

UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA MAŠINSKO INŽENJERSTVO
LABORATORIJA ZA TERMOTEHNIKU,
TERMOENERGETIKU I PROCESNU TEHNIKU



IZVEŠTAJ O ISPITIVANU
br. 612-30-35-1/11

ČELIČNOG PANELNOG RADIJATORA
model BAUGER
tip BAUGER 22-600 (PKKP)

PROIZVOĐAČ: "МАКТЕК" – TURSKA

NARUČILAC: "ETAŽ" d.o.o. – BEOGRAD



Niš
Juni 2011. godine

1. PREDMET ISPITIVANJA

Na osnovu zahteva Naručioca od 20.04.2011. godine izvršeno je ispitivanje čeličnog panelnog radijatora model **BAUGER**, tip **BAUGER 22-600x1000 (PKKP)**, proizvođača "**MAKTEK**" – **TURSKA**. Za ispitivanje je dostavljen jedan uzorak ovog tipa radijatora, dužine 1000 mm.

2. NARUČILAC

"**ETAŽ**"d.o.o. – 11224 Beograd – Vrčin, Šumatovačka 2.

3. NAMENA PROIZVODA

Ovo grejno telo namenjeno je za zagrevanje vazduha u prostorijama. Kao grejni fluid koristi se topla voda, a predaja toplote vrši se konvekcijom i zračenjem.

4. TEHNIČKI PODACI

Tehničke karakteristike čeličnog panelnog radijatora model **BAUGER**, tip **BAUGER 22-600x1000 (PKKP)**, date su u tabeli 1:

*Tabela 1. Tehničke karakteristike čeličnog panelnog radijatora **BAUGER 22-600x1000 (PKKP)**,*

Karakteristike	BAUGER 22-600x1000 (PKKP)
Dužina radijatora, mm	1000
Visina radijatora, mm	600
Rastojanje priključaka, mm	545
Širina (debljina) radijatora, mm	100
Dimenzija priključaka	1/2"
Materijal	čelik

5. ODREĐIVANJE TOPLOTNE SNAGE GREJNOG TELA

Određivanje toplotne snage grejnog tela vršeno je prema JUS M.E5.100, a šema instalacije prikazana je na slici 1.

Toplotna snaga prema JUS M.E5.100 određuje se na osnovu izraza:

$$Q = m_w c_w (t_1 - t_2) \quad (1)$$

gde je:

m_w - protok vode, kg/s

t_1 - temperatura vode na ulazu u grejno telo, °C

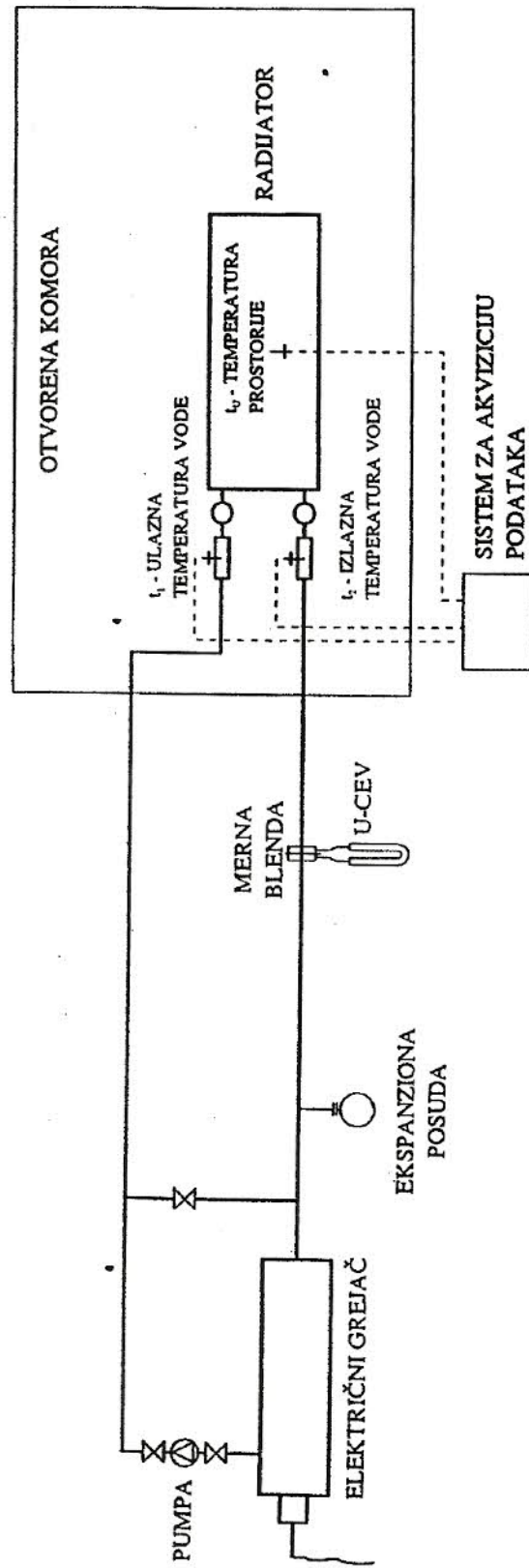
t_2 - temperatura vode na izlazu iz grejnog tela, °C

Maseni protok vode određivan je standardnom mernom blendom prema DIN 1952. Pad pritiska u blendi meren je pomoću U-cevi sa živom. Protok vode određivan je sa tačnošću $\pm 0,5\%$.

Temperatura vode na ulazu i izlazu iz grejnog tela merena je termoparovima hromel-alumel prečnika 0,2 mm. Temperature su merene sa tačnošću $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

6. OPIS I DIMENZIJE KOMORE ZA ISPITIVANJE GREJNOG TELA

Ispitivanje grejnog tela vrši se u otvorenoj komori, prema JUS M.E6.083. Šematski prikaz otvorene komore za ispitivanje dat je na slici 2. Unutrašnje dimenzije otvorene komore iznose: dužina 2,5 m, širina 1,5 m i visina 2,5 m.



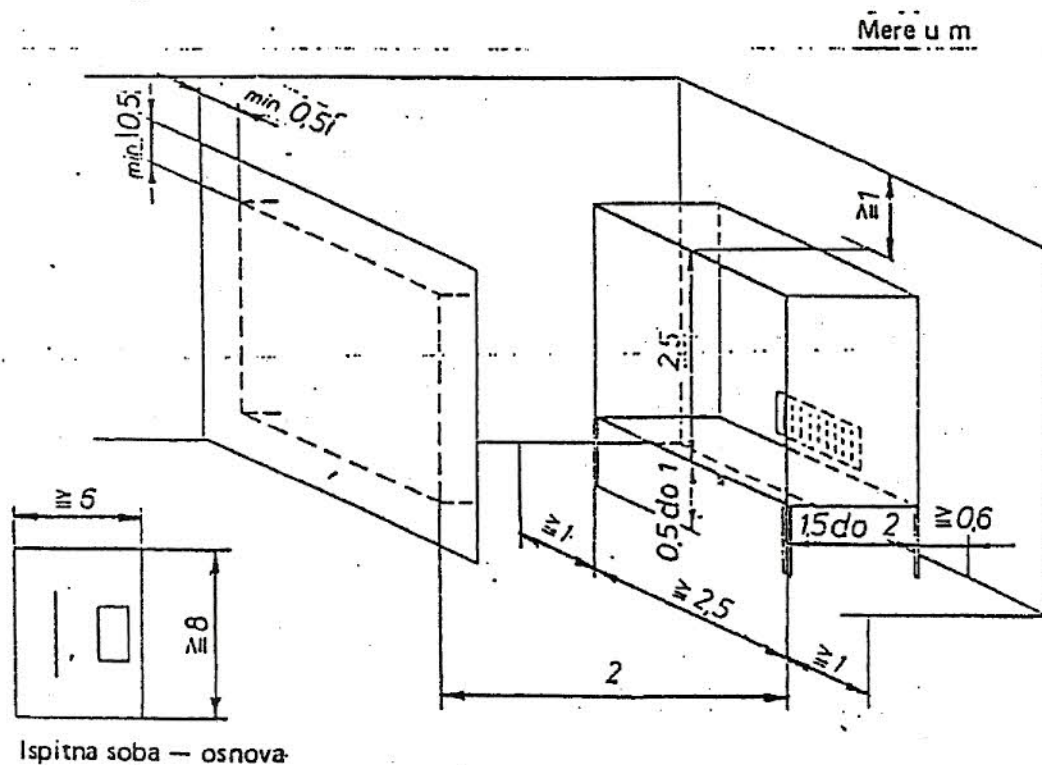
Sl. 1. Šema eksperimentalne instalacije za ispitivanje grejnih tela

Komora je podignuta za 0,5 m iznad poda i udaljena od tavanice više od 1 m, a od bočnih zidova prostorije znatno više od 1 m. Nasuprot otvorenoj strani komore nalazi se unutrašnji zid prostorije. Konstrukcija i materijal od koga su napravljeni zidovi komore u potpunosti odgovaraju zahtevima koji su dati u JUS M.E6.083.

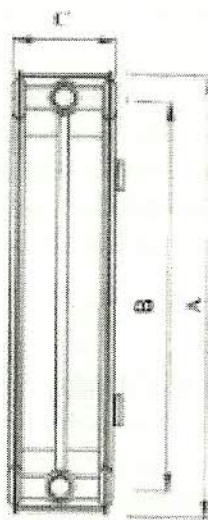
Komora za ispitivanje smeštena je u prostoriji čija je zapremina znatno veća od 200 m^3 (dimenzija $20 \times 10 \times 6 \text{ m}$) i u kojoj se temperatura vazduha i zidova bitno ne menja pod uticajem odavanja toplote grejnog tela koje se ispituje.

7. OPIS I DIMENZIJE GREJNOG TELA

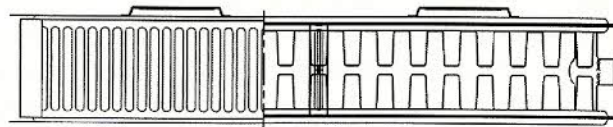
Na slici 3 date su dimenzije grejnog tela, a na slici 4 fotografija tog grejnog tela. Ove slike omogućavaju uvid u konstrukciju grejnog tela.



Sl.2. Šematski prikaz, mere i smeštaj otvorene komore za ispitivanje grejnih tela

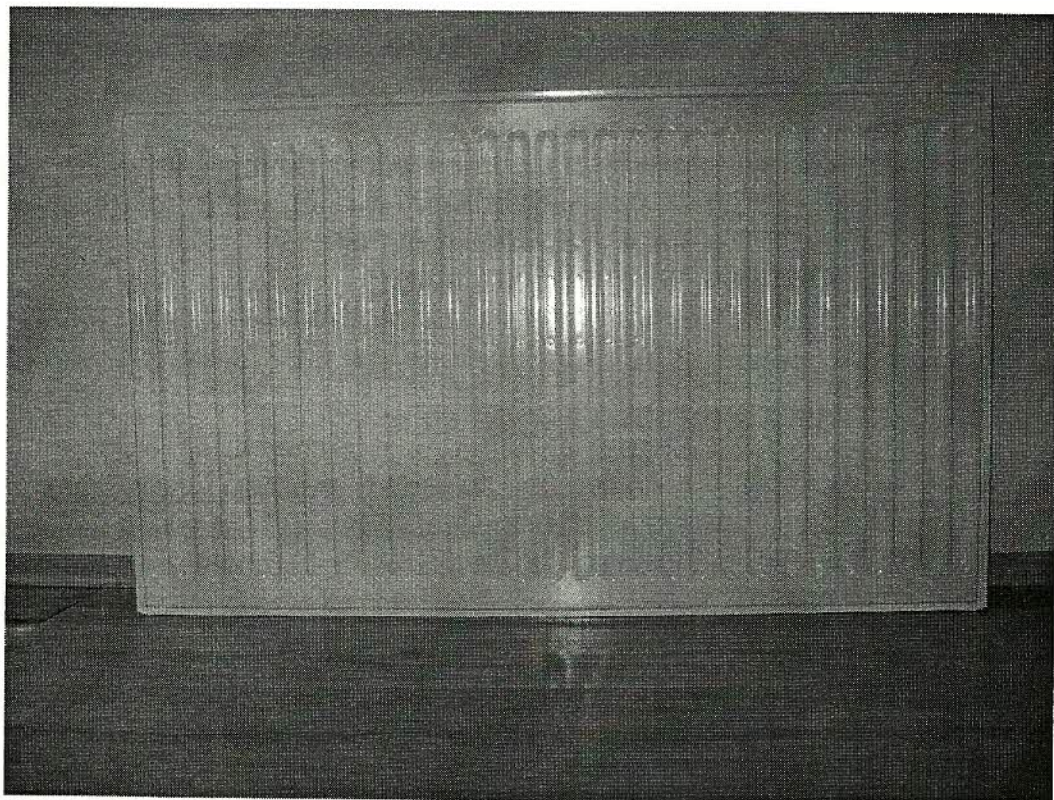


TIP 22



Karakteristike radijatora	22-600x1000
Visina panelnog radijatora, A	600 mm
Rastojanje priključaka, B	545 mm
Širina (debljina) panelnog radijatora, C	100 mm
Dimenzija priključaka	1/2"

Sl. 3. Dimenzije čeličnog panelnog radijatora BAUGER 22-600x1000 (PKKP)



Sl. 4. Čelični panelni radijator BAUGER 22-600x1000 (PKKP)

8. POSTAVLJANJE GREJNOG TELA U KOMORI ZA ISPITIVANJE

Grejno telo se u komori za ispitivanje (JUS M.E6.081) postavlja paralelno jednom zidu u ravni njegove vertikalne simetrije u unutrašnjosti komore za ispitivanje. Slobodan prostor između leđne površine grejnog tela, koja odaje toplotu, i susednog zida komore za ispitivanje iznosi $0,05 \pm 0,005$ m. Slobodan prostor između grejnog tela i poda komore za ispitivanje iznosi 0,10-0,12 m. Povezivanje sa dovodnim i odvodnim cevnim vodovima izvedeno je onako kako konstrukcija grejnog tela zahteva. Grejna tela se oslanjaju i učvršćuju pomoću elemenata koje normalno isporučuje proizvođač, pri čemu su ispunjeni svi navedeni uslovi. Grejno telo koje je ispitivano obojeno je belom bojom.

9. MERENJA U KOMORI ZA ISPITIVANJE

Prilikom ispitivanja vršena su merenja sledećih veličina (JUS M.E6.081):

1. Merenje temperature vazduha u unutrašnjosti komore i to u referentnoj tački sa tačnošću od $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, a u drugim tačkama sa tačnošću $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Merenja temperature vršena su termoparovima hromel-alumel prečnika 0,2 mm, kao i baždarenim živinim termometrima čije je pokazivanje $0,1^{\circ}\text{C}$ ili $0,2^{\circ}\text{C}$.

Temperatura vazduha u komori za ispitivanje merena je:

1.1 na centralnoj vertikali unutrašnje komore i to:

a) u referentnoj tački na 0,75 m od poda,

b) u četiri tačke :
- na 0,05 m od poda,
- na 0,50 m od poda,
- na 1,50 m od poda,
- na 0,05 m od plafona,

1.2 na dve vertikale na 1 m rastojanja od dva susedna zida u četiri tačke (dve na svakoj vertikali):
- na 0,75 m od poda
- na 1,50 m od poda

Na slici 5 prikazan je odgovarajući raspored tačaka merenja temperatura (u perspektivi) utvrđenih u standardima JUS M.E6.080 i JUS M.E6.081.

2. Relativna vlažnost vazduha u unutrašnjoj komori

3. Barometarski pritisak, sa tačnošću ± 1 mbar.

Za prikupljanje i obradu podataka korišćen je sistem za akviziciju Hewlett-Packard.

10. DOVOĐENJE U STACIONARNO STANJE

Ispitivanje grejnog tela vršeno je toplom vodom prema standardima JUS M.E6.080 i JUS M.E6.081 u stacionarnim uslovima. Grejno telo se postepeno zagreva i dovodi u stacionarno stanje. Pri svakom ispitivanju, nakon uspostavljanju stacionarnog stanja, čije je trajanje bilo najmanje 1 čas, u jednakim vremenskim razmacima od najviše 10 min vršeno je registrovanje svih potrebnih veličina:

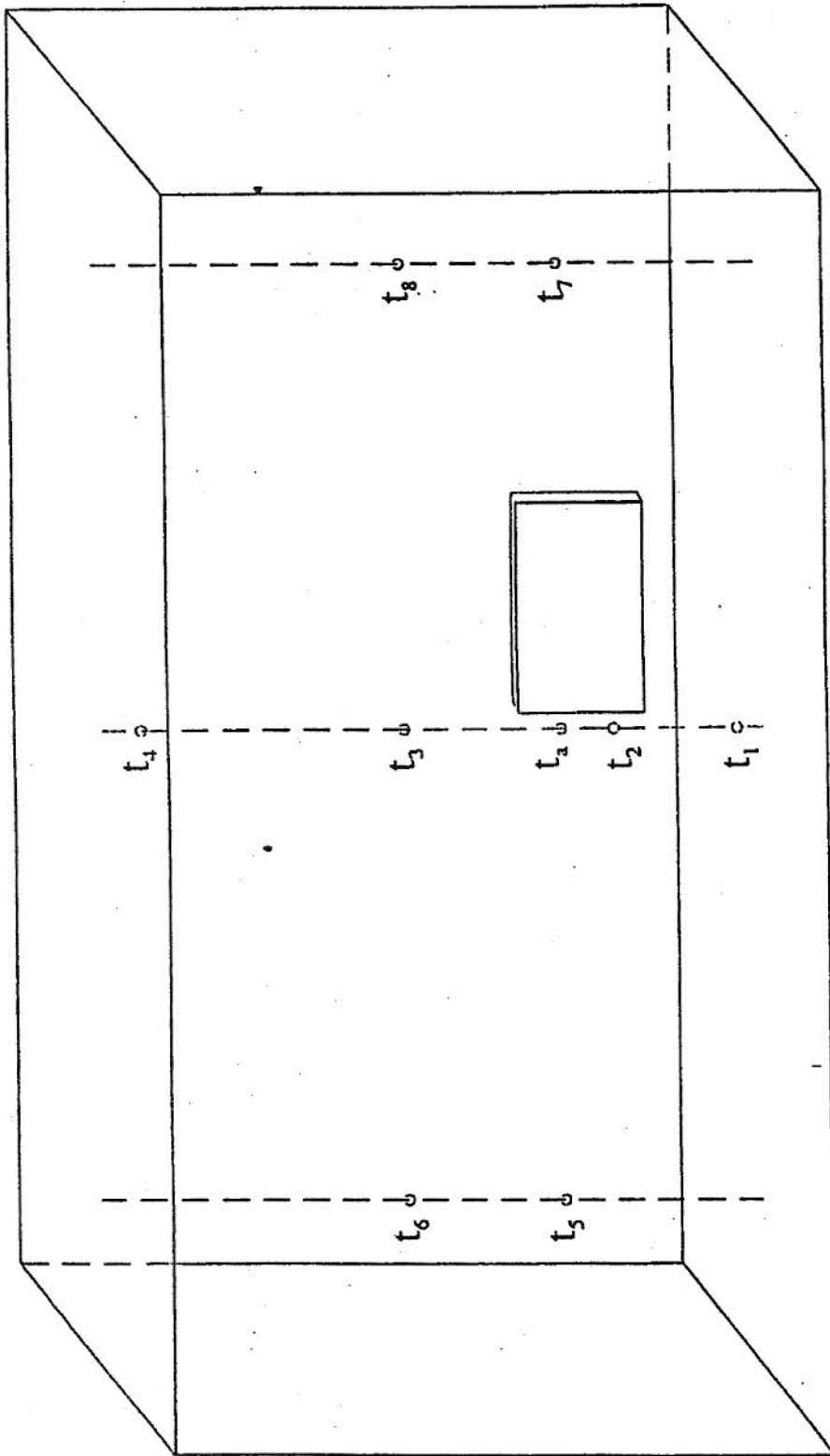
- pad pritiska u blendi,
- temperatura nosioca toplote na ulazu u grejno telo,
- temperatura nosioca toplote na izlazu iz grejnog tela,,
- temperature vazduha u komori za ispitivanje.

Izvršena su po 3 ispitivanja za sledeće srednje temperature grejnog fluida u grejnom telu:

$50 \pm 5^{\circ}\text{C}$

$65 \pm 5^{\circ}\text{C}$

$80 \pm 3^{\circ}\text{C}$



Sl.5. Raspored tačaka merenja temperature u komori

Ispitivanja su vršena pri stalnom protoku sa dozvoljenim odstupanjima $\pm 2\%$, a protok je biran na takav način da je pad temperature u grejnom telu 20 ± 2 °C kada se ispitivanje vrši na 80 °C.

Rezultati merenja dati su u tabeli 2.

Toplotna snaga merena u najmanje tri tačke (za tri različita temperaturna režima) izražava se prema JUS M.E6.082 u obliku:

$$Q = B (t_{sr} - t_a)^n = B \Delta t^n \quad (2)$$

gde je:

t_{sr} - srednja temperatura grejnog fluida, °C; $t_{sr} = 0,5 (t_1 + t_2)$

t_a - referentna temperatura vazduha u komori, °C

B i n - koeficijenti dobijeni iz zavisnosti $\log Q = f(\log(t_{sr} - t_a)) = f(\log \Delta t)$.

11. REZULTATI MERENJA

11.1 Određivanje toplotne snage radijatora

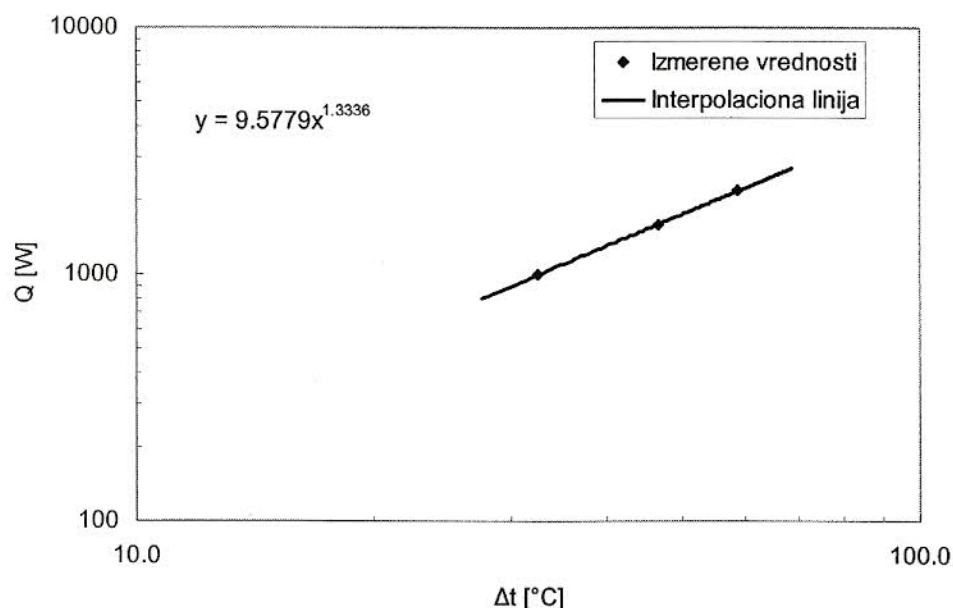
Rezultati merenja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Srednje vrednosti dobijene ispitivanjem čeličnog panelnog radijatora BAUGER 22-600x1000 (PKKP)

Režim	$m \times 10^3$	t_1	t_2	$t_1 - t_2$	t_{sr}	Cw	Q	t_a	$dt = t_{sr} - t_a$
	kg/s	°C	°C	°C	°C	J/kg°C	W	°C	°C
1.	28,45	56,83	48,39	8,44	52,61	4.175	1.002	20,00	32,61
2.	28,45	73,05	59,75	13,30	66,40	4.184	1.583	20,00	46,40
3.	28,45	88,02	69,55	18,47	78,79	4.194	2.204	20,00	58,79

U toku merenja barometarski pritisak iznosio je 998 mbar, a relativna vlažnost vazduha 64 %.

Na osnovu rezultata merenja, prikazanih u tabeli 2, nacrtane su zavisnosti $Q = f(\Delta t)$ u $\log Q - \log \Delta t$ koordinatnom sistemu, slika 6. Na osnovu tih podataka određene su vrednosti koeficijenta B i n, kao i nazivna toplotna snaga ispitivanog grejnog tela za toplovodni režim grejanja 90/70 °C i unutrašnju projekttnu temperaturu 20°C, što je prikazano u tabeli 3.



Sl. 6. Zavisnost $Q = f(\Delta t)$ za čeličnog panelnog radijatora BAUGER 22-600x1000 (PKKP)

Tabela 3. Karakteristike čeličnog panelnog radijatora BAUGER 22-600x1000 (PKKP)

Karakteristike	BAUGER 22-600x1000 (PKKP)
Nazivna toplotna snaga radijatora dužine 1000 mm, W	2252
Nominalni protok vode kroz radijator, kg/s	$26,84 \cdot 10^{-3}$
Masa radijatora, kg	
Koeficijent toplotne snage radijatora, B	9,5779
Eksponent toplotne snage, n	1,3336

11.2 Ispitivanje na vodeni pritisak

Ispitivanje radijatora na pritisak izvršeno je statičkim pritiskom, vodom. Ispitni pritisak iznosio je 13 bara. Radijator je pod ovim pritiskom bio dva sata.

U toku trajanja ispitivanja na radijatoru nisu registrovane bilo kakve deformacije niti curenja.

12. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenog pregleda i obavljenih merenja došlo se do sledećih zaključaka:

- konstrukcija grejnog tela je takva da u uslovima ispitivanja nigde nisu nastale trajne deformacije ili bilo kakava oštećenja pojedinih elemenata,
- svi elementi ispitivanog grejnog tela su tako spojeni da u toku ispitivanja nije došlo do deformacija,
- grejno telo je ispitano na hladni vodeni pritisak od 13 bara i tom prilikom nisu primećene nikakve trajne deformacije,

Na osnovu svega napred izloženog može se zaključiti da ispitivano grejno telo model **BAUGER**, tip **BAUGER 22-600x1000 (PKKP)**, proizvođača "**MAKTEK**" – **TURSKA**, u svemu odgovara svojoj osnovnoj nameni, tako da se može koristiti kao uređaji za zagrevanje prostorija.

U Nišu
21.06.2011.

ISPITIVANJE IZVRŠILI:


dr Mladen M. Stojiljković, red. prof.


dr Branislav Stojanović, van. prof.


dr Jelena Janevski, docent


dr Dejan Mitrović, docentt

PRILOG 1

ODAVANJE TOPLOTE ČELIČNIH PANELNIH RADIJATORA TIP BAUGER 22-600 (PKKP) MAKTEK – TURSKA

Odavanje toplote čeličnih panelnih radijatora tip **BAUGER 22-600 (PKKP)**, proizvođača **MAKTEK - TURSKA**, dužina 400÷2200 mm, za temperaturni režim 90/70 dato je u tabeli 4.

*Tabela 4. Odavanje toplote radijatora tip **BAUGER 22-600 (PKKP)**, proizvođača **MAKTEK - TURSKA**, dužina 400÷2200 mm, za temperaturni režim 90/70 °C, (W)*

Odavanje toplote radijatora BAUGER 22-600 (PKKP), za temperaturni režim 90/70 °C (W)					
Dužina	Unutrašnja projektna temperatura, tu (°C)				
mm	15	18	20	22	24
400	1002	941	901	861	822
600	1503	1412	1351	1291	1232
800	2005	1882	1802	1722	1643
1000	2506	2353	2252	2152	2054
1200	3007	2823	2702	2583	2465
1400	3508	3294	3153	3013	2876
1600	4009	3764	3603	3444	3286
1800	4510	4235	4054	3874	3697
2000	5011	4705	4504	4305	4108
2200	5513	5176	4954	4735	4519

Napomena:

Preračunavanje toplotne snage za temperaturne uslove različite od nominalnih vrši se na osnovu izraza

$$Q = Q_n (\Delta t / \Delta t_n)^n$$

gde je:

Q_n – nazivna toplotna snaga radijatora za temperaturu vode 90/70 °C i temperaturu u prostoriji 20 °C,

Q – toplotna snaga radijatora za druge temperaturne uslove rada,

Δt – srednja razlika temperature, a određuje se na osnovu izraza,

$$\Delta t = (t_n + t_p) / 2 - t_u$$

Δt_n – srednja razlika temperatura za nominalne uslove ($t_n=90$ °C, $t_p=70$ °C i $t_u=20$ °C) i iznosi $\Delta t_n=60$ °C,

n – eksponent toplotne snage radijatora,

t_n – temperature vode na ulazu u radijator (napojne vode),

t_p – temperature vode na izlazu iz radijatora (povratne vode),

t_u – unutrašnja projektna temperatura.

Rukovodilac
ispitivanja

Mladen Stojiljković

Prof. dr Mladen Stojiljković

Rukovodilac
Zavoda za mašinsko inženjerstvo



Dragan Milčić

Prof. dr Dragan Milčić

PRILOG – FOTOGRAFIJE SA ISPITIVANJA

