



UNIVERZITET U NIŠU / UNIVERSITY OF NIŠ /
MAŠINSKI FAKULTET U NIŠU
/ FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING NIŠ /
ZAVOD ZA MAŠINSKO INŽENJERSTVO
/ INSTITUTE FOR MECHANICAL ENGINEERING /
LABORATORIJA ZA TERMOTEHNIKU, TERMOENERGETIKU I
PROCESNU TEHNIKU
/ LABOARATORY FOR THERMAL AND PROCESS ENGINEERING /
18000 Niš, ul. A. Medvedeva br. 14
tel/faks 018/588-199, 500-699, 500-701, e-mail: zavod@masfak.ni.ac.rs

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU / REPORT ON EXAMINATION / Br. / No / 612-22-105/19

Proizvod: CEVNO GREJNO TELO - SUŠAČ PEŠKIRA
/ Product / / TOWEL RAIL /
Tip / Type /: BODRUM
Model / Model /: BODRUM 500x1500

Proizvođač: DEMIR DOKUM - Turska.
/ Manufacturer /

Naručilac: Vaillant d.o.o.
/ Ordering party / 11030 Beograd, Radnička 57, Srbija

Metod ispitivanja: Izvršeno je ispitivanje toplotne cevnog grejnog tela.
/ Results of examination / / Examination of the towel dryer capacity is performed. /
Ispitivanja su izvršena u skladu sa standardom SRPS EN 442-2:2012.
/ Examinations are performed according to the standard SRPS EN 442-2:2012. /
Cevno grejno telo tip **BODRUM**, model **BODRUM 500x1500**, dostavio je naručilac
19.07.2019. godine.
*/ Towel dryer, type BODRUM, model BODRUM 500x1500, is delivered by the
ordering party on 19.07.2019. /*
Visina cevno grejnog tela je 1500 mm, širina 500 mm, broj cevi 24, prečnik cevi
20 mm.
*/ The height of the towel dryer is 1500 mm, width 500 mm, number of pipes 24,
diameter of each pipe 20 mm. /*

Rezultati ispitivanja: Nazivna toplotna snaga cevnog grejnog tela, Φ , za $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ 757 W
/ Results of examination / / Nominal heating capacity of the radiator, Φ , for $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ /
Nazivna toplotna snaga cevnog grejnog tela, Φ , za $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ 603 W
/ Nominal heating capacity of the radiator, Φ , for $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ /
Nazivna toplotna snaga cevnog grejnog tela, Φ , za $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ 319 W
/ Nominal heating capacity of the radiator, Φ , for $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ /
Koeficijent toplotne snage radijatora, K_m 4,5471
/ Coefficient of radiator heating capacity, K_m /
Eksponent toplotne snage, n 1,2494
/ Exponent of heating capacity, n /
Maksimalna temperatura vode 90 °C
/ Maximal water temperature /

Niš, 19.07.2019. god.

Rukovodilac ispitivanja
/ Examination Manager /

Mladen Stojiljković

Prof. dr Mladen Stojiljković



Rukovodilac Zavoda za mašinsko inženjerstvo
/ Director of the Institute of Mechanical Engineering /

Predrag Janković

Prof. dr Predrag Janković

1. PREDMET ISPITIVANJA

Na osnovu zahteva Naručioca od 19.07.2019. godine izvršeno je ispitivanje cevnog grejnog tela - sušača peškira, tip **BODRUM**, model **BODRUM 500x1500**, proizvođača **DEMIR DOKUM, Turska**.

Na osnovu ispitivanja ovog grejnog tela izvršen je i proračun toplotne snage i ostalih grejnih tela koje je Naručilac naveo u svom zahtevu i to:

tip **DODRUM**,

model: **BODRUM 400x700, 400x800, 400x1200, 400x1800**

BODRUM, 500x1000, 500x1200, 500x1500, 500x1800

BODRUM, 600x1000, 600x1200, 600x1500, 600x1800

2. NARUČILAC

Vaillant d.o.o., 11030 Beograd, Radnička 57, Srbija

3. NAMENA PROIZVODA

Grejna tela su namenjena za zagrevanje vazduha u prostorijama. Kao grejni fluid koristi se topla voda, a predaja toplote vrši se konvekcijom i zračenjem.

4. UZORCI ZA ISPITIVANJE

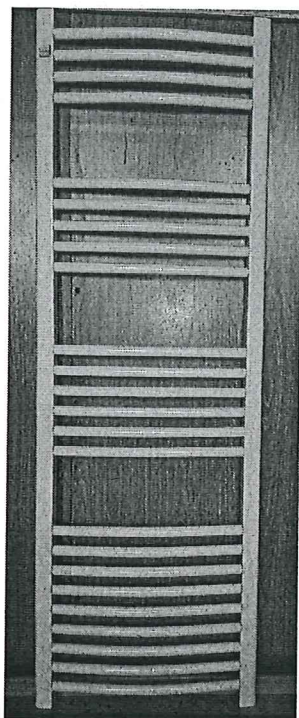
Za ispitivanje je dostavljen jedan uzorak cevnog grejnog tela tip **BODRUM**, model **BODRUM 500x1500** i na njemu su izvršena potrebna ispitivanja. Za sva cevna grejna tela je dostavljena kompletna tehnička dokumentacija. Ispitivanje navedenog grejnog tela izvršeno je u laboratoriji Mašinskog fakulteta u Nišu, a za ostale modele rezultati su dobijeni proračunom.

4. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

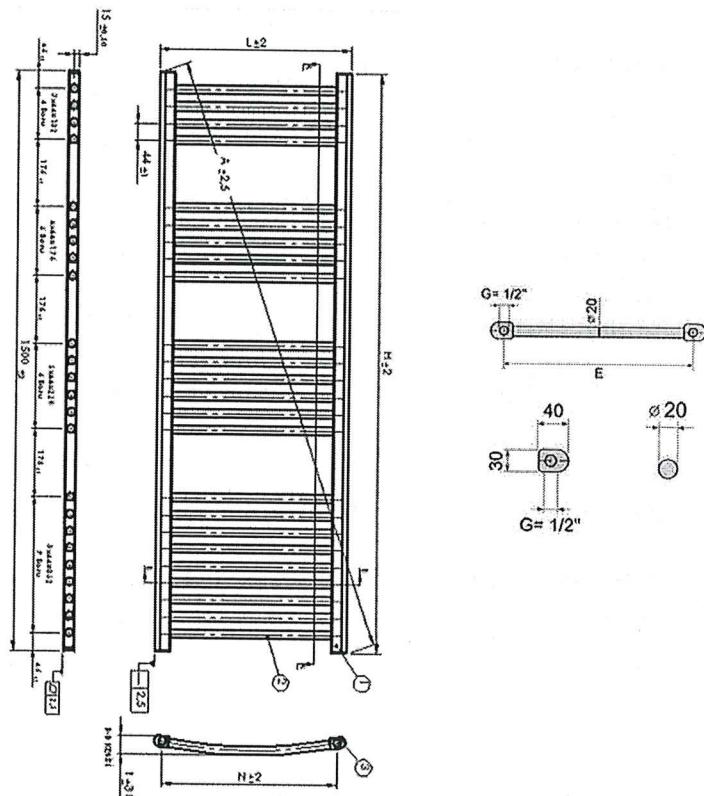
Izgled cevnog grejnog tela tip **BODRUM** prikazan je na slici 1, a osnovne mere prikazane su na slici 2 i date u tabeli 1.

Tabela 1. Osnovne mere cevnih grejnih tela tip **BODRUM**

Model	Širina (L)	Visina (H)	Oсно rastojanje (N)	Br cevi (n)	G
	mm	mm	mm		"
400/700	400	700	356	13	1/2
400/800	400	800	356	14	1/2
400/1200	400	1200	356	20	1/2
400/1800	400	1800	356	30	1/2
500/700	500	700	456	13	1/2
500/1000	500	1000	456	16	1/2
500/1200	500	1200	456	20	1/2
500/1500	500	1500	456	24	1/2
500/1800	500	1800	456	30	1/2
600/700	600	700	556	13	1/2
600/1000	600	1000	556	16	1/2
600/1200	600	1200	556	20	1/2
600/1500	600	1500	556	24	1/2
600/1800	600	1800	556	30	1/2



Sl. 1. Izgled cevnog grejnog tela, model **BODRUM 500x1500**



Sl. 2. Osnovne mere cevnih grejnih tela tip **BODRUM**

6. KONTROLA KVALITETA

6.1. Provera mera

Pregledom dostavljenih cevnih grejnih tela tip **BODRUM**, utvrđeno je da su oblik i konstrukcija grejnih tela, kao i sve mere iz tabele 1 u saglasnosti sa priloženom tehničkom dokumentacijom.

6.2. Ispitivanje na vodeni pritisak

Ispitivanje na pritisak, izvršeno je statičkim pritiskom, vodom. Ispitni pritisak iznosio je 10 bar. Maksimalni radni pritisak kod ovih grejnih tela je 7 bar.

U toku ispitivanja, na grejnom telu nisu registrovane bilo kakve deformacije, niti curenja.

7. ODREĐIVANJE TOPLOTNE SNAGE GREJNOG TELA

Ispitivanje grejnog tela tip **BODRUM**, model **BODRUM 500x1500** vršeno je u zatvorenoj komori, prema standardu SRPS EN 442-2:2012, u stacionarnim uslovima.

Kao primarni fluid korišćena je topla voda sistema 90/70 °C.

Tokom ispitivanja vršena su merenja sledećih veličina:

- protok vode kroz grejno telo,
- temperatura vode na ulazu u grejno telo,
- temperatura vode na izlazu iz grejnog tela,
- temperatura vazduha u komori za ispitivanje grejnog tela, (referentna i ostale),
- barometarski pritisak,
- relativna vlažnost vazduha u zatvorenoj komori.

Tokom merenja korišćena je sledeća merna oprema:

- ultrazvučni merač količine toplote, proizvođača Kamstrup,
- termoparovi,
- termometri sa živom,
- barometar,
- higrometar.

Određivanje toplotne snage grejnog tela vrši se prema standardu SRPS EN 442-2:2012.

Toplotna snaga se određuje na osnovu izmerenog protoka vode i temperatura t_1 i t_2 :

$$\Phi = q_w (h_1 - h_2) = q_w c_w (t_1 - t_2) \quad (1)$$

gde je:

- q_w - protok vode, kg/s
- h_1 - entalpija vode na ulazu u grejno telo, kJ/kg
- h_2 - entalpija vode na izlazu iz grejnog tela, kJ/kg
- t_1 - temperatura vode na ulazu u grejno telo, °C
- t_2 - temperatura vode na izlazu iz grejnog tela, °C

Ispitivanje se vrši u najmanje tri tačke, pri stalnom protoku vode, određenim za standardne uslove ($t_1=75$ °C, $t_2=65$ °C, $t_a=20$ °C, $\Delta t=50$ °C), sa dozvoljenim odstupanjem $\pm 0,5\%$, pri sledećim temperaturnim razlikama:

$$\Delta t = 30 \pm 2,5 \text{ °C}$$

$$\Delta t = 50 \pm 2,5 \text{ °C}$$

$$\Delta t = 60 \pm 2,5 \text{ °C}$$

Na osnovu obavljenih merenja, prema standardu SRPS EN 442-2:2012, određuje se karakteristična jednačina, (2), na osnovu koje se određuje toplotna snaga grejnog tela za bilo koje temperaturske uslove:

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

gde je:

t_{sr} - srednja temperatura grejnog fluida, °C;

$$t_{sr} = 0,5 (t_1 + t_2) \quad (3)$$

t_a - referentna temperatura vazduha u komori, °C, treba da iznosi $(20 \pm 0,5)$ °C

Δt - razlika temperatura, °C

K_m - koeficijent toplotne snage, dobijen iz zavisnosti $\log \Phi = f(\log(t_{sr} - t_a)) = f(\log \Delta t)$,

n - eksponent toplotne snage, dobijen iz zavisnosti $\log \Phi = f(\log(t_{sr} - t_a)) = f(\log \Delta t)$.

8. REZULTATI MERENJA

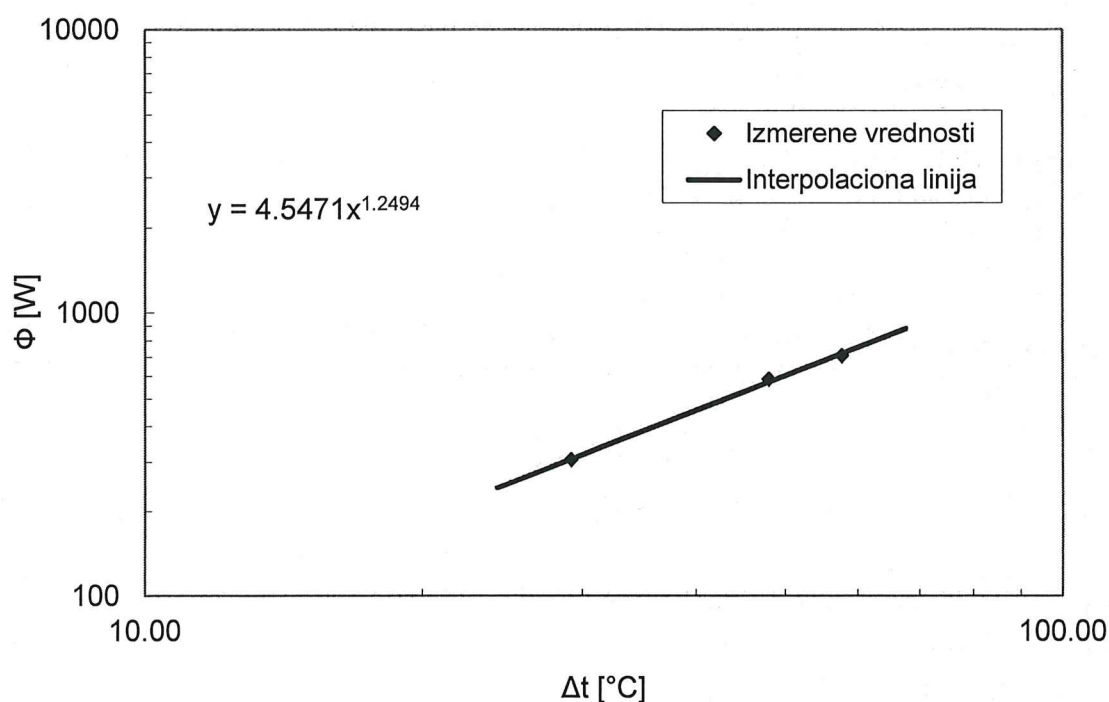
Rezultati merenja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Srednje vrednosti dobijene ispitivanjem cevnog grejnog tela model **BODRUM 500x1500**

Režim	$q_w \cdot 10^3$ kg/s	t_1 °C	t_2 °C	t_{sr} °C	c_p J/kg°C	$t_1 - t_2$ °C	Φ W	t_a °C	$\Delta t = t_{sr} - t_a$ °C
1	9,03	53,42	45,31	49,37	4174	8,11	306	20,20	29,17
2	9,03	75,84	60,33	68,09	4186	15,51	586	20,10	47,99
3	9,03	87,05	68,32	77,69	4193	18,73	709	20,00	57,69

U toku merenja barometarski pritisak iznosio je 1015 mbar, a relativna vlažnost vazduha 40 %.

Na osnovu rezultata merenja, prikazanih u tabeli 2, nacrtana je zavisnosti $\Phi = f(\Delta t)$ u $\log \Phi - \log \Delta t$ koordinatnom sistemu, slika 3. Na osnovu tih podataka određene su vrednosti koeficijenta K_m i eksponenta 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. 3. Zavisnost $\Phi=f(\Delta t)$ za cevno grejno telo model **BODRUM 500x1500**Tabela 3. Karakteristike cevnog grejnog tela tip **BODRUM**, model **BODRUM 500x1500**

Karakteristike	BODRUM 500x1500
Nazivna toplotna cevnog grejnog tela, za $\Delta t=60$ °C, W	757
Nazivna toplotna cevnog grejnog tela, za $\Delta t=50$ °C, W	603
Nazivna toplotna cevnog grejnog tela, za $\Delta t=30$ °C, W	319
Koeficijent toplotne snage, K_m	4,5471
Eksponent toplotne snage, n	1,2494
Nominalni protok vode kroz grejno telo za $\Delta t=60$ °C, kg/s	$9,02 \cdot 10^{-3}$
Masa grejnog tela, kg	
Masa vode u grejnom telu, lit	

Za ostala cevna grejna tela, na osnovu obavljenih merenja za navedeno cevno grejno telo, kao i preporuka iz literature, usvojeno je da je eksponent toplotne snage $n = 1,25$.

Rezultati za toplotnu snagu dobijeni proračunom za cevna grejna tela tipa **BODRUM**, za tri temperaturna režima 90/70/20 ($\Delta t = 60^\circ\text{C}$), 75/65/20 ($\Delta t = 50^\circ\text{C}$), 55/45/20 ($\Delta t = 30^\circ\text{C}$), prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati dobijeni proračunom za cevna grejna tela tip **BODRUM**, za temperaturne režime $\Delta t=60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tip	Karakteristike cevnih grejnih tela										
	Širina (L) mm	Visina (H) mm	Broj cevi	n	Km	90/70/20 °C		75/65/20 °C		55/45/20 °C	
						$\Delta t=60$ °C	$\Phi = K_m \Delta t^n$ W	$\Delta t=50$ °C	$\Phi = K_m \Delta t^n$ W	$\Delta t=30$ °C	$\Phi = K_m \Delta t^n$ W
400/700	400	700	13	1,2500	1,9480	60	325	50	259	30	137
400/800	400	800	14	1,2500	2,1285	60	355	50	283	30	149
400/1200	400	1200	20	1,2500	3,0235	60	505	50	402	30	212
400/1800	400	1800	30	1,2500	4,6556	60	777	50	619	30	327
500/700	500	700	13	1,2500	2,3391	60	391	50	311	30	164
500/1000	500	1000	16	1,2500	3,0611	60	511	50	407	30	215
500/1200	500	1200	20	1,2500	3,6102	60	603	50	480	30	253
500/1500	500	1500	24	1,2494	4,5471	60	757	50	603	30	319
500/1800	500	1800	30	1,2500	5,5281	60	923	50	735	30	388
600/700	600	700	13	1,2500	2,7227	60	455	50	362	30	191
600/1000	600	1000	16	1,2500	3,5500	60	593	50	472	30	249
600/1200	600	1200	20	1,2500	4,1893	60	700	50	557	30	294
600/1500	600	1500	24	1,2500	5,3025	60	885	50	705	30	372
600/1800	600	1800	30	1,2500	6,4231	60	1.073	50	854	30	451

9. ZAKLJUČAK

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

- konstrukcija grejnih tela je takva da u uslovima ispitivanja nigde nisu nastale trajne deformacije ili bilo kakava oštećenja pojedinih elemenata,
- svi elementi ispitivanih grejnih tela su tako spojeni da u toku ispitivanja nije došlo do deformacija,
- grejna tela su ispitana na hladni vodeni pritisak od 10 bar i tom prilikom nisu primećene nikakve trajne deformacije,

Na osnovu svega napred izloženog može se zaključiti da cevna grejna tela **tip BODRUM** navedenih modela, proizvođača **DEMIR DOKUM - Turska**, u svemu odgovaraju svojoj osnovnoj nameni, tako da se mogu koristiti kao uređaji za zagrevanja prostorija.

Navedena grejna tela mogu se koristiti za zagrevanje vazduha u prostorijama, u instalacijama centralnog toplovodnog grejanja, kako objekata koje imaju sopstveno centralno grejanje, tako i objekata priključenih na daljinsko grejanje.

Niš, 19.07.2019.

ISPITIVANJE IZVRŠILI:


dr Mladen M. Stojilković, red. prof.


dr Dejan Mitrović, van. prof.