ne upropastimo svijet i solidarnost ljudi s njim…*

HVALA NA POZORNOSTI

