



Univerzitet u Beogradu  
Mašinski fakultet

# ISPITIVANJE OREBRENIH ZAGREJAČA VAZDUHA SA RASPRŠIVANJEM VODE

Autori:

Milena Otović, Srbislav Genić, Uroš Milovančević,  
Vladimir Černicin, Srđan Otović, Snežana Stevanović



# Uvod

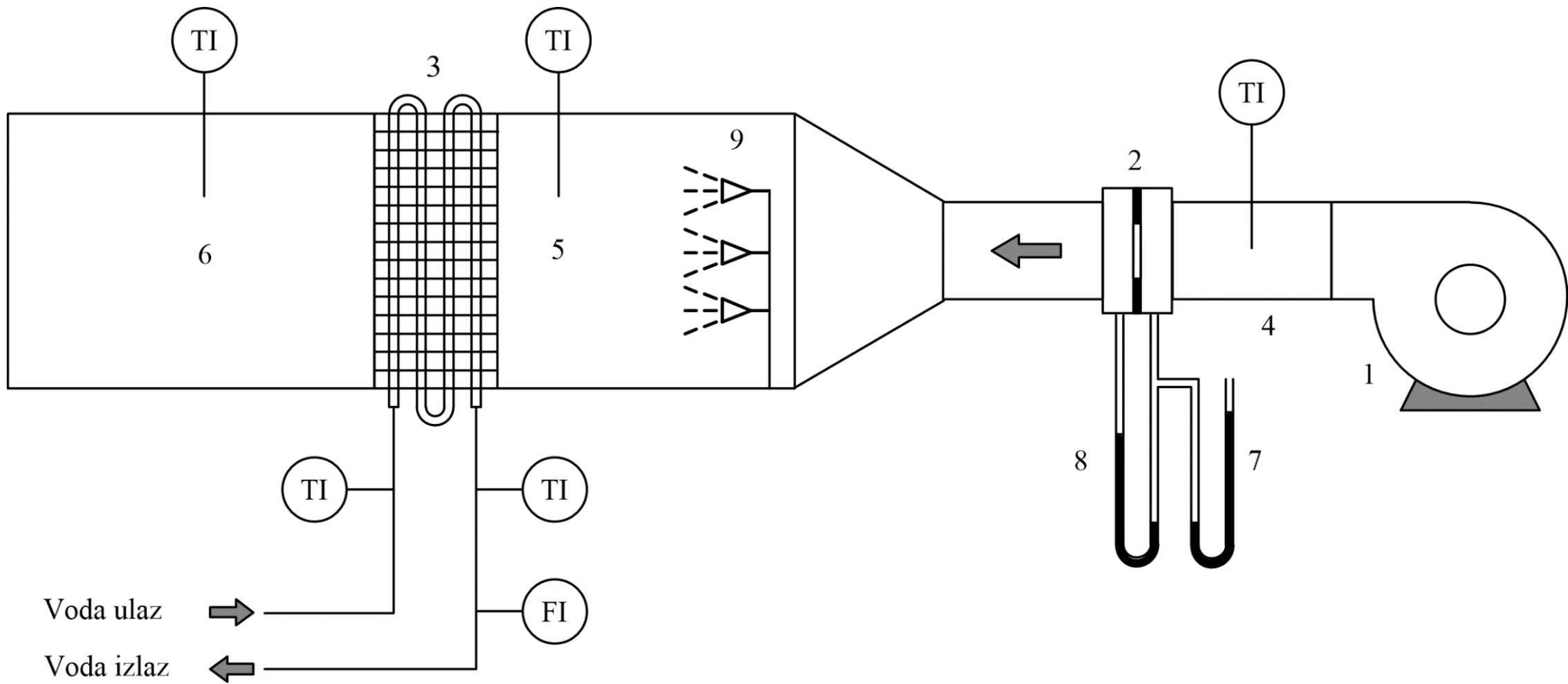
- konstrukcija – cevni snop,
- moguća ušteda 85 ÷ 95 % vode u odnosu na RT hlađenim protočnom vodom,
- protok vazduha je znatno manji nego kod RT hlađenih samo vazduhom,
- dovođenje sveže vode zbog isparavanja.



# Eksperimentalna instalacija

- fizički model – toplotna podstanica na Mašinskom fakultetu u Beogradu,
- merenje uticaja promene entalpije vazdušne struje usled orošavanja vazduha na ulazu u aparat,
- zagrejač vazduha u tri različita režima:
  - razmena suve toplote bez orošavanja vazduha,
  - sa orošavanjem vazduha do stanja adijabatskog zasićenja,
  - razmena suve i latentne toplote za slučaj strujanja presićenog vazduha.





Šematski prikaz eksperimentalne instalacije (TI – termometar, FI – protokomer)

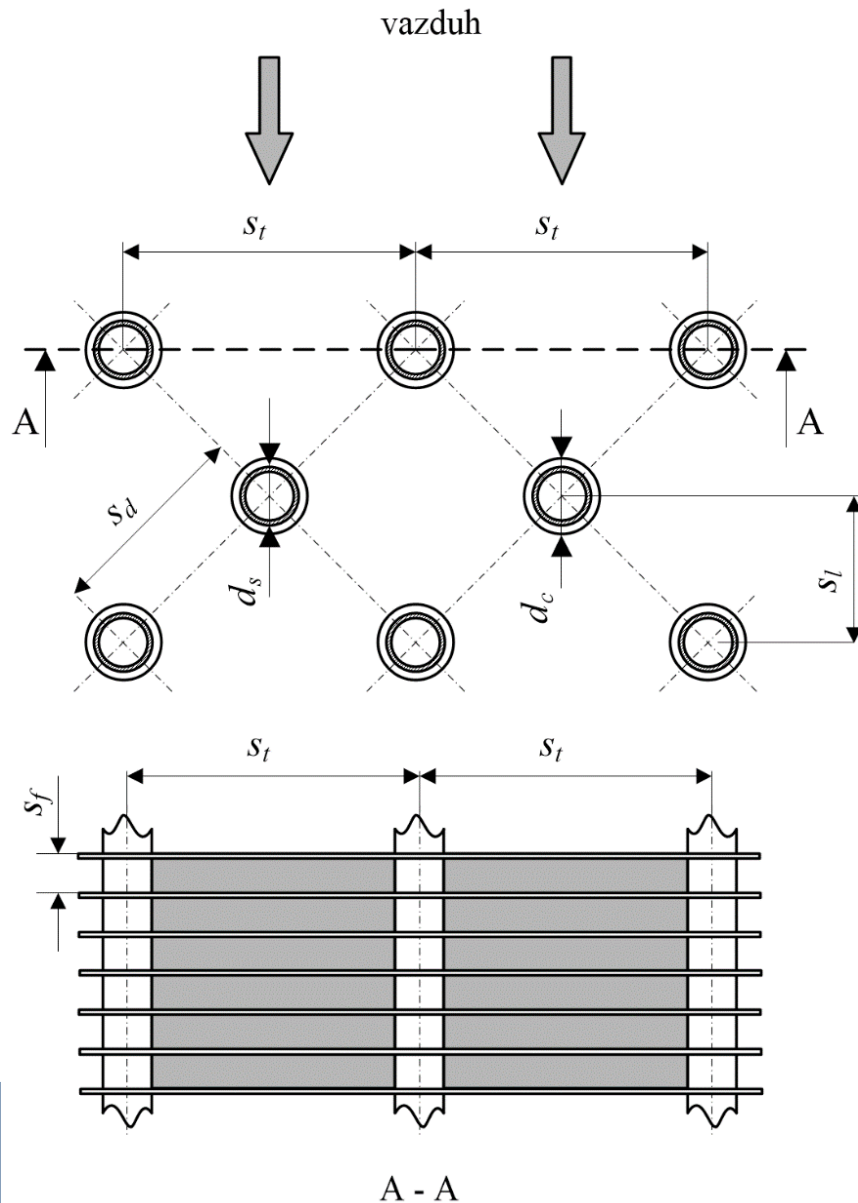


# Eksperimentalna instalacija

- dva seta merenja relevantnih parametara,
- ostvareni „suvi“ režimi, a zatim i „vlažni“ (sa orošavanjem vazduha do stanja adijabatskog zasićenja i za slučaj strujanja presićenog vazduha),
- kanal – maglena sekcija,
- protok, temperatura i relativna vlažnost vazduha,
- protok i temperatura vode za orošavanje,
- protok i temperature tople vode za zagrevanje RT.



# Eksperimentalna instalacija



## Osnovne geometrijske veličine ispitivanih razmenjivača toplote

Tip ispitivanog aparata	1	2
H, B [mm] – visina / širina RT	360	360
L [mm] – dužina u smeru strujanja vazduha	120	240
$d_u$ [mm] – unutrašnji prečnik cevi	11,9	11,9
$d_s$ [mm] – spoljašnji prečnik cevi	12,6	12,6
$d_{kr}$ [mm] – prečnik u korenu rebra	12,9	12,9
$s_l$ [mm] – podužni korak cevi	30	30
$s_t$ [mm] – poprečni korak cevi	30	30
$\delta_r$ [mm] – debljina rebara	0,3	0,3
$s_r$ [mm] – korak rebara	5,71	5,71



# Uslovi za izvođenje eksperimenta

- za svaki radni režim – merenja pada pritiska i toplotnih performansi RT,
- stacionarno stanje,
- realni eksploatacioni uslovi u zimskom periodu,
- delimično kontrolisani parametri vazduha, bez spoljašnjih vremenskih uticaja,
- toplotni bilans za sva tri toka odstupao manje od 10%.



# Matematička obrada i procena kvaliteta rezultata

- statistički metodi,
- ocena disperzije (standardne devijacije), odnosno greška merenja,
- toplotna snaga RT za topliji fluid (vodu):

$$Q_1 = m_1 \times c_{p1} \times (t_{1k} - t_{1p})$$

- toplotna snaga RT za hladniji fluid (vazduh):

$$Q_2 = m_2 \times (h_{2k} - h_{2p})$$





# Matematička obrada i procena kvaliteta rezultata

- za „vlažni“ režim – maseni protok vode za orošavanje:

$$m_{isp} = m_2 \times (x_{2k} - x_{2p})$$

- srednja vrednost toplotne snage:

$$Q_{sr} = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

- greška merenja toplotne snage:

$$s_Q = \sqrt{(Q_1 - Q_{sr})^2 + (Q_2 - Q_{sr})^2}$$



# Matematička obrada i procena kvaliteta rezultata

- koeficijent prolaza toplote:  $k = \frac{Q_{sr}}{S_{rt} \times \Delta t_{sr}}$
- koeficijenti prelaza toplote sa strane toplijeg i hladnijeg fluida:  $\alpha_1 = Nu_1 \times \frac{\lambda_1}{d_u}$        $\alpha_2 = Nu_2 \times \frac{\lambda_2}{d_h}$

- za laminarni režim strujanja: 
$$Nu_1 = \left[ 148 + 0,553 \times (Re_1 \times Pr_1)^{1,445} \right]^{0,295} \times \left( \frac{d_u}{0,13 \times 10^3} \right)^{0,04} \times \left( \frac{\mu_1}{\mu_{1z}} \right)^{0,14}$$

- za turbulentni režim strujanja: 
$$Nu_1 = 0,0235 \times (Re_1^{0,8} = 230) \times (1,8 \times Pr_1^{0,4} = 0,8)$$



# Zaključna razmatranja

- literatura – otpor strujanja vazduha i prelaza toplote,
- rezultati – radovi u časopisima sa SCI liste:
  - razvijena eksperimentalna instalacija za ispitivanje strujno-termičkih performansi rada RTOC koji rade kao zagrejači vazduha u uslovima orošavanja vazduha,
  - definisani svi merodavni parametri neophodni za dobijanje korelacije za proračun pada pritiska, kao i proračunske metode za određivanje koeficijenata prelaza toplote i vlage,
  - potvrđene kriterijumske zavisnosti za izračunavanje pada pritiska i koeficijenta prelaza toplote u suvim režimima.
- izrada modela za određivanje fenomena prenosa toplote i supstancije u realnim radnim uslovima.



Hvala na pažnji!

