

# **ZBORNİK REZIMEA RADOVA**

---

**pisanih za 22. kongres o procesnoj industriji  
PROCESING 2009**

- >> Impresum**
- >> Sponzori**
- >> Organizator**
- >> Počasni odbor**
  - Naučno stručni odbor**
  - Organizacioni odbor**
- >> Program Kongresa**
- >> Predgovor**
- >> Sadržaj**
- >> Oglasni deo**

**ZBORNIK REZIMEA RADOVA  
pisanih za 22. kongres o procesnoj industriji –  
PROCESING 2009.**

(Beograd, Sava centar,  
10-12. jun 2009)

**Izdavač**

Savez mašinskih i elektrotehničkih  
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)  
Sekcija za procesnu tehniku  
Kneza Miloša 7a/II  
11000 Beograd

Jun, 2009.

**Urednik**

Ilija Kovačević, dipl. inž.

**Recenzent**

Dr Srbislav Genić, dipl. inž.

**Kompjuterska  
priprema**

„Kvartet V“, Beograd

**Štampa**

„Paragon“, Beograd

Dvadeset drugi međunarodni kongres o  
procesnoj industriji  
**PROCESING 2009**

održava se pod pokroviteljstvom  
Inženjerske komore Srbije  
i  
Privredne komore Srbije

## **SPONZORI**

|                                                 |                          |
|-------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>BEOGAS</b>                                   | <i>Beograd</i>           |
| <b>DELTA INŽENJERING</b>                        | <i>Beograd</i>           |
| <b>FIA ENERGY</b>                               | <i>Beograd</i>           |
| <b>HEMOFARM STADA</b>                           | <i>Vršac</i>             |
| <b>IMI INTERNATIONAL</b>                        | <i>Beograd</i>           |
| <b>KIRKA SURI</b>                               | <i>Beograd</i>           |
| <b>LINDE GAS SRBIJA -<br/>INDUSTRIJA GASOVA</b> | <i>Bečej</i>             |
| <b>MESSER TEHNOGAS</b>                          | <i>Beograd</i>           |
| <b>MIP - PROCESNA OPREMA</b>                    | <i>Ćuprija</i>           |
| <b>PIPETECH JOCIC</b>                           | <i>Baden, Švajcarska</i> |
| <b>PRO-ING</b>                                  | <i>Beograd</i>           |
| <b>REMMING</b>                                  | <i>Novi Sad</i>          |
| <b>SAGAX</b>                                    | <i>Beograd</i>           |
| <b>SGS</b>                                      | <i>Beograd</i>           |
| <b>WILO</b>                                     | <i>Beograd</i>           |
| <b>ZAVOD ZA ZAVARIVANJE</b>                     | <i>Beograd</i>           |

## **ORGANIZATOR**

*Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera  
i tehničara Srbije (SMEITS),  
Sekcija za procesnu tehniku  
Kneza Miloša 7a, 11000 Beograd  
Tel. 011/3230-041, tel./faks 3231-372  
Tekući račun br. 255-0007430101000-55  
E-mail: [smeits@eunet.rs](mailto:smeits@eunet.rs); [office@smeits.rs](mailto:office@smeits.rs)  
[www.smeits.org.rs](http://www.smeits.org.rs)  
[www.smeits.rs](http://www.smeits.rs)*

## POČASNI ODBOR

|                             |                                                                 |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <i>Danijel Avramesku</i>    | <i>HEMOFARM STADA, Vršac</i>                                    |
| <i>Ernst Bode</i>           | <i>MESSER TEHNOGAS, Beograd</i>                                 |
| <i>Miroslav Cvetičanin</i>  | <i>REMMING, Novi Sad</i>                                        |
| <i>Vencislav Grabulov</i>   | <i>DRUŠTVO ZA UNAPREĐIVANJE<br/>ZAVARIVANJA, Beograd</i>        |
| <i>Zoran Dragović</i>       | <i>PRO-ING, Beograd</i>                                         |
| <i>Branko Grbić</i>         | <i>DELTA INŽENJERING, Beograd</i>                               |
| <i>Branislav Jaćimović</i>  | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Beograd</i>                               |
| <i>Slobodan Janjušević</i>  | <i>KIRKA SURI, Beograd</i>                                      |
| <i>Miša Jočić</i>           | <i>PIPETECH JOCIC,<br/>Baden, Švajcarska</i>                    |
| <i>Zoran Jovanović</i>      | <i>IMI INTERNATIONAL, Beograd</i>                               |
| <i>Slobodan Macedonić</i>   | <i>LINDE GAS SRBIJA - INDUSTRIJA<br/>GASOVA, Bečej</i>          |
| <i>Velimir Pajević</i>      | <i>FIA ENERGY, Beograd</i>                                      |
| <i>Dragoljub Radojičić</i>  | <i>SRPSKO DRUŠTVO ZA ISPITIVANJE<br/>BEZ RAZARANJA, Beograd</i> |
| <i>Dragan Simonović</i>     | <i>WILO, Beograd</i>                                            |
| <i>Goran Sofronić</i>       | <i>ZAVOD ZA ZAVARIVANJE, Beograd</i>                            |
| <i>Aleksandar Stanković</i> | <i>SAGAX, Beograd</i>                                           |
| <i>Miodrag Stojiljković</i> | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Niš</i>                                   |
| <i>Slobodan Stošić</i>      | <i>MIP - PROCESNA OPREMA, Čuprija</i>                           |
| <i>Dragoslav Šumarac</i>    | <i>INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE,<br/>Beograd</i>                   |
| <i>Miomir A. Todorović</i>  | <i>PRIVREDNA KOMORA SRBIJE,<br/>Beograd</i>                     |
| <i>Marinko Ukropina</i>     | <i>SGS, Beograd</i>                                             |
| <i>Dimitrije Voronjec</i>   | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Beograd</i>                               |
| <i>Miloš Vukolić</i>        | <i>BEOGAS, Beograd</i>                                          |

## NAUČNO-STRUČNI ODBOR

|                            |                                                           |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <i>Srbislav Genić</i>      | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Beograd<br/>(predsednik Odbora)</i> |
| <i>Gradimir Ilić</i>       | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Niš</i>                             |
| <i>Ioan Laza</i>           | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Temišvar,<br/>Rumunija</i>          |
| <i>Slobodan Macedonić</i>  | <i>LINDE GAS SRBIJA - INDUSTRIJA<br/>GASOVA, Bečej</i>    |
| <i>Miroslav Stanojević</i> | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Beograd</i>                         |

## ORGANIZACIONI ODBOR

|                             |                                                 |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Aleksandar Dedić</i>     | <i>ŠUMARSKI FAKULTET, Beograd</i>               |
| <i>Ilija Kovačević</i>      | <i>PRO-ING, Beograd<br/>(predsednik Odbora)</i> |
| <i>Zoran Nikolić</i>        | <i>MESSER TEHNOGAS, Beograd</i>                 |
| <i>Aleksandar Petrović</i>  | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Beograd</i>               |
| <i>Dejan Radić</i>          | <i>MAŠINSKI FAKULTET, Beograd</i>               |
| <i>Vukašin Simeunović</i>   | <i>„TOPLANA“, Kraljevo</i>                      |
| <i>Aleksandar Stanković</i> | <i>SAGAX, Beograd</i>                           |
| <i>Slobodan Stošić</i>      | <i>MIP - PROCESNA OPREMA, Čuprija</i>           |
| <i>Dragomir Šamšalović</i>  | <i>SMEITS, Beograd</i>                          |
| <i>Dejan Vračar</i>         | <i>BABCOCK BORSIG POWER USLUGE,<br/>Beograd</i> |

# PROGRAM KONGRESA

## SREDA, 10. jun 2009.

- 8.00–9.30 h Prijavljivanje učešća i podela kongresnog materijala
- 9.30–10.15 h Koktel dobrodošlice
- 10.15–11.00 h Otvaranje kongresa, pozdravne reči  
i uručivanje priznanja za 2008. godinu
- 11.00–11.20 h Prezentacija I elektronskog broja časopisa  
PROCESNA TEHNIKA
- 11.20–11.30 h PAUZA
- 11.30–12.00 h Predstavljanje sponzora  
Predsedavajući:  
*Dragomir Šamšalović*
- 12.00–13.15 h Izlaganje 2 rada I tematske  
grupe i 6 radova II tematske grupe  
Predsedavajući:  
*Aleksandar Dedić*
- 13.15–13.30 h PAUZA
- 13.30–15.00 h Izlaganje 9 radova III tematske grupe  
Predsedavajući:  
*Aleksandar Stanković*

## ČETVRTAK, 11. jun 2009.

- 9.00–11.00 h Izlaganje 11 radova IV tematske grupe  
Predsedavajući:  
*Dejan Radić*
- 11.00–11.15 h PAUZA
- 11.30–13.30 h Izlaganje 12 radova V tematske grupe  
Predsedavajući:  
*Srbislav Genić*
- 13.30–13.45 h PAUZA
- 13.45–15.00 h Izlaganje 14 radova VI tematske grupe  
Predsedavajući:  
*Miroslav Stanojević*
- 19.30 h Svečana večera

**PETAK, 12. jun 2009.**

- 10.00–10.30 h**    **Prezentacija programa SOFTVER U PROCESNOJ TEHNICI**  
Prezentanti:  
*Miša Jočić – Pipetech Jočić, Baden i Srbislav Genić,*  
*Mašinski fakultet, Beograd*
- 10.30–11.00 h**    **Prezentacija programa UPRAVLJANJE PROJEKTOM –**  
**POTREBA ILI OBAVEZA**  
Prezentanti:  
*Imre Molnar i Darko Jovanović – SGS;, Beograd*
- 11.00–11.15 h**    **PAUZA**
- 11.15–12.00 h**    **Okrugli sto – PRAVILNIK O TEHNIČKIM PROPISIMA**  
**ZA PUNJENJE, TRANSPORT, SKLADIŠTENJE I DISTRIBUCIJU**  
**BOCA SA TEHNIČKIM GASOVIMA**  
Moderator:  
*Aleksandar Petrović*
- 12.00–12.15 h**    **PAUZA**
- 12.15–13.45 h**    **Okrugli sto – „AKREDITACIJA – DA ILI NE“**  
(autori: *Branislav Kovačević, Vojislav Ibrahimović,*  
*Darko Nikolić, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd i*  
*Radoljub Došić, Kontrol inspekt, Beograd*)  
Moderator:  
*Branislav Kovačević*
- 13.45–14.00 h**    **Završna reč. Kraj rada kongresa**
- 14.00 h**            **OPROŠTAJNI RUČAK**

## **PREDGOVOR**

*Nakon veoma uspešnog prošlogodišnjeg Procesinga, održanog zajedno sa dva po tematici bliska, takođe tradicionalna, skupa - ZAVARIVANJEM 2008. i IBR 2008, 22. kongres o procesnoj industriji, Procesing 2009, vraća se u Sava centar, samo sa svojim, godinama razvijanim, programom. Razlog je pre svega taj što se naš skup održava svake godine, dok se druga dva skupa održavaju svake druge godine.*

*Zadržavajući koncept skupa po kome izlaganja radova i diskusija o izloženim sadržajima kao i o stanju i izgledima u procesnoj industriji čine težište rada Kongresa - Organizacioni odbor je ocenio da taj, uobičajeni, koncept skupa treba proširiti drugim, takođe pogodnim, formama razmatranja najaktuelnijih tema i pitanja koja stručna javnost danas postavlja. Organizator je imao u vidu i srećnu okolnost što su učesnici Kongresa kompetentni predstavnici struke, najpozvaniji da daju mišljenje o onome što je za procesnu industriju, privredu i tehniku zaista važno.*

*Sadržaj ovog zbornika čine rezimeji radova, na srpskom i engleskom jeziku, koji će biti izloženi na ovogodišnjem kongresu. Radovi u celini nalaze se na kompakt disku priloženom ovom zborniku. Nakon rezimea radova štampano je uvodno izlaganje u diskusiju za okruglim stolom, „Akreditacija - da ili ne“, uz koju objavljujemo i upravo usvojen Zakon o tehničkim zahtevima za proizvode i ocenjivanju usaglašenosti, kojim se dopunjuje tema akreditacije. Rukopisi ova dva priloga nalaze se i na kompakt disku.*

*Zbornik je upotpunjen osnovnim informacijama o skupu - nazivima pokrovitelja i sponzora, sastavima odborâ, programom Kongresa i oglasnim delom, u kome su predstavljena istaknuta preduzeća i firme u oblasti procesne tehnike i industrije.*

*U Beogradu, maja 2009.*





# SADRŽAJ

## I. TEHNIČKA REGULATIVA I SISTEM KVALITETA

1. INDUSTRIJA ŠEĆERA POSMATRANA KROZ  
PATENTNU DOKUMENTACIJU  
*Jelena Popović*
2. UPRAVLJANJE ORGANIZACIONIM PROMENAMA I INOVACIJAMA  
*Zoran Radojević, Rade Stanković i Dragana Velimirović*

## II. PROCESNE TEHNOLOGIJE

3. HLAĐENJE SVEŽEG BETONA ZA MASIVNE  
KONSTRUKCIJE TEČNIM AZOTOM  
*Miloš Kostić*
4. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE I SVOJSTVA  
SINTEROVANIH FILTERSKIH CEVI OD AKTIVNOG UGLJA  
*O. Dimčić, D. Božić, B. Dimčić i D. Radić*
5. FINANSIJSKA ANALIZA PROJEKTOVANIH MERA  
UŠTEDE ENERGENATA U FABRICI AUTO-GUMA  
KORPORACIJE „TRAYAL“ U KRUŠEVCU  
*Sladana Živadinović*
6. DEHIDROFRIZING KAO NOV NAČIN KONZERVISANJA  
*Snežana Stevanović i Miodrag Janković*
7. MODELI KONVEKTIVNOG SUŠENJA SKROBA  
*Zvonimir Blagojević, Dragiša Tolmač i Slavica Prvulović*
8. MODELI PROCESA DOBIJANJA NATRIJUM-SILIKATA  
*Lato Pezo, Mirjana Stanković, Branimir Kovačević i Aca Jovanović*

## III. PROJEKTOVANJE, IZGRADNJA, EKSPLOATACIJA I ODRŽAVANJE PROCESNIH POSTROJENJA

9. REPARATURA VRATILA VALJAČKOG STANA  
VALJAONICE ALUMINIJUMA  
*Milica Antić*
10. EKONOMSKI OPTIMIZOVANA DEBLJINA TOPLOTNE  
IZOLACIJE U PROCESNIM I TERMOTEHNIČKIM INSTALACIJAMA  
*A. Bakračić, R. Karić, I. Arandjelović, S. Genić i B. Jaćimović*
11. POVEĆANJE KAPACITETA HLAĐENJA VODE  
U HIPERBOLOIDNOM RASHLADNOM TORNJU  
*Dušan Golubović*
12. KONCEPT AUTOMATIZACIJE POSTROJENJA ZA SAGOREVANJE I  
VISOKOTEMPERATURSKO SUŠENJE DRVNOG OTPATKA  
*Aleksandar Dedić*
13. DA LI JE UPOTREBA ZAŠTITNIH CEVI DANAS OPRAVDANA?  
*Zoran V. Angelovski*

14. ANALIZA UTICAJA VELIČINA IZ KLIMATSKE KRIVE I TOPLOTNOG OPTEREĆENJA NA GUBITKE VODE U TEC „BITOLA“, MAKEDONIJA  
*Vladimir I. Mijakovski i Nikola I. Mijakovski*
15. UPOREDNA ANALIZA STABILNIH SISTEMA ZA GAŠENJE POŽARA GASOM I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU  
*Dragan Sekulović i Zorana Sekulović*
16. ANALIZA POTROŠNJE ENERGIJE U PROCESU VULKANIZACIJE PUTNIČKIH PNEUMATIKA U FABRICI AUTO-GUMA U KRUŠEVCU  
*Sladana Živadinović*
17. KOEFICIJENT PROPUSTANJA  $D_u$  I KOEFICIJENT DIFUZIJE  $D$  ZA RAZLIČITE MATERIJE KOJI SE KORISTE ZA ZAPTIVANJE I GRAĐENJE GASNO NEPROPUSLJIVIH OBJEKATA  
*Slobodan B. Rackov i Slobodan M. Ristić*

#### **IV. REGULISANJE, IZRADA, ISPITIVANJE I MONTAŽA PROCESNE OPREME**

18. UTICAJ DODATNOG MATERIJALA NA KVALITET NAVARENOG SPOJA  
*Olivera Popović, Radica Prokić-Cvetković, Vencislav Grabulov i Zijah Burzić*
19. PROIZVODNJA STABILNOG NADZEMNOG REZERVOARA ZA SKLADIŠTENJE TEČNOG NAFTNOG GASA, ZAPREMINE 250 m<sup>3</sup>  
*Mirjan Kajganić, Petar Stošić, Živorad Milosavljević i grupa saradnika*
20. ANALIZA RADA REGULACIJE DP PROMENOM BROJA OBRTAJA CIRKULACIONE PUMPE ZA PTV U TO „ZEMUN“ - LETNJI REŽIM  
*Vladimir Radulović i Radovan Talić*
21. KONTROLISANJE OPREME POD PRITISKOM U OKVIRU RASHLADNOG POSTROJENJA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI  
*Z. Anđelković i I. Radetić*
22. KONSTRUKCIONO-TEHNIČKA DOKUMENTACIJA ZA IZRADU REZERVOARA ZA SKLADIŠTENJE NAPOJNOG ELEKTROLITA  
*R. Raković, I. Kovačević i Đ. Đurić*
23. PRORAČUN NAPONA I DEFORMACIJA STRUKTURE VRELOVODNIH KOTLOVA PRIMENOM MKE  
*D. Milčić, D. Živković, V. Stefanović, M. Banić, M. Mijajlović*
24. ANALIZA UTICAJA PUZANJA NA PRIRUBNIČKE SPOJEVE OKLOPA TOPLOTNIH TURBINA  
*Dragoljub Živković i Dragan Milčić*
25. MOGUĆNOSTI PRIMENE OPTIČKIH MERENJA DEFORMACIJA U PROCESNOJ TEHNICI  
*Taško Maneski, Miloš Milošević i Nenad Mitrović*
26. JEDNO KONSTRUKCIONO REŠENJE KRILNOG ZATVARAČA PNEUMATSKO-TRANSPORTNOG SISTEMA INSTALIRANOG U „SOLBITU“, BITOLJ  
*Tale Geramitcioski, Ilios Vilos i Vangelče Mitrevski*
27. ETALONIRANJE TOPLOTNIH FLUKSMETARA  
*D. Ivanišević i V. Bošković*
28. UTVRĐIVANJE STANJA I MERENJA PARAMETARA GASA CO<sub>2</sub> NA IZVORIMA I TRASAMA FABRIKE ZA MINERALNU VODU I CO<sub>2</sub> „LOZAR - PELISTERKA“  
*Igor Andreevski, Cvete Dimitrieska, Georgi Trombev, Risto Risteovski i Oliver Slivoski*

**V. INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE I ODRŽIVI RAZVOJ.  
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE. ZAŠTITA RADNE SREDINE.  
RACIONALNO KORIŠĆENJE ENERGIJE.  
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**

29. UGLJEN-DIOKSID - GAS BUDUĆNOSTI U FUNKCIJI  
ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE  
*Ana Antić*
30. UPRAVLJANJE OTPADNIM PNEUMATICIMA - BITAN  
SEGMENT ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE  
*Stojan Simić, Miroslav Stanojević, Dejan Radić i Aleksandar Jovović*
31. PREDLOG REŠENJA SISTEMA ZA ODSISAVANJE PRAŠINE  
U INDUSTRIJSKIM OBJEKTIMA  
*Dejan Radić, Vladimir Stevanović,  
Miroslav Stanojević, i Momčilo Kokanović*
32. OPŠTA SVOJSTVA NEKONVENCIONALNIH IZVORA ENERGIJE  
*Zdravko N. Milovanović*
33. UTICAJ PRIMENE TERMOKOMPRESORSKIH SISTEMA  
NA ENERGETSKU EFIKASNOST INDUSTRIJSKIH KONCENTRATORA.  
I DEO: TEORETSKE ANALIZE  
*V. Šarevski i M. Šarevski*
34. UTICAJ PRIMENE TERMOKOMPRESORSKIH SISTEMA  
NA ENERGETSKU EFIKASNOST INDUSTRIJSKIH KONCENTRATORA.  
II DEO: EKSPERIMENTALNI REZULTATI  
*V. Šarevski i M. Šarevski*
35. MODELI VREMENA ODZIVA VENTILA SISTEMA  
AUTOMATSKOG ZATVARANJA VENTILACIONIH  
OTVORA OBJEKATA SPECIJALNE NAMENE  
*Dragan Knežević*
36. ANALIZE KOLIČINA KOMUNALNOG OTPADA  
REGIONA BANJA LUKA - REPUBLIKA SRPSKA  
*Z. Janjuš, A. Petrović, A. Jovović i P. Ilić*
37. UPRAVLJANJE ENERGIJOM U CILJU POVEĆANJA  
ENERGETSKE EFIKASNOSTI U FABRICI AUTO-GUMA  
KORPORACIJE „TRAYAL“ U KRUŠEVCU  
*Slađana Živadinović*
38. PRORAČUN KARAKTERISTIKA PRODUKATA SAGOREVANJA  
KOD GASNIH TURBINA  
*D. Mitrović i D. Živković*
39. ISTRAŽIVANJE EKO-INOVACIJE U KOMUNALNOJ I  
INDUSTRIJSKOJ ENERGETICI  
*J. Milivojević, A. Kokić Arsić i S. Grubor*
40. NEKONVENCIONALNI IZVORI ENERGIJE -  
ODRŽIVI RAZVOJ I KORIŠĆENJE  
*Zdravko N. Milovanović*

**VI. OSNOVNE OPERACIJE. APARATI I MAŠINE  
U PROCESNOJ INDUSTRIJI**

41. KRITERIJUMI KLASIFIKACIJE I FAKTORI KOJI UTIČU NA IZBOR  
ISPARIVAČA U PROCESNIM POSTROJENJIMA  
*Branislav Jaćimović, Srbislav Genić,  
Nikola Budimir i Marko Jarić*
42. PRILOG ANALIZI REGULATORSKOG DELA PARNE TURBINE  
*Branimir Kiković*

43. PRIKAZ TEHNIČKOG REŠENJA I EFEKATA  
REKUPERACIJE TOPLOTE OTPADNOG VAZDUHA  
CPV-1 SISTEMA KLIMATIZACIJE VMA U BEOGRADU  
*Ivan Jojić, Dušan Gajić, Dimitrije Voronjec i Miloš Banjac*
44. UTICAJ LOKACIJE - NADMORSKE VISINE NA VELIČINU ISPUNE  
KOD RASHLADNIH TORNJeva SA PRIRODNOM PROMAJOM  
*Vladimir I. Mijakovski i Nikola I. Mijakovski*
45. KOTAO TOPLOTNE SNAGE 1,5 MW ZA CIGARETNO  
SAGOREVANJE VELIKIH BALA SLAME  
*Branislav S. Repić, Dragoljub V. Dakić,  
Aleksandar M. Erić i Dejan M. Đurović*
46. MODELIRANJE PROCESA SUŠENJA  
*Gligor H. Kanevče, Ljubica P. Kanevče,  
Vangelče B. Mitrevski i Dimitrije Voronjec*
47. ENERGY ANALYSIS OF DOUBLE-DUCT SYSTEM  
FOR AIR-CONDITIONING  
*Sevde Stavreva i Marko Serafimov*
48. PROJEKTOVANJE I GEOMETRIJSKA OPTIMIZACIJA  
SAVREMENIH REKUPERATIVNIH RAZMENJIVAČA  
TOPLOTE NA BAZI KONCEPTA UPRAVLJIVOSTI IZLAZA.  
I DEO: TEORIJSKA RAZMATRANJA  
*Dragutin Lj. Debeljković, Dalibor Z. Stević i Goran V. Simeunović*
49. PROJEKTOVANJE I GEOMETRIJSKA OPTIMIZACIJA  
SAVREMENIH REKUPERATIVNIH RAZMENJIVAČA  
TOPLOTE NA BAZI KONCEPTA UPRAVLJIVOSTI IZLAZA.  
II DEO: NOVI PRILAZI I ILUSTRACIJA SIMULACIONIH REZULTATA  
*Dalibor Z. Stević, Dragutin Lj. Debeljković i Goran V. Simeunović*
50. THE MICROCHANNEL IMPINGEMENT JET COOLING  
WITH DIELECTRIC FLUIDS  
*Dorin Lelea, Ioan Laza, Liviu Mihon i Adrian Cioabla*
51. EXPERIMENTAL STUDY REGARDING THE  
INFLUENCE OF THE VARIATION OF MAIN PARAMETERS  
UPON THE QUALITY OF THE BIOGAS PRODUCTION  
*Adrian - Eugen Cioablă, Ioana Ionel, Dorin Lelea i Ion Vetreș*
52. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA TERMODINAMIČKI OPTIMALNIH  
DIMENZIJA I RADNIH USLOVA RAZMENJIVAČA TOPLOTE  
*Miloš Banjac i Radoslav Galić*
53. OSNOVI VAKUUMSKE TEHNIKE  
*M. Jovančić i A. Petrović*
54. ZAPREMINA BOJLERA ZA SANITARNU TOPLU VODU U  
INSTALACIJAMA SA SUNČEVIM KOLEKTORIMA  
*Georgi Trombev, Marko Serafimov i Vasko Trombev*

## **OKRUGLI STO O TEMI „AKREDITACIJA – DA ILI NE“**

**AKREDITACIJA - DA ILI NE**

*Branislav Kovačević, Vojislav Ibrahimović,  
Darko Nikolić i Radoljub Došić*

**ZAKON O TEHNIČKIM ZAHTEVIMA ZA  
PROIZVODE I OCENJIVANJU USAGLAŠENOSTI**

**OGLASNI DEO**

# PRORAČUN NAPONA I DEFORMACIJA STRUKTURE VRELOVODNIH KOTLOVA PRIMENOM MKE

## STRESS AND STRAIN CALCULATION OF THE HOT WATER BOILER'S STRUCTURE WITH APPLICATION OF THE FEA

D. Milčić<sup>1</sup>, D. Živković<sup>1</sup>, V. Stefanović<sup>1</sup>, M. Banić<sup>1</sup>, M. Mijajlović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Mašinski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš*

E-mail: milcic@masfak.ni.ac.rs

**Rezime:** U radu je prikazana primena metode konačnih elemenata za proračun stanja napona i deformacija strukture vrelovodnih kotlova. Cilj rada bio je da se ispita uticaj naslaga kamenca na stanje termičkih napona i deformacija u delovima strukture vrelovodnih kotlova. Rezultati proračuna pokazuju da se najveći termički naponi i deformacije javljaju u zoni cevnog zida prve skretne komore. Usled ovoga posebno su ugroženi zavareni spojevi dimnih cevi i cevne ploče što u slučaju pojave velikih naslaga kamenca može dovesti do pojave prsline na zavarenom spoju i curenja vode iz kotla. Kao referentni objekat korišćen je vrelovodni kotao tipa Viessmann – Vitomax 200 HW, snage 16,5 MW. Modeliranje kotla obavljeno je primenom CAD softvera Autodesk Inventor, a proračun stanja naprezanja izvršen je korišćenjem programa ANSYS.

**Ključne reči:** vrelovodni kotao, napon, deformacija, temperatura, konačni element

**Abstract:** Paper presents application of the Finite Elements Analysis for stress and strain calculation of the hot water boiler's structure. Goal of the work was to investigate influence of the boiler scale to the thermal stresses and strain in the structure of the hot water boilers. Result show that maximal thermal stresses appear in the zone of the pipe carrying wall of the first heat diverting chamber. This indicates that most critical parts of the boiler are weld spots of the smoke pipes and pipe carrying plates, what in the case of the huge boiler scale can lead to the cracks in the welds and water leaking from the boiler. As a reference object boiler Viessmann - Vitomax 200 HW, with installed power of 16,5 MW has been used. CAD modeling is done within Autodesk Inventor and stress and strain analysis is done within ANSYS Software.

**Key words:** Hotwater Boiler, Stress, Strain, Deformation, Finite Element

### 1. UVOD

Analiza napona konstrukcije u eksploataciji zahteva detaljnu sveobuhvatnu analizu njegove eksploatacije, opterećenja i ponašanja. Osnovni cilj analize predstavlja iznalaženje kvalitetne kompleksne identifikacije stanja i ponašanja konstrukcije u njenoj eksploataciji. Postizanje ovog cilja je moguće samo razvojem i primenom numeričkih i eksperimentalnih metoda i tehnika dijagnosticiranja stanja i ponašanja konstrukcije. Takođe, stalno praćenje i nadzor eksploatacije

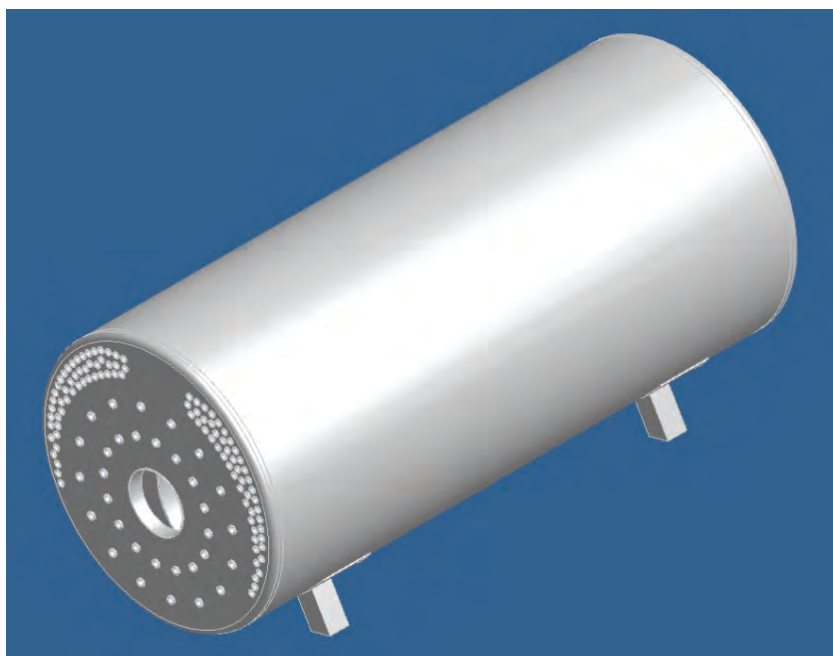
konstrukcije putem merenja potrebnih veličina predstavlja neophodnost postizanja navedenog cilja.

Osnovni zadatak dijagnostike stanja i ponašanja opreme predstavlja iznalaženje uzroka problema koji se javljaju pri njenoj eksploataciji, kao i iznalaženje rešenja problema koje treba da obezbedi pouzdanu eksploataciju opreme u dužem vremenskom periodu uz smanjenje troškove održavanja. Razaranje mašinskih konstrukcija nastaje usled ekstremnih vrednosti napona koji su izazvani u njima. Često su značajne i druge veličine, jer razaranje ne mora nastati uvek na mestima maksimalnih napona. Za određivanje ekstremnih vrednosti napona potrebno je utvrditi raspodelu napona u konstrukciji. Ona se određuje na više načina i to pomoću: faktora koncentracije napona, metode krutog laka, fotoelastičnom metodom i metodom konačnih elemenata.

U radu je data dijagnostika ponašanja konstrukcije vrelovodnog kotla firme Viessmann - Vitomax M 238 048, toplotne snage 17,2 MW, zasnovana na termomehaničkom proračunu koji je realizovan primenom metode konačnih elemenata.

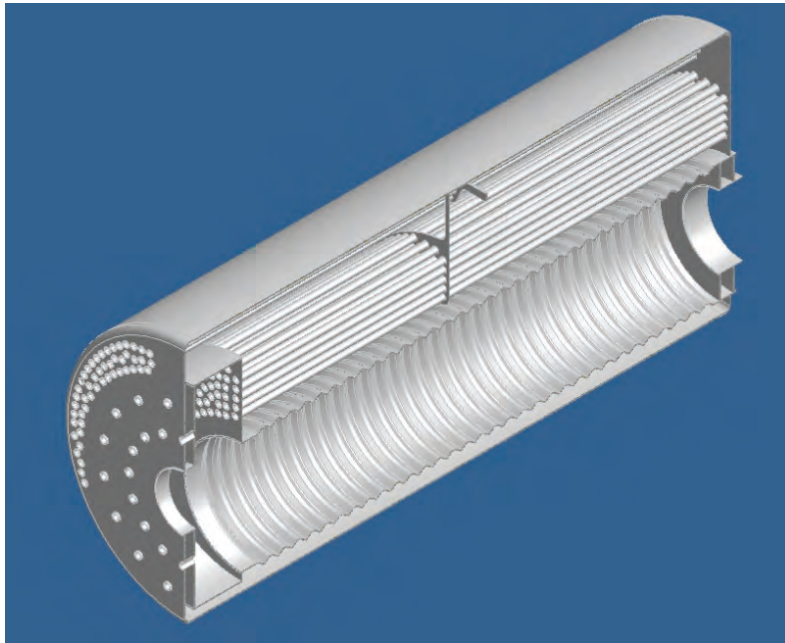
## **2. TERMOMEHANIČKI PRORAČUN VRELOVODNOG KOTLA**

Virtuelni model vrelovodnog kotla je urađen primenom CAD softvera Autodesk Inventor. Za modeliranje kotla korišćena je dokumentacija firme Viessmann. 3D model kotla dat je na slici 1.



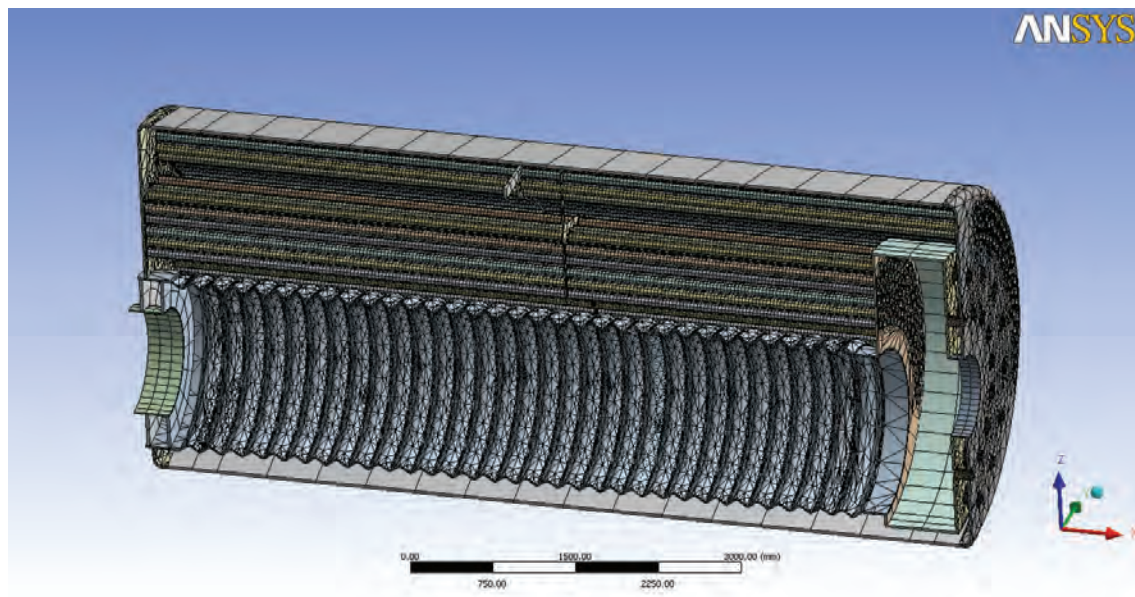
**Slika 1. Virtuelni model vrelovodnog kotla**

S obzirom na geometrijsku simetriju kotla i na pretpostavljenu simetriju toplotnog opterećenja, za termomehaničku anлізу vrelovodnog kotla dovoljna je polovina geometrijskog CAD modela (slike 2).

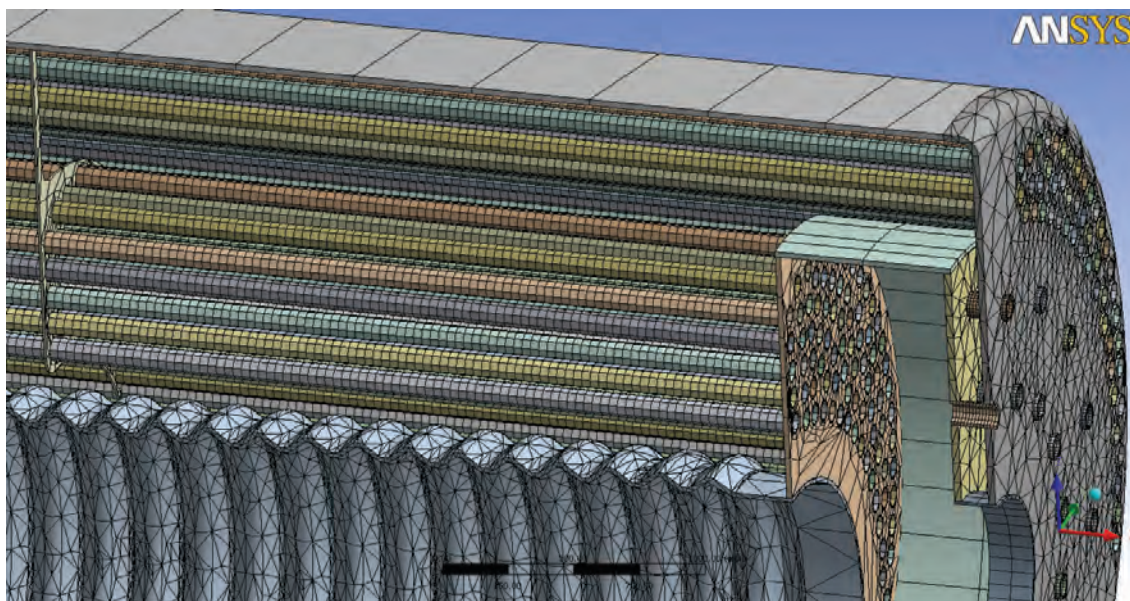


**Slika 2. Virtuelni model polovine vrelovdnog kotla**

Termomehanički proračun vrelovdnog kotla tipa Viessmann - Vitomax M 238 048, opisanog u tački 2.1, izvršen je korišćenjem softvera ANSYS i ANSYS Workbench. Urađeni CAD model vrelovdnog kotla implementiran je u softver ANSYS Workbench. U procesu predprocesiranja izvršena je diskretizacija modela kotla. Diskretizovani model kotla ima 597932 čvora koji formiraju 289682 konačnih elemenata. Diskretizovani model polovine kotla dat je na slikama 3 i 4.

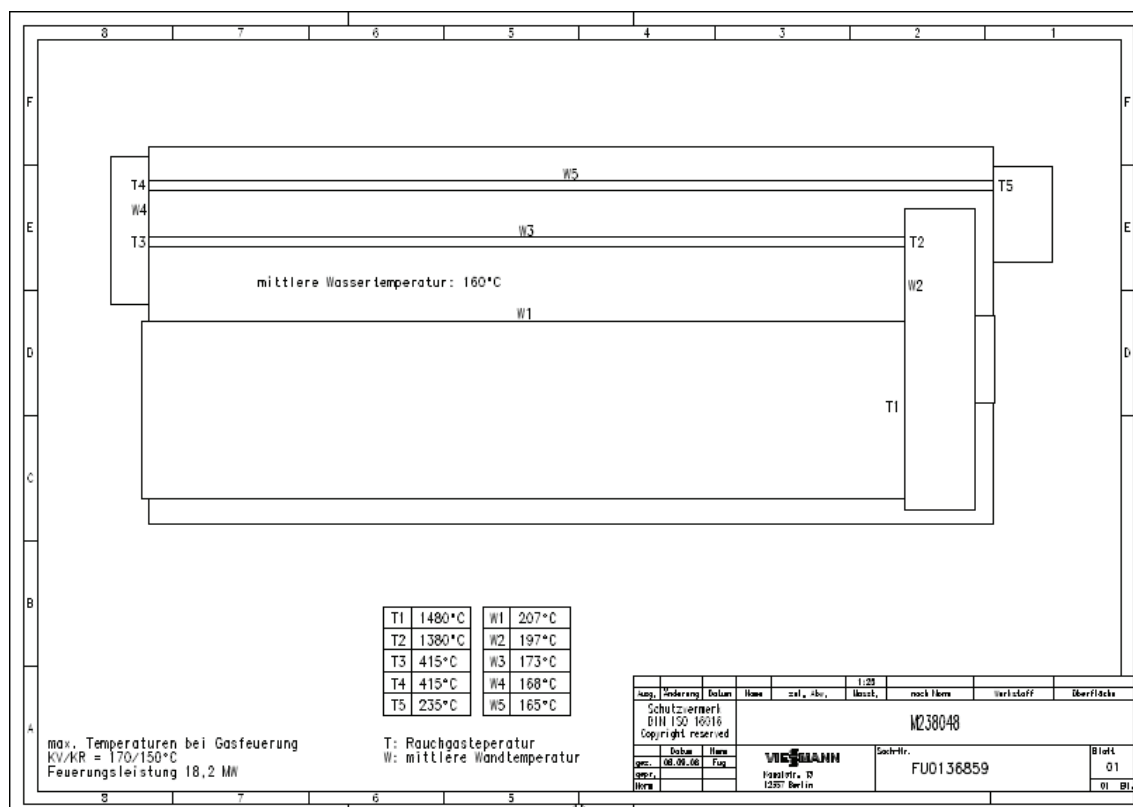


**Slika 3. Numerički model diskretizovane strukture vrelovdnog kotla**



**Slika 4. Deo numeričkog modela diskretizovane strukture vrelovodnog kotla**

Termički proračun vrelovodnog kotla je rađen na osnovu srednjih temperatura konstrukcije na strani dimnih gasova i na strani vode za konstrukciju kotla bez kamenca – podaci firme Viessmann (slika 5).



**Slika 5. Srednje temperature strukture kotla na strani vode i na strani dimnih gasova**

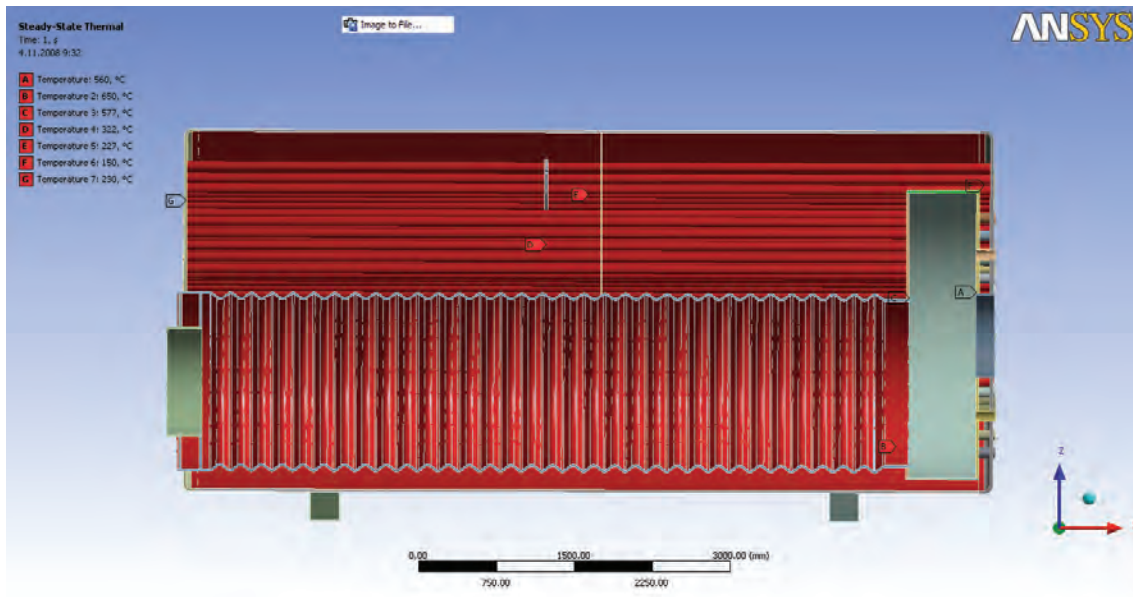
Usled zaprljanja kotla mogu se srednje temperature konstrukcije kotla povećati (prema podacima Viessmann) i to za slučaj:



- 1 mm kotlovskega kamena (bogat gipsom  $\text{CaSO}_4$ , toplotna provodljivost 2 W/mK)
  - Plamena cev: 258 °C
  - Skretna komora: 239 °C
  - Dimne cevi <sup>2)</sup>: 188 °C
  
- 2 mm kotlovskega kamena (bogat gipsom  $\text{CaSO}_4$ , toplotna provodljivost 2 W/mK)
  - Plamena cev: 404 °C
  - Skretna komora: 361 °C
  - Dimne cevi <sup>2)</sup>: 233 °C
  
- 1 mm kotlovskega kamena (bogat silikatima  $\text{SiO}_2$ , toplotna provodljivost 0,2 W/mK)
  - Plamena cev: 646 °C
  - Skretna komora: 577 °C
  - Dimne cevi <sup>2)</sup>: 322 °C

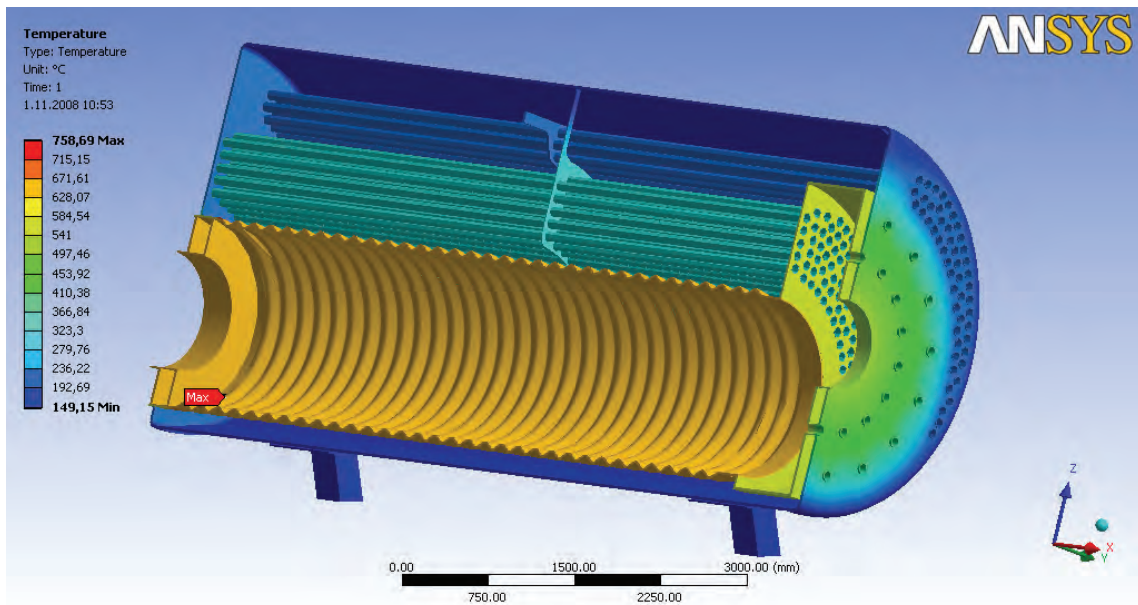
<sup>2)</sup> Odnosi se na dimne cevi 2. promaje

Za slučaj kamena bogatog silikatima i pretpostavljene debljine 1 mm, definisane su ulazne temperature konstrukcije vrelovodnog kotla (slika 6).

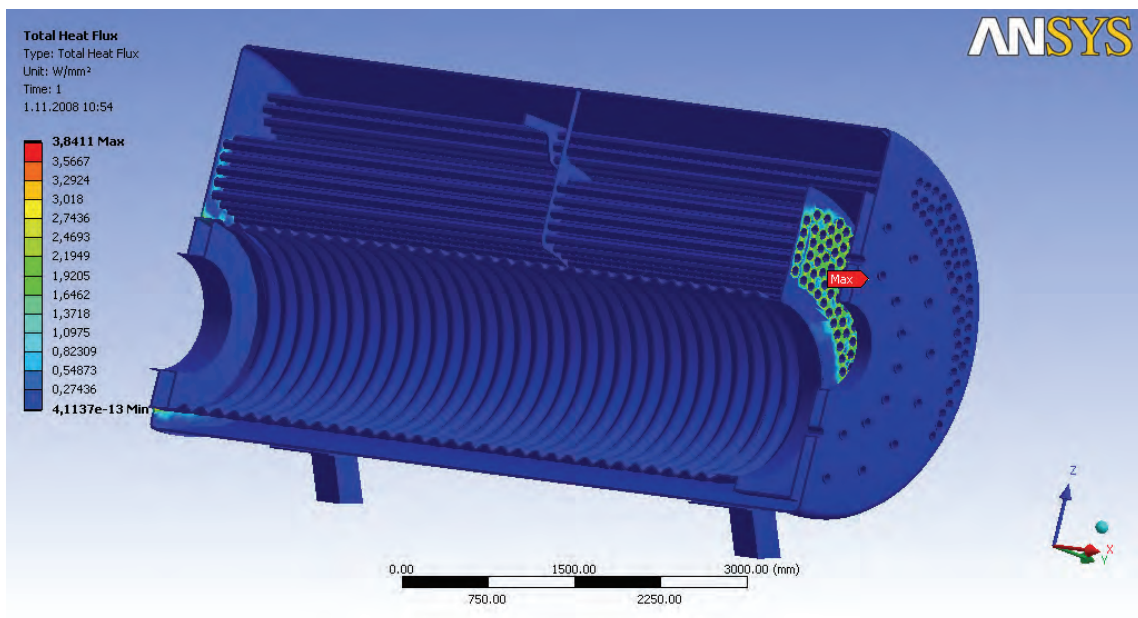


**Slika 6. Definirane ulazne srednje temperature konstrukcije vrelovodnog kotla**

Termička analiza je urađena u softveru ANSYS Workbench. Rezultati termičke analize – temperaturno polje i polje toplotnog fluksa su dati na slikama 7 i 8.



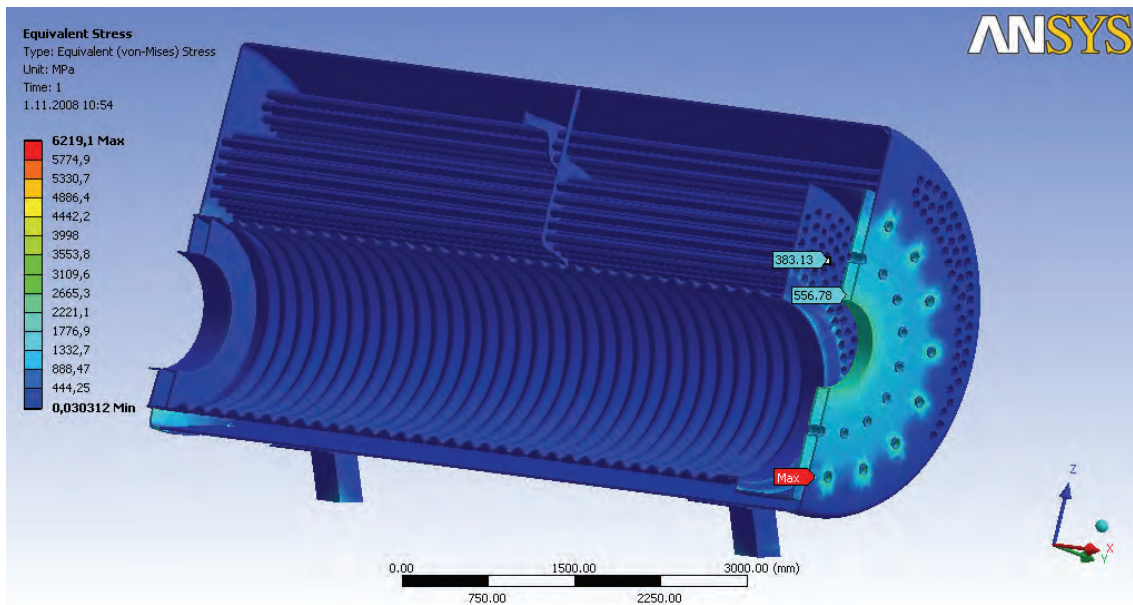
Slika 7. Temperaturno polje konstrukcije kotla



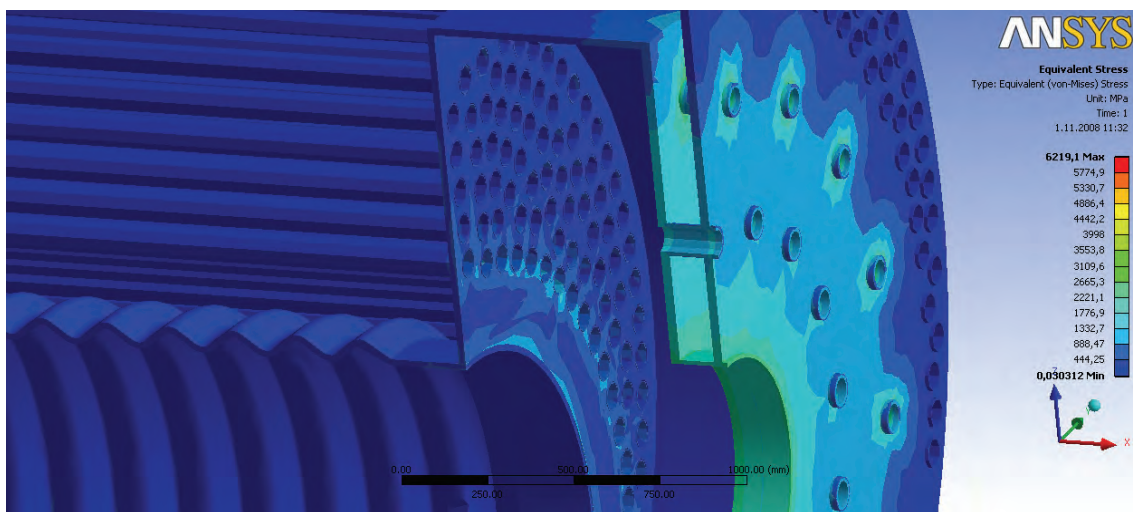
Slika 8. Polje toplotnog fluksa konstrukcije kotla

Analiza naponsko-deformacionog stanja, na osnovu rezultata termičke analize, je urađena u ANSYS-u.

Naponsko stanje konstrukcije kotla dato je na slikama 9 i 10.



Slika 9. Naponsko stanje konstrukcije kotla



Slika 10. Naponsko stanje cevno zida druge promaje vrelovodnog kotla

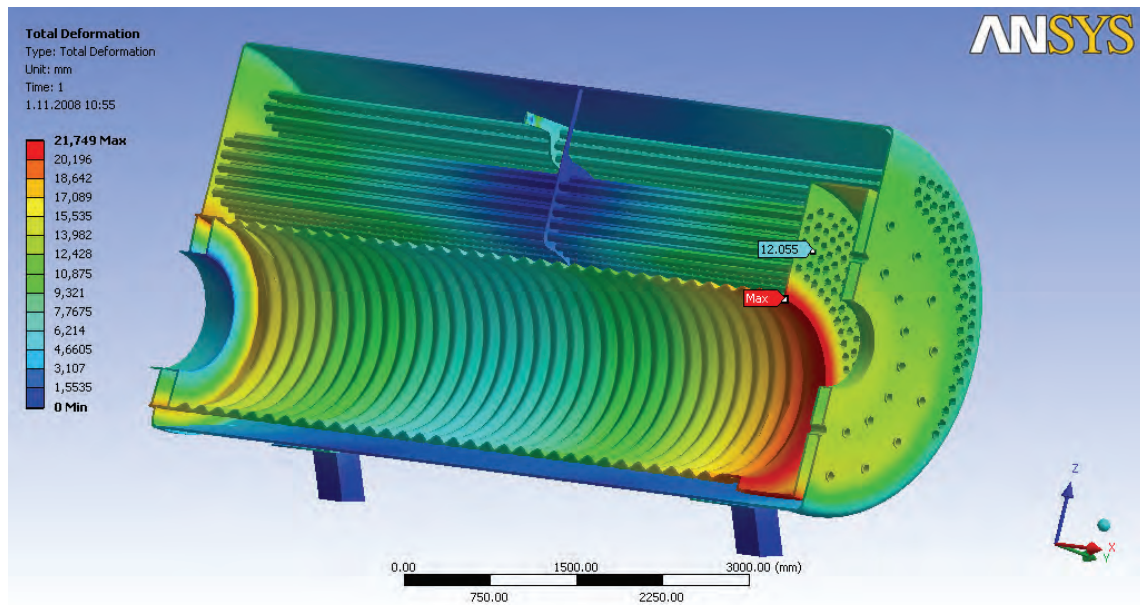
Deformaciono stanje konstrukcije kotla dato je na slici 11.

### 3. REZULTATI PRORAČUNA

Na osnovu rezultata termomehantičkog proračuna izvršenog primenom FEA analize može se zaključiti sledeće:

1. Najveći naponi se javljaju u kontaktu osovina i posteljice ležišta u osloncima na zadnjem cevnom zidu kotla. To je i očekivano. Rezultati napona u osloncima su nerealno veliki zbog urađenih uprošćenja modela kotla, tako da ovi rezultati proračuna nisu merodavni za analizu.
2. Naponi na cevnom zidu druge promaje, gde su se dogodila i oštećenja, se kreću do  $600 \text{ N/mm}^2$ .

3. Karakteristike materijala 1.0425/P265GH DIN EN 10028-2 od kog je izrađen cevni zid su zatezna čvrstoća  $R_m=410 \text{ N/mm}^2$ , granica tečenja  $R_p=265 \text{ N/mm}^2$ . Kako su radni naponi veći ne samo od granice tečenja, već i od zatezne čvrstoće, to je moguća havarija na vrelovodnim kotlovima firme Viessmann usled nastalog kamenca silikatnog tipa debljine 1 mm. Moguće procurivanje vrelovodnog kotla je na mestu zavara cevnog zida i cevi.
4. Deformacije cevnog zida druge promaje su do 20 mm što takođe ukazuje na potencijalnu havariju procurivanja kotla.



Slika 11. Deformaciono stanje konstrukcije kotla

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je data analiza naponsko-deformacionog stanja konstrukcije vrelovodnog kotla za slučaj stvorenih naslaga kamenca. Poznato je da naslage kamenca utiču na stanje termičkih napona i deformacija u delovima strukture vrelovodnih kotlova. Proračun je izveden za slučaj preovladavajućeg silikatnog kamenca debljine 1 mm. Rezultati proračuna pokazuju da se najveći termički naponi i deformacije javljaju u zoni cevnog zida prve skretne komore. Usled ovoga posebno su ugroženi zavareni spojevi dimnih cevi i cevne ploče što u slučaju pojave velikih naslaga kamenca može dovesti do pojave prsline na zavarenom spoju i curenja vode iz kotla.

#### LITERATURA

##### *Knjiga*

- [1] Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., The Finite Element Method, Fifth edition, Butterworth-Heinemann, 2000.
- [2] Bathe K.J., Finite Element Procedures in engineering analysis, Prentice Hall, 1982
- [3] ANSYS Release 10.0, Documentation for ANSYS.
- [4] Živković, M., Maneski, T., Termomehanički naponi cevovoda i posuda, SMEITS, Beograd, 2006.