

# PRILOZI

## SADRŽAJ PRILOGA

<b>Prilog A.</b>	<b>Jedinice mera i registar pojmova</b>	358
	Simboli i jedinice mera	358
	Odnosi jedinica osnovnih veličina	362
	Registar pojmova	363
<b>Prilog B.</b>	<b>Upustva za Excelovu podršku knjizi</b>	368
<b>Prilog C.</b>	<b>Pioniri u tehnici razmene toplote</b>	380
<b>Prilog D.</b>	<b>Dijagrami, tabele, svojstva fluida</b>	390
D.LMTD	Dijagram za očitavanje LMTD	390
D.RT21	Dijagram efikasnosti strujne šeme RT21	391
D.RT42	Dijagram efikasnosti strujne šeme RT42	392
D.RT63	Dijagram efikasnosti strujne šeme RT63	393
D.RT84	Dijagram efikasnosti strujne šeme RT84	394
D.KT	Dijagram koeficijenta trenja	395
TVS-1	Tabela veličina stanja tečnih fluida	396
TVS-2	Tabela veličina stanja vode i vodene pare	400
TVS-3	Tabela veličina stanja pri zasićenju vode	402
	Karakteristike vode i pare	403
D.STV	Dijagram specifičnog toplotnog kapaciteta za vodu	403
D.STP	Dijagram specifičnog toplotnog kapaciteta za paru	404
D.STL	Dijagram specifičnog toplotnog kapaciteta za led	404
D.GV	Dijagram gustine vode	405
D.GL	Dijagram gustine leda	405
D.TPV	Dijagram toplotne provodljivost vode	406
D.TPP	Dijagram toplotne provodljivost zasićene pare	406
D.DVV	Dijagram dinamičke viskoznosti vode	407
D.DVP	Dijagram dinamičke viskoznosti zasićene pare	407
D.TIV	Dijagram toplote isparavanja vode	408
D.PZ	Dijagram pritiska zasićenja pare	408
TVS-4	Tabela veličina stanja gasovitih fluida	409
TVS-5a	Veličine stanja za rashladne fluide pri zasićenju	411
TVS-5b	Specifična toplota za rashladne fluide	413
TVS-5c	Toplotna provodljivost za rashladne fluide	413
TVS-5d	Dinamička viskoznost za rashladne fluide	414

## A. JEDINICE MERA I REGISTAR POJMOVA

### SIMBOLI I JEDINICE MERA

$a$	[m <sup>2</sup> /s]	Koeficijent temperaturne vodljivosti
$a$	[-]	Koeficijent multiplikacije kombinovanog strujanja
$A$	[m <sup>2</sup> ]	Površina razmene
$As$	[-]	Značica promene agregatnog stanja
$Ar$	[-]	Arhimedov broj (značica)
$\alpha$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Koeficijent prelaza toplote
$\alpha$	[-]	Ugao profila navoja
$a, b$	[-]	Broj, konstanta, koeficijent
$a, b$	[-]	Poprečni i podužni odnos koraka i prečnika cevi
$b$	[mm]	Širina zaptivača
$Bi$	[-]	Bioov broj orebrene površine
$\beta$	[1/K]	Zapreminski koeficijent širenja
$C$	[-]	Koeficijent pri proračunu čvrstoće
$C_f$	[-]	Faktor čistoće aparata
$c$	[J/(kg K)]	Specifični toplotni kapacitet materije
$c_1$	[mm]	Dodatak dozvoljenog odstupanja debljine materijala
$c_2$	[mm]	Dodatak na koroziju
$c_5$	[mm]	Konstruktivni dodatak pri proračunu vijaka
$d$	[m]	Prečnik cevi, rastojanje
$d_{ekv}$	[m]	Ekvivalentni prečnik cevi, preseka
$\Delta t$	[°C]	Temperaturska razlika
$\Delta T$	[K]	Temperaturska razlika
$\Delta p$	[Pa]	Promena, pad pritiska

$\delta$	[m]	Debljina zida, malo rastojanje
$\delta$	[mm]	Debljina zaptivača
$\delta_h$	[m]	Horizontalno rastojanje između cevi registra
$\delta_v$	[m]	Vertikalno rastojanje između cevi registra
$\delta_d$	[m]	Dijagonalno rastojanje između cevi registra
$e$	[-]	Faktori mrežnog rasporeda poprečne struje (po Belu)
$E$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Modul elastičnosti
$E$	[-]	Bezdimenziona pomoćna vrednost logaritma <i>LMTD</i>
$Eu$	[-]	Ojlerov broj (značica)
$\varepsilon_k$	[-]	Korekcionni faktor kontaktnog otpora orebrenja
$\eta, \mu$	[Pa s]	Dinamički viskozitet
$\eta_r$	[-]	Efikasnost orebrene površine
$f$	[m <sup>2</sup> ]	Površina lukova cevnog snopa razmenjivača
$f_A$	[-]	Ukupni korekcionni faktor poprečnog strujanja
$f_{AE}$	[-]	Korekcionni faktor sekundarne struje A i E
$f_B$	[-]	Korekcionni faktor bajpasnog strujanja
$f_{CF}$	[-]	Korekcionni faktor sekundarne struje C i F
$f_L$	[-]	Korekcionni faktor lekažnog strujanja
$f_{lam}$	[-]	Korekcionni faktor laminarnog strujanja
$f_o$	[-]	Korekcionni faktor podužnog strujanja u zoni okna
$f_G$	[-]	Korekcionni geometrijski faktor prečnika i dužine cevi
$f_{PK}$	[-]	Korekcionni faktor na početku i kraju snopa
$f_r, f_o$	[m <sup>2</sup> ]	Jedinične površine cevi i oko cevi
$f_Q$	[-]	Korekcionni faktor smera toplotnog fluksa
$f_S$	[-]	Korekcionni faktor mrežnog rasporeda cevi
$f_{tot}$	[-]	Ukupni korekcionni faktor poprečne struje
$f_U$	[-]	Korekcionni faktor uzdužnog strujanja
$\varphi$	[-]	Efikasnost rebra
$\varphi$	[°]	Ugao nagiba navoja
$F$	[N]	Sila pri proračunu čvrstoće
$F$	[m <sup>2</sup> ]	Površina poprečnog preseka
$\Phi_{Gr}$	[-]	Gronerudov parametar (proračun pada pritiska)
$F_r, F_o$	[m <sup>2</sup> ]	Površina poprečnog preseka registra, omotača
$Fo$	[-]	Furijev broj (značica)
$Fr$	[-]	Frudov broj (značica)
$g$	[m <sup>2</sup> /s]	Ubrzanje sile zamljine teže $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$
$g$	[mm]	Debljina šava zavarivanja
$\gamma$	[°]	Ugao okna
$Ga$	[-]	Galilejev broj (značica)

Gr	[-]	Grashofov broj (značica)
$H_o$	[m]	Visina okna
$h_r$	[m]	Visina rebra
$h_F$	[mm]	Visina oboda prirubnice
$h$	[kJ/kg]	Entalpija
$i_r$	[kom/m]	Broj rebara po dužnom metru
INT		Oznaka celobrojne vrednosti izraza
$j$	[-]	“jot” faktor (značica)
$j$	[-]	Broj zaptivnih traka
$J$	[mm <sup>4</sup> ]	Moment inercije
$K$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Proračunska čvrstoća materijala
$K_{20}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Proračunska čvrstoća materijala na 20°C
$k$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Koeficijent prolaza toplote
$k_c$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Koeficijent prolaza toplote čistog aparata
$k_{op}$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Koeficijent prolaza toplote u radu (operation)
$k_h, k_v$	[m]	Horizontalni i vertikalni korak mrežnog rasporeda
$k_r$	[m]	Korak orebrenja
$l$	[m]	Dužina, dužina frontalnog kontakta fluidne struje
$l_w$	[mm]	Dužina valcovanja
$L$	[m]	Dužina, rastojanje
$\Lambda$	[-]	Stepen pregrevanja pare
$\lambda$	[W/(m K)]	Koeficijent toplotne provodljivosti
LMTD	[K]	Srednja logaritamska temperaturska razlika
$M$	[Nmm]	Moment pritezanja vijaka
$m$	[-]	Bezdimenzioni koeficijent (poprečno strujanje)
$m$	[m]	Dvostruki zazori obilaznih struja (poprečno strujanje)
$m$	[kg]	Masa
$m$	[-]	Termička karakteristika
$m$	[kg/s]	Maseni protok
$m_a$	[m]	Dvostruki zazor između otvora i cevi segmentne pregrade
$m_c$	[m]	Dvostruki zazor između cevnog snopa i omotača
$m_e$	[m]	Dvostruki zazor između segmentne pregrade i omotača
$m_f$	[m]	Dvostruki zazor između dijafragme i najbliže cevi
$n$	[-]	Eksponent
$n$	[-]	Broj otvora u cevnoj ploči
$n$	[-]	Broj vijaka prirubničkog spoja
$n_k, n_r$	[-]	Broj otvora u koloni $k$ , odnosno redu $r$
Nu	[-]	Nuseltov broj (značica)
$N_r, N_k$	[-]	Broj reda ili kolone mrežnog rasporeda

$NTU$	[-]	Broj jedinica prenosa
$\nu$	[m <sup>2</sup> /s]	Kinematski viskozitet
$\pi$	[-]	Ludolfov broj, $\pi = 3,14159..$
$P$	[-]	Efikasnost razmenjivača toplote
$P$	[mm]	Korak navoja
$P_a$	[-]	Efikasnost razmenjivača toplote multiplicirane konfiguracije
$Pe$	[-]	Pekleov broj (značica)
$Pr$	[-]	Prandtlov broj (značica)
$r$	[m]	Poluprečnik cevi, cilindra, sfere
$r$	[J/kg]	Toplota promene faze
$Re$	[-]	Rejnoldsov broj (značica)
$R$	[m <sup>2</sup> K/W]	Toplotni otpor prolazu toplote
$R_z$	[m <sup>2</sup> K/W]	Toplotni otpor zida
$R_u, R_s$	[m <sup>2</sup> K/W]	Toplotni otpor unutrašnjeg i spoljašnjeg zaprljanja
$R$	[-]	Odnos toplotnih ekvivalenata radnih fluida
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Gustina
$\rho$	[°]	Ugao trenja navoja
$S$	[-]	Stepen sigurnosti
$s$	[m]	Debljina zida
$St$	[-]	Stentonov broj (značica)
$\sigma$	[-]	Štefan-Boltzmanova konstanta, $\sigma = 5,67 \text{ W/m}^2(\text{K}/100)^4$
$t$	[°C]	Temperatura tela ili fluida
$t_k$	[°C]	Temperatura kondenzacije fluida
$t_z$	[°C]	Temperatura zida
$T$	[K]	Apsolutna temperatura
$\tau$	[K]	Temperatursko približenje
$\tau$	[s]	Vreme
$\theta$	[K]	Maksimalna temperaturska razlika u razmenjivaču
$Q$	[W]	Toplotna snaga, količina toplote
$q$	[W/m <sup>2</sup> ]	Toplotni fluks
$V$	[m <sup>3</sup> /s]	Zapreminski protok
$V$	[m <sup>3</sup> ]	Zapremina
$\nu$	[-]	Koeficijent valjanosti zavarenog spoja
$W$	[W/K]	Toplotni ekvivalent (vodena vrednost)
$W$	[mm <sup>3</sup> ]	Otporni moment
$\omega$	[m/s]	Brzina strujanja medijuma
$\xi$	[-]	Koeficijent trenja
$\zeta$	[-]	Koeficijent lokalnog otpora trenja
$x, y$	[m]	Tekuće koordinate dužinske mere

$\psi$	[-]	Faktor poroznosti
$\psi$	[-]	Temperaturski faktor
$z_o$	[-]	Broj prolaza fluida u omotaču
$z_p$	[-]	Broj poprečnih pregrada na dužini fluidne struje
$z_r$	[-]	Broj prolaza fluida u registru

### ODNOSI JEDINICA OSNOVNIH VELIČINA:

<b>Temperatura</b>	$T$ (K) = $T - 273,15^\circ\text{C} = (4/5)(T - 273,15)^\circ\text{Re} = (9/5)(T - 273,15)^\circ\text{F}$
<b>Dužina</b>	1 m = 100 cm = 1000 mm = 3,28 ft = 39,37 in = 1,094 yard
<b>Masa</b>	1 kg = 1000 gr = 2,205 lb = 0,0685 slug
<b>Zapremina</b>	1 m <sup>3</sup> = 35,315 ft <sup>3</sup> = 264,17 galon USA = 219,97 galon UK = 1000 lit
<b>Brzina</b>	1 m/s = 3,6 km/h = 3,28 ft/s = 196,85 ft/min = 2,237 mi/h
<b>Gustina</b>	1 kg/m <sup>3</sup> = 0,06243 lb/ft <sup>3</sup> = 0,00194 slug/ft <sup>3</sup>
<b>Entalpija</b>	1 kJ/kg = 0,43 BTU/lb = 0,239 kcal/kg
<b>Specifični toplotni kapacitet</b>	1 kJ/kg K = 0,239 BTU/(lb°F) = 0,239 kcal/(kg°C)
<b>Kinematska viskoznost</b>	1 m <sup>2</sup> /s = 10000 (stokes = cm <sup>2</sup> /s) = 10,764 ft <sup>2</sup> /s = 1550 in <sup>2</sup> /s
<b>Dinamička viskoznost</b>	1 Pa s = 1 N s/m <sup>2</sup> = 10 (poise = gr/(cm s)) = 0,0209 lb f s/ft <sup>2</sup>
<b>Toplotna provodljivost</b>	1 kW/(m K) = 577,8 BTU/(ft h °F) = 0,129 kcal/(m s°C) = 859,85 kcal/(m h°C)
<b>Toplotni fluks</b>	1 kW/m <sup>2</sup> = 317 BTU/(ft <sup>2</sup> h) = 0,0239 cal/(cm <sup>2</sup> s)
<b>Koeficijent prolaza (prelaza) toplote</b>	1 kW/(m <sup>2</sup> K) = 176,11 BTU/(ft <sup>2</sup> h°F) = 859,845 kcal/(m <sup>2</sup> h°C)
<b>Sila</b>	1 N = 100000 Dyn = 0,102 kg f = 0,102 kp = 0,2248 lb f
<b>Pritisak</b>	1 kPa = 1000 N/m <sup>2</sup> = 0,145 (PSI = lb f/in <sup>2</sup> ) = 20,8854 lb f/ft <sup>2</sup> = 0,009869 atm = 0,01 bar = 7,5 (Torr = 1mmHg) = 101,972 mm H <sub>2</sub> O
<b>Snaga</b>	1 kW = 3412,14 BTU/h = 0,9478 BTU/s = 859,845 kcal/h = 1,36 HP
<b>Energija ili rad</b>	1 kJ = 0,9478 BTU = 0,23888 kcal = 0,000278 kW h = 1 kN m

#### Koherentne jedinice

Koherentne jedinice su izvedene jedinice u istim merama ili merama koje se dobijaju iz osnovnih jedinica. Na primer, ako spoljašnji i unutrašnji prečnik cevi izrazimo u m, otpor kondukciji u m<sup>2</sup>K/kW i koeficijent prelaza toplote u kW/(m<sup>2</sup>K), koeficijent prolaza toplote dobićemo u kW/(m<sup>2</sup>K), bez ikakvih faktora preračunavanja jedinica.

## REGISTAR POJMOVA

1. **Akumulirana energija** – proizvod najvećeg radnog pritiska i zapremine gasa u posudi pod pritiskom.
2. **Apsolutno crno telo** – telo koje potpuno apsorbira svu energiju zračenja, ništa ne reflektuje.
3. **Apsolutna i relativna hrapavost cevi** – apsolutna hrapavost je visina maksimalnog odstupanja površine zida od nominalne mere cevi, a relativna hrapavost je odnos apsolutne hrapavosti i prečnika cevi.
4. **Bezdimenzione temperature** – odnosi temperatura ili temperaturskih razlika sa najvećom temperaturom ili temperaturskom razlikom u istom sistemu.
5. **Broj jedinica prenosa toplote NTU** – srednja vrednost pogonske sile razmene toplote. Sila razmene postoji sve dok postoji temperaturska razlika između radnih fluida u međusobnom kontaktu preko površine razmene.
6. **Cevna ploča** – ploča razgraničenja primarne i sekundarne struje koja se spaja sa cevnom registrom preko izbušenih otvora u ploči.
7. **Dijafagma** – uzdužna pregrada u omotaču razmenjivača koja omogućava povećanje broja prolaza fluida u omotaču.
8. **Dizajn problem** – određivanje geometrije i konfiguracije aparata za poznat ulaz i izlaz iz razmenjivača toplote (oblikovanje aparata).
9. **Direktna i indirektna razmena toplote** – direktna razmena toplote nastaje pri kontaktu fluida bez prepreke koja ih razdvaja (mešanje), a indirektna kada su fluidi pri razmeni toplote odvojeni (nema mešanja).
10. **Dobošasti razmenjivači toplote** – rekuperativni razmenjivači kod kojih se cevni registar smešta u cilindrični doboš ili plašt. Zovu se i razmenjivači tipa registar u plaštu ili **shell and tube**.
11. **Dužina frontalnog kontakta** – poluobim cevi izložen frontalnom poprečnom fluidnom nastrujavanju cevi.
12. **Efikasnost razmenjivača toplote** – odnos između ostvarene i maksimalne toplotne snage razmenjivača toplote. Maksimalna toplotna snaga razmenjivača se postiže kada se na izlazu izjednače temperature radnih fluida.
13. **Efektivna temperaturska razlika** – merodavna temperaturska razlika između radnih fluida u toku procesa razmene toplote. Naziva se i srednjom temperaturskom razlikom.
14. **Ekvivalentni prečnik** – isto što i hidraulični prečnik.
15. **Energetski fluid** – fluid u procesu razmene predstavlja toplotni izvor ili toplotni ponor.
16. **Faktor čistoće** – odnos koeficijenta prolaza toplote zaprljanog aparata u radu ( $k_{op}$ ) i čistog aparata ( $k_c$ ).
17. **Faktor poroznosti** – faktor koji karakteriše popunjenost broja cevi mrežnog rasporeda pri poprečnom strujanju na snop cevi.
18. **Faza, promena faze** – agregatno stanje radnog medijuma (čvrsto, tečno, gasovito). Ako medijum menja agregatno stanje, kaže se da menja fazu (promena faze).
19. **Geometrija razmenjivača toplote** – oblik, dimenzije, raspored strujanja (konfiguracija) i površina razmene aparata.
20. **Glava razmenjivača toplote** – konstrukcija koja naleže na cevnu ploču, koja omogućava promenu smera strujanja fluida u registru. Prema mestu ulaza fluida u registar može biti prednja ili zadnja.

21. **Granica hlađenja pare** – mesto gde temperatura zida duž kojeg struji para dostigne temperaturu kondenzacije.
22. **Granica razmene razmenjivača toplote** – efikasnost konfiguracije razmenjivača toplote koja se postiže pri beskonačnoj dužini aparata. Uvek je  $P_{max} < 1$ , samo se pri suprotnosmernom strujanju postiže  $P_{max} = 1$ .
23. **Granični sloj** – sloj radnog fluida do nepokretnog zida u kome je laminarno strujanje.
24. **Gustina cevnog snopa (registra)** – broj otvora na jediničnoj površini cevne ploče.
25. **Hidraulički glatke i hrapave cevi** – ako hrapavost cevi ne prelazi debljinu graničnog sloja, onda se radi o hidraulički glatkim cevima, a ako hrapavost cevi prelazi debljinu graničnog sloja radi se o hidraulički hrapavim cevima, trenje zavisi i od relativne hrapavosti cevi.
26. **Hidraulični prečnik** – količnik četvorostrukog poprečnog preseka i okvašenog obima strujanja fluida.
27. **Hladniji fluid** – radni fluid niže ulazne temperature (toplotni ponor, sekundar).
28. **Hlađenje fluida** – sniženje temperature primarnog fluida pri razmeni toplote bez promene agregatnog stanja.
29. **Intenzitet razmene toplote** – preneti toplotna snaga od jednog ka drugom radnom fluidu po jedinici kontaktne površine.
30. **Izmenjivač toplote** – uređaj ili aparat u kojima se razmena toplote odvija diskontinualno, šaržni razmenjivači toplote.
31. **Isparavanje (ključanje)** – promena tečne u gasnu fazu fluida na određenom pritisku i temperaturi uz dovođenje latentne toplote. Isparavanje se obavlja uz intenzivno ključanje.
32. **Isparivač** – razmenjivač toplote u kome fluid u tečnoj fazi prelazi u gasnu fazu dovođenjem toplote od fluida koji se hladi.
33. **Iterativni proračun** – postupak postepenog približavanja rešenju, pri čemu se tražena vrednost pretpostavi, a zatim potvrđuje, računskim putem.
34. **Jedinična površina mrežnog rasporeda** – površina romboida koji nastaje spajanjem sredina koraka susednih redova i kolona otvora cevne ploče.
35. **Kolone mrežnog rasporeda cevne ploče** – broj i raspored otvora u cevnoj ploči paralelno sa vertikalnom osom ploče.
36. **Koherentni sistem jedinica** – sistem jedinica u kome se izračunata veličine jedinica izražavaju u istim ili izvedenim jedinicama ulaznih veličina, bez preračunskih faktora.
37. **Kombinovano strujanje** – kombinacija dva ili više različitih osnovnih strujanja pri razmeni toplote, ili kontakt jedne osnovne struje primara sa dve ili više osnovnih struja sekundara i obrnuto.
38. **Kondenzacija** – promena gasne u tečnu fazu fluida na određenom pritisku i temperaturi uz odavanje latentne toplote. Kondenzacija može biti kapljičasta i filmska.
39. **Kondenzator** – razmenjivač toplote u kome fluid u gasnoj fazi prelazi u tečnu fazu odvođenjem latentne toplote kondenzacije.
40. **Kondukcija** – proces provođenja toplote toplote kroz medijum.
41. **Konfiguracija strujanja** – međusobni odnos pravca, smera i broja prolaza pri strujanju radnih fluida duž kontaktne površine razmene.
42. **Kontaktna površina** – površina razdvajanja radnih fluida u razmenjivaču toplote, površina razmene.
43. **Kontrolisano područje rada razmenjivača toplote** – predstavlja granice u režimu rada razmenjivača u okviru kojih je razmenjivač toplote proračunat ili ispitan.
44. **Kontrolni proračun razmenjivača toplote** – termotehnički proračun razmenjivača toplote poznate geometrije u zadatom režimima rada; kontrola izlaza iz razmenjivača.



45. **Kontrolni temperaturski režim** – je temperaturski režim primarne i sekundarne vode u sistemima centralnog grejanja na određenoj spoljnoj temperaturi vazduha, pri kojoj dovedena toplotna snaga mora zadovoljiti toplotni konzum, kao i pri projektnim uslovima.
46. **Konvekcija** – proces prelaza toplote sa čvrstih tela na fluide ili obrnuto.
47. **Korak mrežnog rasporeda otvora cevne ploče** – rastojanje između otvora cevne ploče u redu (horizontalno) i koloni (vertikalno). Razlikuju se početni (nulti) koraci od osa ploče i koraci od pregrade za ostvarenje broja prolaza radnih fluida.
48. **Korekcionni faktor strujne šeme (konfiguracije)** – odnos efektivne temperaturske razlike konfiguracije prema logaritamskoj temperaturskoj razlici suprotnosmernog strujanja.
49. **Koridorni (pravougli) raspored otvora u cevnoj ploči** – je raspored centara tri najbliža otvora koji čine pravougli trougao.
50. **Kritična brzina strujanja** – brzina pri kojoj za dati fluid i stanje površine laminarno strujanje prelazi u turbulentno.
51. **Laminarno strujanje** – strujanje pri kojem su sile viskoznog trenja znatno veće od inercijalnih sila.
52. **Latentna toplota** – toplota potrebna za nastajanje promene agregatnog stanja pri nepromenjenoj temperaturi medijuma. Naziva se i toplota promene faze.
53. **Lekažno strujanje** – obilazno strujanje između podužne pregrade (dijafragme) i omotača razmenjivača toplote, kao i kroz procepe otvora u poprečnim pregradama.
54. **Logaritamska temperaturska razlika** – efektivna temperaturska razlika koja se može izraziti kao odnos razlike temperatura radnih fluida na ulazu i izlazu razmenjivača toplote i logaritmom njihovog količnika.
55. **Maksimalna temperaturska razlika u razmenjivača toplote** – temperaturska razlika primarnog fluida na ulazu u razmenjivač i sekundarnog fluida na ulazu u razmenjivač (ne na početku razmenjivača).
56. **Maksimalna toplotna snaga razmenjivača toplote** – toplotna snaga aparata koja se postiže pri maksimalnoj toplotnoj efikasnosti konfiguracije.
57. **Medijum** – ograničena količina materije sa definisanim veličinama stanja i energetske potencijalom (nivoom).
58. **Mrežni raspored otvora cevne ploče** – dvostruka mreža paralelnih linija u čijim presecima se nalaze otvori za cevi registra razmenjivača toplote.
59. **Odnos toplotnih ekvivalenata** – količnik toplotnih ekvivalenata radnih fluida,  $R$ . U užem smislu to je odnos manjeg i većeg toplotnog ekvivalenta. Tada je:  $1 \geq R \geq 0$ .
60. **Odziv razmenjivača toplote** – parametri fluida na izlazu iz razmenjivača toplote, u užem smislu izlazne temperature radnih fluida.
61. **Osnovna strujanja** – međusobni kontakt jedne struje primarnog sa jednom strujom sekundarnog fluida. Jedna struja je protok fluida istog pravca i smera po preseku aparata.
62. **Okno** – slobodan presek fluidne struje, preostao ubacivanjem poprečne pregrade po ukupnom poprečnom preseku omotača. Okno karakteriše broj reda ili kolone gde počinje, visina i broj otvora za prolaz cevi registra.
63. **Paralelno strujanje fluida (istosmerno i suprotnosmerno)** – osnovno strujanje sa paralelnim tokom primarnog i sekundarnog fluida. Smerovi struje mogu biti isti ili suprotni.
64. **Pad pritiska** – razlika pritiska fluida na ulazu i izlazu razmenjivača toplote, nastala usled strujanja fluida kroz aparat i kroz priključke.
65. **Početak i kraj razmenjivača** – mesto ulaza i izlaza primarnog fluida. To su istovremeno početak i kraj razmene toplote ili granice sistema.
66. **Početni i granični uslovi** – početni uslovi su temperatursko polje kod nestacionarnih procesa, tj. u uslovi razmene toplote u početnom trenutku vremena (kod stacionarnih procesa ih nema), a granični uslovi definišu uticaj geometrije na početku i kraju razmene toplote.

67. **Poprečne pregrade** – pregrade u omotaču razmenjivača toplote poprečno na cevni snop sa otvorom za prolaz fluidne struje, koji se naziva okno.
68. **Primar i sekundar** – primar je toplotni izvor, tj. radni fluid koji na početku razmene toplote ima višu temperaturu (topliji fluid) i koji predaje toplotu i zbog toga se hladi. Sekundar je toplotni ponor, tj. radni fluid koji na početku razmene toplote ima nižu temperaturu (hladniji fluid) i koji prima toplotu, zbog čega se greje.
69. **Pregrada broja prolaza** – pregrada u glavi razmenjivača ili u omotaču koja omogućava povećanje proja prolaza radnih fluida.
70. **Procesni fluid** – radni fluid čija se promena stanja u toku tehnološkog procesa zahteva u zadatim granicama, fluid koji se prerađuje.
71. **Protok fluida** – količina fluida koji protiče kroz poprečni presek u jedinici vremena. Ako je količina fluida izražena masom, radi se o masenom protoku, a ako je količina fluida izražena zapreminom koju zauzima, radi se o zapreminskom protoku.
72. **Prostiranje toplote** – kompleksan proces prolaza toplote u prostoru i vremenu. Može, ali i ne mora biti povezan sa medijumom. Odvija se kao: kondukcija, konvekcija ili zračenje, a najčešće kao kombinacija nekih ili svih navedenih mehanizama.
73. **Proširena zona kondenzacije** – zona od početka kondenzacije (kada temperatura zida postane jednaka temperaturi kondenzacije) do potpune promene faze fluida.
74. **Radni fluidi** – radni fluidi su tečnosti i gasovi koji u razmenjivaču toplote međusobno razmenjuju toplotu. Radni fluidi mogu biti mešavine, a mogu biti prisutne i čvrste čestice. Mogu se nazivati i: fluidi nosioci toplote, radni medijumi, radne materije itd.
75. **Razmena toplote** – nepovratni jednosmerni proces gde jedan medijum predaje, a drugi prima toplotu, pri čemu možemo smatrati da medijum koji predaje toplotu prima uslovno rečeno hladnoću i zbog toga snižava svoj energetski potencijal.
76. **Razmenjivač toplote** – uređaj ili aparat u kome se razmena toplote odvija kontinualno između energetskog i procesnog fluida.
77. **Redovi mrežnog rasporeda cevne ploče** – broj i raspored otvora u cevnoj ploči paralelno sa horizontalnom osom ploče.
78. **Registar, cevni registar, cevni snop** – više pravih ili "U" cevi fiksiranih u cevnu ploču po određenom mrežnom rasporedu.
79. **Referentna površina** – dogovorena geometrijska površina za razmenu toplote.
80. **Regeneracija toplote** – prenos toplote od primarnog fluida do sekundarnog fluida pomoću ispune koja akumulira toplotu kroz koju dva fluida naizmenično protiču.
81. **Rekuperacija toplote** – prenos toplote od primarnog do sekundarnog fluida, direktno kroz zid ili indirektno preko posrednog fluida nosioca toplote.
82. **Rejting problem** – određivanje izlaza iz razmenjivača toplote za poznate vrednosti ulaza, geometrije aparata i konfiguracije strujanja. Uspostavljanje odnosa: ulaz – izlaz, ili obrnuto izlaz – ulaz.
83. **Režim rada razmenjivača toplote** – skup zadatah elemenata u kojim razmenjivač treba da radi u eksploataciji.
84. **Sekcije** – prostor u omotaču između uzdužnih pregrada (dijafragmi).
85. **Smer toplotnog fluksa** – smer prostiranja toplote od fluida višeg temperaturnog nivoa ka fluidu nižeg temperaturnog nivoa (odnosi se na srednje temperature).
86. **Smeša** – mešavina koja sadrži dve ili više komponenti u istom agregatnom stanju.
87. **Spoljni uticaji** – uticaji van medijuma koji izazivaju promenu stanja ili su posledica neke promene stanja. Energetski uticaji u različitim vidovima.
88. **Stacionarno strujanje** – strujanje pri kome protok ne varira u značajnoj meri tokom vremena.
89. **Stepen pregrevanja pare** – odnos razlike entalpija pregrevane i suvozasicene pare prema toploti promene faze.

90. **Šahovski (naizmenični) raspored otvora u cevnoj ploči** – raspored otvora u cevnoj ploči, pri čemu centri tri najbliža otvora čine oštrogli trougao.
91. **Šema strujanja (strujni tok)** – isto što i konfiguracija strujanja.
92. **Tehnologija spoja cevne ploče i registra** – postupak nepropusnog spajanja cevne ploče i cevi registra. Ostvaruju se pomoću: valcovanja, zavarivanja, lemljenja itd.
93. **Tehnološki proces (postupak)** – predstavlja postupak transformacije polaznog materijala u finalni proizvod.
94. **Temperaturski faktor** – odnos razlike temperature u objektu i tekuće spoljne temperature prema razlici temperature u objektu i spoljne projektne temperature.
95. **Temperatursko polje** – raspored temperatura medijuma u prostoru.
96. **Temperatursko približenje** – razlika temperatura primara na izlazu i sekundara na ulazu iz razmenjivača toplote.
97. **Termička karakteristika** – eksperimentalno utvrđen eksponent odnosa srednjih temperaturskih razlika fluida u grejnom telu i okolnom vazduhu na dve različite spoljne temperature objekta koji se greje.
98. **Tip konfiguracije mrežnog rasporeda** – položaj prvog otvora prema centru cevne ploče. Tip 1 ima koordinate prvog otvora 11, a tip 2 koordinate 12, ili 21.
99. **Topliji fluid** – radni fluid koji na ulazu ima višu temperaturu (toplotni izvor, primar).
100. **Toplotni ekvivalent** – toplotna snaga nekog medijuma po jedinici temperature ili specifična toplota protoka radnih fluida.
101. **Toplota, količina toplote** – energija koja se vezuje za intenzitet kretanja molekula unutar medijuma. Mera količine toplote je promena temperature medijuma.
102. **Toplotni fluks, specifični toplotni fluks** – količina toplote preneti u jedinici vremena. Toplotni fluks je određen intenzitetom, pravcem i smerom dejstva (vektorska veličina). Specifični toplotni fluks je toplotni fluks po jedinici površine razmene.
103. **Toplotni konzum** – toplotna snaga koju treba dovoditi objektu da održava određenu temperatursku razliku unutar objekta i okoline.
104. **Toplotna neravnoteža** – razlika u toplotnom potencijalu dve materije u kontaktu koja se ogleda u razlici temperatura na mestu kontakta.
105. **Toplotni otpor** – otpor prolazu toplote kroz zid ili medijum, analogno strujnom otporu provodnika po Omovom zakonu.
106. **Toplota promene faze** – isto što i latentna toplota.
107. **Turbulentno strujanje** – strujanje pri kojem su sile viskoznog trenja znatno manje od inercijalnih sila.
108. **Unakrsno strujanje** – osnovno strujanje sa tokom radnih fluida pod nekim uglom.
109. **Ustaljeno (izobraženo) strujanje** – laminarno ili turbulentno strujanje sa stabilnim profilom brzine po preseku strujnog toka. Naziva se i dobro razvijena struja.
110. **Šema strujanja radnih fluida (konfiguracija strujanja)** – utvrđeni međusobni odnos broja, pravca i smera strujanja radnih fluida u razmenjivaču toplote.
111. **Veličine stanja (svojstva fluida)** – mera osobina medijuma. Svako stanje medijuma jednoznačno je definisano vrednostima veličina stanja, neprekidno u oblasti fizičke definisanosti. Usled dejstva spoljnjih uticaja dolazi do promena veličina stanja.
112. **Zagrevanje fluida** – povišenje temperature sekundarnog fluida bez promene agregatnog stanja, pomoću toplotnog izvora.
113. **Zaletna staza** – put fluida do postizanja stabilnog polja brzina (izobraženo strujanje ili dobro razvijena struja) i karaktera strujanja (laminarno, turbulentno).
114. **Zaprljanje razmenjivača toplote** – formiranje sloja materije niske toplotne provodljivosti na površini za razmenu toplote, koji predstavlja otpor prolazu toplote.

## B. UPUTSTVA ZA EXCELOVU PODRŠKU KNJIZI

Za potrebe knjige DOBOŠASTI RAZMENJIVAČI TOPLOTE, autor je razvio niz pomoćnih aplikacija, rađenih u "Microsoft Excel 2000", za rešavanje zadataka i numeričku podršku proračunu i konstrukciji aparata. Programi su veoma jednostavni i mogu se preuzeti preko diskete koja se isporučuje uz knjigu, kao standardna Excel aplikacija, ili najnovije verzije preko Internet sajta, adresa [www.vitus.co.yu](http://www.vitus.co.yu). Program radi na svakom računaru u kome je instalisan "Microsoft Excel 2000" ili noviji. Struktura aplikacije je zaštićena i ne može se menjati. Da bi se program mogao koristiti neophodno je osnovno poznavanje rada na računaru i programa Microsoft Excel.

Preporučuje se instalacija na hard disk, sa rezervnom kopijom, radi ponovne instalacije, usled eventualnih grešaka pri unosu podataka. Arhiviranje se može vršiti kao novi fajl u bazu rezultata, ili ažuriranjem svake proračunska promena preko prethodne, pri čemu se gubi prethodni proračun. Excelova aplikacija sadrži sledeće radne listove:

GEOMETRIJA	geometrija razmenjivača toplote
KPT	koeficijent prolaza toplote
POPRECNO	poprečno strujanje u omotaču razmenjivača toplote
RATING	rejting problem
DESIGN	dizajn problem
KONDENZACIJA	zone kondenzacije
PAD PRITISKA	pad pritiska u razmenjivaču toplote
KLIZANJE	klizni dijagram
MEHANIKA	proračun čvrstoće delova razmenjivača pod pritiskom
POMOC	kratka uputstva Excelove podrške knjige

### OPŠTE UPUTSTVO

- U svim priloženim programima usvojena su sledeća opšta pravila:
- Veličine kojima se zadaju vrednosti (promenljive) označene su plavom **PLAVOM BOJOM** u polju roze podloge. Odvajanje decimalnog broja je svugde sa tačkom (ne zarez).

- Rezidentni podaci (redni brojevi, nomenklature, oznake i sl.) su crne boje u poljima sa podlogom svetlo plave boje.
- Ostala polja u kojima EXCEL računa, imaju žutu boju podloge, a boja podatka se razlikuje prema veličini i značaju.
- Moguće je menjati samo vrednosti koje se zadaju (**PLAVE BOJE**). Ostala polja su radi stabilnosti programa zaštićena i u njima se ne mogu menjati vrednosti ili struktura.
- Gde postoji potreba za objašnjenjima, u okviru polja predviđena je napomena, potrebno uputstvo ili meni raspoloživih vrednosti za upotrebu.
- Ako aplikacija ne može izračunati vrednost polja, ili su vrednosti izvan dozvoljenih granica, pojavljuje se oznaka "SOS" ili Excelova oznaka greške. Ukoliko dođe do logičke greške u proračunu, koja se ne može otkloniti nikakvim promenama vrednosti, prekinuti rad, ponovo otvoriti program i uneti vrednosti u dozvoljenim granicama.
- Zbog iterativnog računa mora biti aktivirana Excel opcija iteracije u meniju alati.
- Dovoljno je zadati 100 iteracija sa maksimalnim odstupanjem od 0,001.

**GEOMETRIJA.** Aplikacija je namenjena za proračun GEOMETRIJE dobošastih razmenjivača toplote u zavisnosti od zadatih parametara. Pogodna je za jednostavno i brzo definisanje konstrukcije aparata, koja je usaglašena sa potrebnim veličinama za termotehnički i mehanički proračun.

**KPT.** Aplikacija je namenjena za proračun koeficijenta prolaza toplote za fluide bez promene faze sa uzdužnim strujanjem, u laminarnom i turbulentnom području, prema raznim kriterijalnim jednačinama. Prilagođena je geometriji dobošastih razmenjivača toplote. Pogodna je za brza računanja, kada treba menjati geometrijske parametre radi utvrđivanja najvišeg koeficijenta prelaza i prolaza toplote. Takođe se mogu menjati svojstva radnih fluida i protoci..

**POPREČNO.** Aplikacija je namenjena za proračun koeficijenta prolaza toplote dobošastih razmenjivača, za fluide bez promene faze sa poprečnim strujanjem u omotaču, prema Gnielinskom i Bel–Delevaru. Mogu se menjati elementi geometrije poprečne struje koji su usklađeni sa aplikacijom GEOMETRIJA. U istoj aplikaciji može se raditi i proračun pada pritiska poprečno nastrujanog cevnog snopa prema Gadisu i Bel–Delevaru i dimenzionisanje priključka razmenjivača toplote na strani fluida u omotaču.

**RATING.** Aplikacija je namenjena za rešavanje rejting problema pri termičkom proračunu razmenjivača toplote. Istovremeno se proračunavaju osnovne konfiguracije strujanja (istosmerno, suprotnosmerno i unakrsno strujanje), kombinovana strujanja tipa: 2n1, 4n2, 6n3, 8n4 i 6n2, kao i za proizvoljno strujanje prema empirijskoj jednačini konfiguracije. Pogodna je za jednostavno i brzo računanje odziva sistema kada je zadat ulaz i aparat. Svojstva fluida se uzimaju za srednju temperaturu.

**Napomena:** Pri empirijski zadatoj konfiguraciji, obratiti pažnju da se umesto manjeg i većeg toplotnog ekvivalenta koriste vrednosti ekvivalenta toplijeg i hladnijeg fluida.

**DESIGN.** Aplikacija je namenjena za rešavanje dizajn problema pri termotehničkom proračunu razmenjivača toplote. Istovremeno se proračunavaju osnovne konfiguracije strujanja, kombinovana strujanja tipa: 2n1, 4n2, 6n3, 8n4 i 6n2, kao i proračun za proizvoljno strujanje prema empirijskoj jednačini konfiguracije. Pogodna je za jednostavno i brzo računanje karakteristike aparata  $kA$  kada je zadat ulaz i jedna izlazna temperatura fluida. Svojstva fluida se uzimaju za srednju temperaturu.

**Napomena:** Obratiti pažnju pri empirijski zadatoj konfiguraciji da se umesto manjeg i većeg toplotnog ekvivalenta koriste vrednosti ekvivalenta toplijeg i hladnijeg fluida.

**KONDENZACIJA.** Aplikacija je namenjena za rešavanje rejting i dizajn problema pri termičkom proračunu razmenjivača pri kondenzaciji primara. Proračun se izvodi po zonama kondenzacije: hlađenje pare (HP), kondenzacija (K) i hlađenje kondenzata (HK). Istovremeno se proračunavaju rejting i dizajn problem, pri čemu su zajednički podaci o protoku i stanju fluida na ulazu u aparat zadaju na početku proračuna. Mora biti poznat podatak o koeficijentu prelaza i prolaza toplote u zoni hlađenja pare. U svakoj zoni može se birati konfiguracija aparata za osnovna i kombinovana strujanja, kao i položaj primara: u cevi ili u omotaču.

Pri rejting problemu mora biti zadato ukupno  $kA$  za sve zone. Iteracije se sprovode preko entalpije na granici hlađenja, koja se mora pretpostaviti, a zatim usvojiti prema temperaturi pare na granici hlađenja. Ukoliko Excel "padne", treba uneti proizvoljnu vrednost primara na izlazu, a zatim uneti polje izračunate vrednosti.

Pri dizajn problemu umesto ( $kA$ ) zadaje se fluid čija je temperatura na izlazu poznata. Ovde se takođe, sprovode iteracije preko entalpije na granici hlađenja pare, na isti način kao kod rejting problema.

Ova aplikacija je pogodna za brzo računanje parametara izlaza po zonama i za donošenje odluke koliko posebnih aparata predvideti za proces kondenzacije pare.

**PAD PRITISKA.** Aplikacija je namenjena za proračun pada pritiska u razmenjivaču toplote i proračun dimenzija priključaka. Zadaju se geometrija aparata i svojstva fluida na izabranoj strani razmenjivača. Fluid može biti u registru ili omotaču. U registru je strujanje uvek uzdužno, a u omotaču može biti i poprečno. Pri poprečnom strujanju, ovaj program se povezuje sa radnim listom POPREČNO, iz koga prenosi izračunate padove pritiska. Proračun pada pritiska pri poprečnom strujanju može se usvojiti prema Gadisu ili Bel-Delevaru. Priključci aparata računaju se prema jediničnom padu pritiska, najčešće  $R = 100 \text{ Pa/m}$ .

**KLIZANJE.** Aplikacija je namenjena za izradu tabela klizanja temperatura na ulazu u aparat (razvodna temperatura  $t_r$ ) u zavisnosti od spoljašnje temperature. Istovremeno se računaju klizni dijagram i za primarni i za sekundarni fluid.

Za izradu dijagrama potrebno je poznavati temperaturski režim pri spoljnoj projektnoj temperaturi, specifični toplotni kapacitet na srednjoj temperaturi i kontrolnu spoljnu temperaturu. Dalji postupak može se sprovesti, na dva načina:

a) Ako je poznata termička karakteristika grejnih tela, onda se za sekundarni sistem kao grejno telo uzima radiator, a za primarni sistem kao grejno telo uzima cevni registar – razmenjivač toplote;


b) Ako je na kontrolnoj spoljnoj temperaturi utvrđena temperatura primara i sekundara na ulazu u razmenjivač toplote, onda se termička karakteristika računski utvrđuje.

Rezultati su temperature razvoda i povrata primarnog i sekundarnog sistema, kao i toplotna snaga razmene prema spoljnim temperaturama u kontrolisanom području.

**MEHANIKA.** Aplikacija je namenjena za proračun čvrstoće delova razmenjivača pod pritiskom u skladu sa jugoslovenskim standardima. Proračunavaju se:

- torisferično ili ravno dance glave i omotača aparata,
- omotač pod dejstvom primarnog i sekundarnog fluida,
- cevna ploča,
- vijčani spoj glava aparata,
- prirubnički spoj glave i tela aparata.

U nastavku su detalji izgleda aplikacija radnih listova Excelove podrške knjizi. Trenutne proračunske vrednosti odgovaraju nekom od primera u knjizi.

		Rikalović Milan DOBOŠTAI RAZMENJIVAČI TOPLOTE EXCELOVA PODRŠKA		<h2 style="margin: 0;">GEOMETRIJA RAZMENJIVAČA</h2>				ver.: v2, jun 2002.	
<b>Zadaju se samo vrednosti u zatamjenim poljima</b>									
<b>GEOMETRIJSKE VELIČINE RAZMENJIVAČA TOPLOTE</b>									
Vertikalni korak	$k_v$ [m]	0.013		Spoljašnji prečnik omotača	$D_s$ [m]	0.5			
Vertikalni korak sa pregradom	$k_{v1}$ [m]	0.014		Debljina zida omotača	$s_o$ [m]	0.005			
Početni vertikalni korak	$k_{v0}$ [m]	0.014		Unutrašnji prečnik omotača	$D_u$ [m]	0.49			
Horizontalni korak	$k_h$ [m]	0.0195		Spoljašnji prečnik cevi	$d_s$ [m]	0.018			
Početni horizontalni korak	$k_{h0}$ [m]	0.0225		Debljina zida cevi registra	$s_r$ [m]	0.001			
Vertikalni razmak između cevi	$d_v$ [m]	0.008		Unutrašnji prečnik cevi registra	$d_u$ [m]	0.016			
Horizontalni razmak između cevi	$d_h$ [m]	0.021		Zadat minimalni zazor $D_d$	$d-d_s/2$				
Dijagonalni razmak između cevi	$d_d$ [m]	0.0054		Minimalni razmak ose cevi od $D_u$	$d$ [m]	0.014			
Broj prolaza u cevnom registru	$z_r$ [-]	6		Maksimalni prečnik savijanja cevi	$r_{imax}$ [m]	0.231			
Broj prolaza u omotaču	$z_o$ [-]	2		GEOMETRIJA OKNA ZA POPREČNO STRUJANJE U PLAŠTU					
Položaj prvog otvora PLOČE (tip konfigur.)		1		Broj prvog reda početka okna	$N_o$ [-]	10			
Ukupan broj redova od ose	$N_{ru}$ [-]	17		Najveća visina okna	$H_o$ [m]	0.114			
Ukupan broj kolona od ose	$N_{ku}$ [-]	11		Odnos visine okna i prečnika omotača	$H_o/D_u$	23.3%			
Ukupni broj otvora na cevnoj ploči	$n$ [kom]	282		Broj cevi u oknu po preseku omotača	$n_o$ [-]	50			
Broj pregrade Nr (nema reda cevi)	pri $z_{r6}$	5		Broj poprečno nastr. cevi neparna kol.	$n_{p1}$ [-]	10			
Broj pregrade Nr (nema reda cevi)	pri $z_{r8}$	7		Broj poprečno nastr. cevi parna kol.	$n_{p2}$ [-]	9			
				$N_{k6}$	5		$N_{k8}$	7	
				Polupresek = Broj "U" cevi $n_1 = n/2$		$\Sigma n I / \Sigma n II$	94%	$\Sigma n I / \Sigma n II$	109%
	$z_r$ [-]	2	4	6	8	$z=6$ prol.	$\Sigma n_{k6}$	$z=8$ prol.	$\Sigma n_{k8}$
	$\phi D_s$ [m]	$\Sigma n_{k2}$	$\Sigma n_{k4}$	$\Sigma n_{k6}$	$\Sigma n_{k8}$	$l=III$	92	$l=IV$	72
		155	150	141	138	$l=II$	98	$l=III$	66
									$z_r$ [-]
									6
									$f$ [m <sup>2</sup> ]
									2.611
Tekući	0.5	155	150	141	138				
br.kolone	$y_k$ [m]	$n_{k2}$ [kom]	$n_{k4}$ [kom]	$n_{k6}$ [kom]	$n_{k8}$ [kom]	Broj kolone	$l n_{k6}$	Broj kolone	$l n_{k8}$
									$r_i$ [m]
									$n_{k r_i}$ [m]
									$n_{ok}$ [kom]
1	0.229902	18	18	16	16	1	4	1	3
2	0.22715	17	16	17	16	2	5	2	3
3	0.222663	18	18	14	14	3	4	3	3
4	0.216333	17	16	17	16	4	5	4	3
5	0.207992	16	16	14	14	5	4	5	3
6	0.197385	15	14	15	14	6	5	6	3
7	0.184122	14	14	12	12	7	4	7	3
8	0.167571	13	12	13	12	8	5	8	3
9	0.146625	12	12	10	10	9	4	9	3
10	0.118983	9	8	9	8	10	5	10	3
11	0.077812	6	6	4	6	11	4	11	3
12	0	0	0	0	0	12	0	12	0
13	0	0	0	0	0	13	0	13	0
14	0	0	0	0	0	14	0	14	0
15	0	0	0	0	0	15	0	15	0
16	0	0	0	0	0	16	0	16	0
17	0	0	0	0	0	17	0	17	0
18	0	0	0	0	0	18	0	18	0
19	0	0	0	0	0	19	0	19	0
20	0	0	0	0	0	20	0	20	0
21	0	0	0	0	0	21	0	21	0
22	0	0	0	0	0	22	0	22	0
23	0	0	0	0	0	23	0	23	0
24	0	0	0	0	0	24	0	24	0
25	0	0	0	0	0	25	0	25	0
26	0	0	0	0	0	26	0	26	0
27	0	0	0	0	0	27	0	27	0
28	0	0	0	0	0	28	0	28	0
29	0	0	0	0	0	29	0	29	0
30	0	0	0	0	0	30	0	30	0
Presek	$\phi D_s$ [m]	$\Sigma y_2$	$\Sigma y_4$	$\Sigma y_6$	$\Sigma y_8$	KOMORA	$\Sigma n_{y6}$	KOMORA	$\Sigma n_{y8}$
									$\Sigma n_{y r_i}$
									14.697
									$n_o$ [kom]



Rikalović Milan  
DOBOŠASTI  
RAZMENJIVAČI TOPLOTE  
EXCELOVA PODRSKA

Zadaju se samo vrednosti u zatamjenim poljima  
**KOEFICIJENT PROLAZA TOPLOTE uzduž u omotaču**

ver.: v2, jun 2002.

**A GEOMETRIJA DOBOŠASTOG RAZMENJIVAČA TOPLOTE**

Unutrašnji prečnik omotača	$D_u$ [m]	<b>0.49</b>	Broj prolaza u cevnom registru	$z_r$ [-]	<b>6</b>
Debljina dijafragme	$d_{df}$ [m]	<b>0.003</b>	Broj prolaza u omotaču	$z_o$ [-]	<b>2</b>
Spoljašnji prečnik cevi	<b>Cu</b> $d_s$ [m]	<b>0.018</b>	Dužina pravog dela registra	$L_g$ [m]	<b>2.6</b>
Debljina zida cevi registra	$s_r$ [m]	<b>0.001</b>	Maks. poluprečnik savijanja	$r_{max}$ [m]	<b>0.234</b>
Unutrašnji prečnik cevi registra	$d_w$ [m]	<b>0.016</b>	Površina preseka registra	$F_r$ [m <sup>2</sup> ]	<b>0.0527</b>
Ukupni broj otvora na cevnoj ploči	$n$ [kom]	<b>262</b>	Površina preseka omotača	$F_o$ [m <sup>2</sup> ]	<b>0.1204</b>
			Ekvivalentni prečnik omotača	$d_{ekv}$ [m]	<b>0.0278</b>

**RAZMENA TOPLOTE BEZ PROMENE FAZE  
B REŽIM RADA RAZMENJIVAČA TOPLOTE**

FLUID U REGISTRU		TECNOŠT	PRIMAR	FLUID U OMOTAČU		GAS	SEKUNDAR
Protok fluida	$m_r$	[kg/h]	2800	Protok fluida	$m_o$	[kg/h]	5978.4
Srednja temperatura fluida	$t_{sr}$	[°C]	100	Srednja temperatura fluida	$t_{so}$	[°C]	40
Spec.toplotni kapacitet pri tsr	$c_{p,r}$	[kJ/(kgK)]	2.185	Spec.toplotni kapacitet pri tsr	$c_{p,o}$	[kJ/(kgK)]	1.005
Gustina pri $t_{sr}$	$\rho_r$	[kg/m <sup>3</sup> ]	520	Gustina pri $t_{so}$	$\rho_o$	[kg/m <sup>3</sup> ]	1.128
Kinematski viskozitet pri tsr	$\nu_r$	[m <sup>2</sup> /s]	3.85E-06	Kinematski viskozitet pri tsr	$\nu_o$	[m <sup>2</sup> /s]	1.69E-05
Toplotna provodljivost pri tsr	$\lambda_r$	[kW/(mK)]	0.00014	Toplotna provodljivost pri tsr	$\lambda_o$	[kW/(mK)]	2.76E-05
Temperatura zida cevi iznutra	$t_{z,r}$ [°C]	<b>59.42</b>	<b>59.42</b>	Temperatura zida cevi spolja	$t_{z,o}$ [°C]	<b>58.88</b>	<b>58.88</b>
Kinematski viskozitet pri tsr	$\eta_r$	[m <sup>2</sup> /s]	4.17E-03	Kinematski viskozitet pri tsr	$\eta_o$	[m <sup>2</sup> /s]	1.98E-05

**C KONDUKCIJA I ZAPRLJANJE**

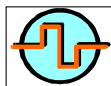
Toplotna provodlj. zida cevi	$\lambda_{zc}$ [kW/(mK)]	<b>0.389</b>	Toplotna otpor zida cevi	$R_{zc}$ [m <sup>2</sup> K/kW]	<b>0.003</b>
Topl.provodlj.naslaga u reg.	$\lambda_{nr}$ [kW/(mK)]	<b>0.0023</b>	Topl.provodlj.naslaga u om.	$\lambda_{no}$ [kW/(mK)]	<b>0.0023</b>
Debljina naslaga u registru	$\delta_{nr}$ [m]	<b>0.00025</b>	Debljina naslaga u omotaču	$\delta_{no}$ [m]	<b>0.00025</b>
Toplotni otpor naslaga reg.	$R_r$ [m <sup>2</sup> K/kW]	<b>0.109</b>	Toplotni otpor naslaga om.	$R_o$ [m <sup>2</sup> K/kW]	<b>0.109</b>
Toplotni otpor naslaga reg.	$R_{r,usv}$ [m <sup>2</sup> K/kW]	<b>0.2</b>	Toplotni otpor naslaga om.	$R_{o,usv}$ [m <sup>2</sup> K/kW]	<b>0.1</b>

**D KOEFICIJENT PRELAZA TOPLOTE KONVEKCIJOM  $\alpha$  [kW/(m<sup>2</sup>K)]**

Brzina strujanja u registru	$w_r$ [m/s]	<b>0.17</b>	Brzina strujanja u omotaču	$w_o$ [m/s]	<b>24.449</b>
Rejnoldsov broj u registru	$Re_r$ [-]	<b>707</b>	Rejnoldsov broj u omotaču	$Re_o$ [-]	<b>40125</b>
Prantlov broj u registru	$Pr_r$ [-]	<b>31.214</b>	Prantlov broj u omotaču	$Pr_o$ [-]	<b>0.6955</b>
Dužina strujnog toka registra	$L_r$ [m]	<b>17.805</b>	Dužina strujnog toka omotača	$L_o$ [m]	<b>5.9351</b>
Geometrijski faktor (4.25)	$f_{Gr}$ [-]	<b>1.0093</b>	Geometrijski faktor (4.25)	$f_{Go}$ [-]	<b>1.028</b>
Faktor smera fluksa (4.13),(4.24)	$f_{Qr}$ [-]	<b>0.9022</b>	Faktor smera fluksa (4.13),(4.24)	$f_{Qo}$ [-]	<b>0.9791</b>
Faktor $K = Re Pr d/L$	$K_r$ [-]	<b>19.831</b>	Faktor $K = Re Pr d/L$	$K_o$ [-]	<b>130.66</b>
Koeficijent trenja u registru (4.27)	$\xi_r$ [-]	<b>0.0795</b>	Koeficijent trenja u omotaču (4.27)	$\xi_o$ [-]	<b>0.022</b>

STRUJANJE LAMINARNO				STRUJANJE TURBULENTNO				
No	Re	Pr	K	$d/L$	Vrednost Nuseltovog broja	$Nu_r$ [-]	$Nu_o$ [-]	
1	$Re < 2300$	Termički i hidraulički razvij. struja		$t_z = const$	Hauzen, (4.16)	4.5701	SOS	
2	$Re < 2300$	Termički i hidraulički razvij. struja		fluks const	Šah, (4.17), (4.18)	5.2292	SOS	
3	$Re < 2300$	$0.7 < Pr < 7$	$K < 33$ i za $Pr > 6$	$t_z = const$	Štefan, (4.19)	6.2852	SOS	
4	$Re < 2300$	$0.7 < Pr < 7$	$K < 33$ i za $Pr > 7$	fluks const	Štefan, (4.20)	7.7963	SOS	
5	$2300 < Re < 10^6$	$0.5 < Pr < 1000$		$d/L \leq 1$	Gnielinski, (4.26)	SOS	88.016	
6	$2300 < Re < 10^6$	$0.5 < Pr < 1000$		$d/L \leq 2$	Hauzen, (4.28a)	SOS	88.333	
7	$Re > 10000$	$0.7 < Pr < 2500$			MekAdams, (4.29)	SOS	SOS	
8	$Re > 10000$	Samo za vodu			SNIP, (4.30)	$\alpha$	SOS	
				Nu <sub>lam</sub> , prema	1	Nu <sub>lam</sub> , (4.34)	0.6702	1E+23





Rikalović Milan  
DOBOŠASTI  
RAZMENJIVAČI TOPLOTE  
EXCELOVA PODRŠKA

ver.: v2, jun 2002.

## POPRE^NO STRUJANJE U OMOTA^U - prelaz toplote i pad pritiska

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjenim poljima

### A PROTOK I SVOJSTVA RADNOG FLUIDA

Naziv fluida	TOPLA	VODA
Srednja temp i temp zida $t_{sr}/t_z$ [°C]	50	52.05
Gustina fluida na tsr $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	988.1	987.1
Kin. viskoznost fluida na tsr $\nu$ [m <sup>2</sup> /s]	5.6E-07	5.40E-07

Spec. toplotni kap. na $t_{sr}$ $c_p$ [kJ/(kg K)]	4.178	Prantlov
Topl. provodljivost na $t_{sr}$ $\lambda_p$ [kW/mK]	0.00065	broj
Maseni protok fluida $m$ [kg/h]	26000	Pr [-]
Odnos dinamičkih viskoz. $\nu_p/(\nu p)_z$	1.0303	3.54637

### B GEOMETRIJA POPREČNOG STRUJANJA U OMOTAČU RAZMENJIVAČA TOPLOTE

Unutrašnji prečnik omotača $D_u$ [m]	0.49	
Spoljašnji prečnik cevi Prava $d_s$ [m]	0.018	
Unutrašnji prečnik cevi registra $d_u$ [m]	0.016	
Raspored cevi i prvi otvor ŠAHOVSKI	1	
Vertikalni/Horizontalni korak $k_v/k_h$	0.013	0.0195
Početni koraci od osa $k_{v0}/k_{h0}$	0.014	0.0225
Ukupan broj redova od ose $N_{ru}$ [-]	17	
Ukupan broj kolona od ose $N_{ku}$ [-]	11	
Broj prolaza u cevnom registru $z_r$ [-]	6	
Broj prolaza u omotaču $z_o$ [-]	2	
Ukupni broj otvora na cevnoj ploči $n$ [kom]	282	
Broj cevi u oknu po preseku omotača $n_o$ [-]	50	
Broj prvog reda početka okna $N_{r0}$ [-]	10	
Broj poprečnih pregrada struje $z_p$ [-]	20	
Broj parova poduž, zaptivnih traka $j$ [-]	0	
Debljina dijafagme i pregrada $\delta_{pr}$ [m]	0.003	
Minimalni razmak ose cevi od $D_u$ $\delta$ [m]	0.014	
Minimalno rastojanje između cevi $\delta_{min}$ [m]	0.00544	
Dužina pravog dela registra $L_g$ [m]	2.6	
Maks. poluprečnik savijanja $r_{max}$ [m]	0.2175	
Ukupna dužina strujanja u omotaču $L_s$ [m]	5.2	

Najveća visina okna $H_o$ [m]	0.114
Ekvivalentni prečnik okna $d_{eo}$ [m]	0.02208
Broj poprečno nstruj. redova u oknu $N_{rop}$ [-]	7.5
Računski broj popr. nstruj. redova $N_{ou}$ [-]	7.01538
Rastojanje između pregrada $L_p$ [m]	0.242
Rast. između ploče i prve/zadnje pr. $L_{kp}$ [m]	0.25
Broj popr. nstr. redova međuzone $N_{rp}$ [-]	19
Broj popr. nstr. redova krajnje zone $N_{kp}$ [-]	26.5

Dvostruki zazor između $D_u$ i $D_{cs}$ $m_{co}$ [m]	0.01
Dvostruki zazor snopa i dijafagme $m_{fo}$ [m]	0.024
Dvostruki zazor između otvora i cevi $m_{ao}$ [m]	0.001
Dvostruki zazor između $D_u$ i pregrada $m_{po}$ [m]	0.005
Ugao okna po preseku cevne ploče $\gamma_u$ [°]	115.4
Površ. zazora $D_u$ i pregr. okna meo $F_{eo}$ [m <sup>2</sup> ]	0.0013
Površ. zazora oko cevi u pregradi $F_{ao}$ [m <sup>2</sup> ]	0.00337
Površ. obilazne struje C i F $F_{cf}$ [m <sup>2</sup> ]	0.00411
Površ. preseka omotača u oknu $F_{oo}$ [m <sup>2</sup> ]	0.01031

### C DIMENZIONISANJE PRIKLJUČKA ZA ULAZ I IZLAZ RADNOG FLUIDA pri $R =$

Predpostavljeni Reynoldsov broj $Re$ [-]	180828
Koeficijent trenja prema Filonenku $\xi_{pr}$ [-]	0.01591
Unutrašnji prečnik priključka $d_{u,pr}$ [m]	0.0926

Brzina u priključku $\omega_{pr}$ [m/s]	1.0854	Pa/m
Računski Reynoldsov broj $Re$ [-]	180828	
Nazivni prečnik priključka $NO$ [mm]	100	

### D KOEFICIJENT PROLAZA TOPLOTE PRI POPREČNOM STRUJANJU U OMOTAČU

Prema GNIELINSKOM

Karakteristična dužina za bezd. vel. $l$ [m]	0.02827
Površina u osi poprečne struje $F_p$ [m <sup>2</sup> ]	0.05929
Brzina strujanja kroz površinu $F_p$ $\omega_p$ [m/s]	0.1233
Geometrijski odnos $a=hor. korak/d_s$ $a$ [-]	2.1667
Geometrijski odnos $b=vert. korak/d_s$ $b$ [-]	1.4444
Poroznost cevnog snopa $\psi$ [-]	0.6375
Reynoldsov broj poprečne struje $Re_p$ [-]	9837
Nuselt laminarne struje POLHAUZEN $Nu_L$ [-]	100.429
Nuselt turbulentne struje $Nu_T$ [-]	89.5763
Faktor razmeštaja cevnog snopa $f_S$ [-]	1.46154
Faktor broja nstrujanih redova cevi $f_N$ [-]	1
Nuseltov broj idealnog snopa $Nu_{id}$ [-]	197.948

Prema BELL DELAWARE

Dužina tetive reda najbližeg osi $x_t$ [m]	0.462
Broj cevi u redu na tetivi $n_t$ [-]	10
Površina između cevi tetive $x_t$ $F_t$ [m <sup>2</sup> ]	0.03533
Brzina strujanja kroz površinu $F_t$ $\omega_t$ [m/s]	0.20687
Reynoldsov broj poprečne struje $Re_t$ [-]	6700
Koeficijenti za idealni snop $e_1$ [-]	0.321
Koeficijenti za idealni snop $e_2$ [-]	0.6121
Koeficijenti za idealni snop $e$ [-]	0.09967
Nuseltov broj idealnog snopa $Nu_{id}$ [-]	114.803
Ukupan broj poprečno nstrujanih cevi $N_{rup}$ [-]	450
Korekcija podužnog strujanja okna $f_o$ [-]	1.12941
Korekcija strujanja A i E lekažno $f_{AE}$ [-]	0.82773



## RATING

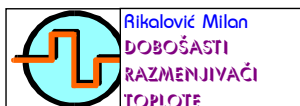
ver.: v2, jun 2002.

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjenim poljima

VELIČINA	KONFIGURACIJA STRUJANJA U RAZMENJIVAČU TOPLOTE								Empirijska edn.(3.93)	
	istosm	suprot	unakrsno	RT21	RT42	RT63	RT84	RT62		
A. ZADATE VELIČINE Linearna aproksimacija specifičnog toplotnog koeficijenta										
									$a_o =$	0.274
									$b =$	2.08
Geometrijska karakteristika									$c =$	0.624
$kA$ [kW/K]	40								$d =$	0.508
konfig. [a]				1	2	3	4	2		
$t_{p'} [^{\circ}\text{C}]$	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
$t_{s'} [^{\circ}\text{C}]$	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
$m_p$ [kg/s]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
$m_s$ [kg/s]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
[kJ/(kg K)]	4.5	4.5	4.2	4.3	4.5	4.2	4.5	4.5	4.4	4.4
[kJ/(kg K)]	2	2.2	1.9	1.8	2.2	2.2	2.3	2.2	2.1	2.1

## B. IZRAČUNATE VELIČINE

$t_{p, sr} [^{\circ}\text{C}]$	110.11	102.44	106.46	107.4	103.92	103.11	102.82	103.8	107.37
$t_{s, sr} [^{\circ}\text{C}]$	80.014	83.836	81.836	81.368	83.099	83.503	83.648	83.161	81.382
[kJ/(kg K)]	4.22415	4.21417	4.2194	4.22062	4.2161	4.21504	4.21466	4.21594	4.22058
[kJ/(kg K)]	4.19401	4.19707	4.19547	4.19509	4.19648	4.1968	4.19692	4.19653	4.19511
$t_p - t_s$	60	60	60	60	60	60	60	60	60
$k_p$ [kW/K]	10.56	10.535	10.548	10.552	10.54	10.538	10.537	10.54	10.551
$k_s$ [kW/K]	20.9701	20.9853	20.9773	20.9755	20.9824	20.984	20.9846	20.9826	20.9755
$R$	0.5036	0.502	0.5029	0.503	0.5023	0.5022	0.5021	0.5023	0.503
$TU = kA/\Delta t$	3.7877	3.7967	3.792	3.7909	3.795	3.7959	3.7963	3.7951	3.7909
$R$	297.44	6.6235	44.3454	69.6538	8.35987	4.12015	2.89212	7.73185	
$P_a$				0.75328	0.68364	0.59908	0.52578	0.68955	
$P$	0.66284	0.91865	0.7846	0.75328	0.86921	0.89631	0.90606	0.87338	0.75424
$\Delta t_v = P * \epsilon$	39.77	55.119	47.077	45.197	52.153	53.779	54.364	52.403	45.254
$t_m = R * \Delta t$	20.028	27.672	23.673	22.736	26.198	27.006	27.297	26.323	22.765
$LMTD$	28.989	14.518	22.644	24.33	17.773	16.047	15.394	17.515	24.279
$\epsilon$	0.3622	1	0.5483	0.49	0.7732	0.8829	0.9302	0.7884	0.4917
$t_e = LMTD * \epsilon$	10.5	14.518	12.415	11.922	13.743	14.167	14.32	13.808	11.938
$W_v = P * \Delta t$	419.989	580.704	496.596	476.897	549.701	566.699	572.81	552.318	477.5
$W_m = P * \Delta t$	419.989	580.704	496.596	476.897	549.701	566.699	572.81	552.318	477.5
$Q = kA * \Delta t$	419.989	580.704	496.596	476.897	549.701	566.699	572.81	552.318	477.5



## DESIGN

ver.: v2, jun 2002.

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjenim poljima

VELIČINA	KONFIGURACIJA STRUJANJA U RAZMENJIVAČU TOPLOTE								Empirijska jedn.(3.93)
	istosm	suprot	unakrsno	RT21	RT42	RT63	RT84	RT62	
A. ZADATE VELIČINE Linearna aproksimacija specifičnog toplotnog k:									
adana izlazna temperatura	JESTE						a <sub>o</sub> =		0.274
	p <sub>sr</sub> VIŠE [°C]		p <sub>sr</sub> NIŽE [°C]		s <sub>sr</sub> VIŠE [°C]		s <sub>sr</sub> NIŽE [°C]		b =
	PRIMAR		SEKUNDA		PRIMAR		SEKUNDA		c =
	c <sub>p</sub> [kJ/(kg K)		c <sub>p</sub> [kJ/(kg K)		c <sub>p</sub> [kJ/(kg K)		c <sub>p</sub> [kJ/(kg K)		d =
config. [α]			1		2		3		4
t <sub>p</sub> ' [°C]	130	130	130	130	130	130	130	130	130
t <sub>s</sub> ' [°C]	40	40	40	40	40	40	40	40	40
t'' [°C]	100	100	100	100	100	100	100	100	100
m <sub>p</sub> [kg/s]	1	1	1	1	1	1	1	1	1
m <sub>s</sub> [kg/s]	1	1	1	1	1	1	1	1	1
c <sub>p</sub> [kJ/(kg K)]	4.5	4.5	4.2	4.3	4.5	4.2	4.5	4.5	4.4
c <sub>s</sub> [kJ/(kg K)]	2	2.2	1.9	1.8	2.2	2.2	2.3	2.2	2.1

## B. IZRAČUNATE VELIČINE

t <sub>p sr</sub> [°C]	115	115	115	115	115	115	115	115	115
t <sub>s sr</sub> [°C]	72.164	72.164	72.164	72.164	72.164	72.164	72.164	72.164	72.164
[kJ/(kg K)]	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228
[kJ/(kg K)]	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179
= t <sub>p</sub> ' - t <sub>s</sub>	90	90	90	90	90	90	90	90	90
p [kW/ K]	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228	4.228
s [kW/ K]	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179	1.97179
R	0.4664	0.4664	0.4664	0.4664	0.4664	0.4664	0.4664	0.4664	2.1442
Δt <sub>s</sub>	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327
Δt <sub>p</sub>	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Δt <sub>v</sub>	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327	64.327
P	0.71475	0.71475	0.71475	0.71475	0.71475	0.71475	0.71475	0.71475	0.33333
P <sub>a</sub>				0.71475	0.49771	0.38	0.30703	0.49771	ε
P, P <sub>a max</sub>	0.68196		0.8109	0.77828	0.77828	0.77828	0.77828	0.78922	0.8113
NTU=kA/W	SOS	1.5908	1.9498	2.1448	1.6777	1.6272	1.6109	1.6698	0.9145
kA	SOS	3.13676	3.8446	4.22914	3.30805	3.20846	3.1763	3.29254	3.86643
LMTD	40.437	40.437	40.437	40.437	40.437	40.437	40.437	40.437	40.437
ε	SOS	1	0.8159	0.7417	0.9482	0.9777	0.9876	0.9527	0.8113
t <sub>e</sub> =LMTD	SOS	40.437	32.992	29.992	38.343	39.533	39.933	38.523	32.805
= W <sub>v</sub> * Δt	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84
= W <sub>m</sub> * Δt	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84
Q = kA * Δt	SOS	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84	126.84



## ZONEKONDENZACIJE

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjenim poljima

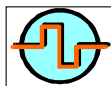
## A. ZADATE VELIČINE

$p_{pa}$ [bar]	$t_p'$ [°C]	$h_p$ [kJ/kg]	$x$ [-]	$t_k$ [°C]	$h''_p$ [kJ/kg]	$h'_p$ [kJ/kg]	$r$ [kJ/kg]
4.5	500	3484.5	1	147.92	2741.8	622.96	2118.84
$m_p$ [kg/s]	$m_s$ [kg/s]	$t_s'$ [°C]	$d_s$ [m]	$d_u$ [m]	$\alpha_p^{HP}$ [kW/m <sup>2</sup> ]		$\alpha_p^{HP}$ [kW/m <sup>2</sup> K]
1	11	20	0.018	0.016	0.5		0.25

## RATING PROBLEM

## DESIGN PROBLEM

B. KONTROLNE VELIČINE					B. KONTROLNE VELIČINE				
ač. $t_p''$ [°C]	red. $t_p''$ [°C]	Primaru	ALARM	$Q$ [kW] Bilan	IZLAZ	$t''_p$	Primaru	$Q$ [kW] Bilan	
38.352	38.352	cevi		3324.72	PRIMAR	38.352	cevi	3324.72	
$t_p^{HP}$ [°C]	$t_p^{HP}$ [°C]	$kA$ [kW/K]	$A^{HP}$		$t_p^{HP}$ [°C]	$t_p^{HP}$ [°C]	$A^{HP}$		
235.45	235.43	37	0.0898		235.43	235.43	0.0898		
$A$ [kW/K]	9.42436	37	25.4492	2.12647	37.002	2.12666	25.4512	9.42429	
$Q$ [kW]	463.18	3324.7	2309	552.5	3324.7	552.5	2309	463.18	
$t_p''$ [°C]	38.35		147.92	235.45	$t_p''$ [°C]	235.43	147.92	38.35	
$t_s''$ [°C]	29.99		79.84	91.74	$t_s''$ [°C]	91.75	79.85	29.99	
RATING	HK	DESIGN	K	HP	DESIGN	HP	K	HK	
VELIČINA	RT21	VELIČINA	RT21	RT21	VELIČINA	RT21	RT21	RT21	
config. [a]	1	config. [a]	1	1	config. [a]	1	1	1	
C. PRORACUNI					C. PRORACUNI				
$t_{psr}$ [°C]	93.1359	$t_{psr}$ [°C]	191.68	367.72	$t_{psr}$ [°C]	367.717	191.677	93.136	
$t_{ssr}$ [°C]	24.9963	$t_{ssr}$ [°C]	54.918	85.791	$t_{ssr}$ [°C]	85.8027	54.9235	24.9963	
$c_p$ [kJ/kg K]	4.2273	$c_p$ [kJ/kg K]	$c_p$ [kJ/kg K]		$c_p$ [kJ/kg K]		4.2273		
$c_s$ [kJ/kg K]	4.2138	$c_s$ [kJ/kg K]	4.2109	4.2219	$c_s$ [kJ/kg K]	4.2219	4.2099	4.2138	
$\Delta t_p = t_p' - t_s'$	127.92	$\Delta t_p = t_p' - t_s'$	117.93	420.16	$\Delta t_p = t_p' - t_s'$	420.15	117.927	127.92	
$\gamma_p$ [kW/K]	4.2273	$\gamma_p$ [kW/K]	26.381	2.0884	$\gamma_p$ [kW/K]	2.08832	26.3851	4.2273	
$\gamma_s$ [kW/K]	46.3518	$\gamma_s$ [kW/K]	46.32	46.441	$\gamma_s$ [kW/K]	46.4409	46.3089	46.3518	
$R$	0.0912	$R$	0.5695	0.045	$R$	0.04497	0.56976	0.0912	
$\Delta t_s$	9.99266	$\Delta t_s$	49.85	11.897	$\Delta t_s$	11.8968	49.8617	9.99264	
$\Delta t_p$	109.568	$\Delta t_p$	87.528	264.55	$\Delta t_p$	264.567	87.513	109.568	
$\Delta t_v = P^* \theta$	109.568	$\Delta t_v$	87.528	264.55	$\Delta t_v$	264.567	87.513	109.568	
$P$	0.85654	$P$		0.6296	$P$	0.6297		0.85654	
$P_a$	0.85654	$P_a$		0.6296	$P_a$	0.6297		0.85654	
$E$	9.38071	$P, P_{a max}$		0.9775	$P, P_{a max}$	0.97753		0.95449	
$TU = kA/\lambda$	2.2294	$TU = kA/\lambda$	0.9647	1.0182	$TU = kA/\lambda$	1.0184	0.9646	2.22939	



Rikalović Milan  
DOBOŠTAI  
RAZMENJIVAČI TOPLOTE  
EXCELOVA PODRŠKA

## PAD PRITISKA U RAZMENJIVAČU TOPLOTE

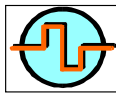
ver.: v2, jun 2002.

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjanim poljima

A ZADATE GEOMETRIJSKE VELIČINE				D PAD PRITISKA U RAZMENJIVAČU TOPLOTE			
NAZIV GEOMETRIJSKE VELIČINE	Mera	Zadato	Usvojeno	D1 UZDUŽNO STRUJANJE U ili OKO REGISTRA			
Unutrašnji prečnik omotača	$D_u$ [m]	0.51	0.51	Dužina zaletne staze	$L_{zs}$ [m]		
Spoljašnji prečnik cevi	<b>U cev</b> $d_s$ [m]	0.018	0.018	Bezdimenziona značica zaletne staze	$K_{zs}$ [-]		
Unutrašnji prečnik cevi registra	$d_u$ [m]	0.016	0.016	Koeficijent trenja fluida u zaletnoj stazi	$\xi_{zs}$ [-]		
Broj prolaza u cevnom registru	$z_r$ [-]	6	6	Koeficijent trenja fluida u cevi-oko cevi	$\xi_f$ [-]	0.0428	
Broj prolaza u omotaču	$z_o$ [-]	2	2	Pad pritiska fluida u zaletnoj stazi	$\Delta p_{zs}$ [kPa]		
Ukupni broj otvora na cevnoj ploči	$n$ [kom]	304	304	Preostala dužina strujanja fluida	$L$ [m]	5.94456	
Debljina dijafra gme	$\delta_{pr}$ [m]	0.003	0.003	Pad pritiska fluida u registru-omotaču	$\Delta p_r$ [kPa]	0.00665	
Dužina pravog dela registra	$L_g$ [m]	2.6	2.6	Pad pritiska usled lokalnih otpora	$\Delta p_l$ [kPa]	0.00033	
Maks. poluprečnik savijanja	$r_{max}$ [m]	0.237	0.237	UKUPNI PAD PRITISKA UZDUŽNO STRUJANJE u-oko CEVNOG SNOPA			
<b>B ZADATI PODACI O FLUIDU</b>					$\Delta p_{cs}$ [kPa]	0.00698	
FLUID	VRELA VODA	Zadato	Usvojeno	<b>D2 POPREČNO STRUJANJE U OMOTAČU</b>			
Srednja temperatura fluida	$t_{sr}/t_{sz}$ [°C]	112.5	112.5	<b>USVOJENO prema GADDIS</b>			
Gustina fluida na tsr	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	949.2	949.2	Pad pritiska fluida u međuzoni	$\Delta p_M$ [kPa]		
Kin. viskoznost fluida na tsr	$\nu_r$ [m <sup>2</sup> /s]	2.6E-07	2.6E-07	Pad pritiska fluida u krajnjim zonama	$\Delta p_K$ [kPa]		
Maseni protok fluida	$m$ [kg/h]	8000	8000	Pad pritiska uzdužne zone okna	$\Delta p_{LO}$ [kPa]		
LOKACIJA FLUIDA	OMOTAČ	UZDUŽNO		Pad pritiska usled lokalnih otpora	$\Delta p_l$ [kPa]		
<b>C IZVEDENE GEOMETRIJSKE VELIČINE</b>				UKUPNI PAD PRITISKA POPREČNO STRUJANJE U CEVNOM SNOPU			
Površina preseka registra	$F_r$ [m <sup>2</sup> ]	0.06112		$\Delta p_{cs}$ [kPa]			
Površina preseka omotača	$F_o$ [m <sup>2</sup> ]	0.12539		<b>D3 PAD PRITISKA U KOMORAMA</b>			
Ekvivalentni prečnik omotača	$d_{ekv}$ [m]	0.02532		Koeficijent lokalnih otpora komora	$\Sigma \zeta$ [-]		
Brzina podužnog strujanja fluida	$\omega$ [m/s]	0.03734		Pad pritiska lokalnih otpora komora	$\Delta p_k$ [kPa]		
Rejnoldsov broj podužne struje	Re [-]	3605.26		<b>D4 PAD PRITISKA U PRIKLJUČCIMA</b>			
<b>DIMENZIONISANJE PRIKLJUČKA RAZMENJIVAČA</b>				Pad pritiska lokalnih otpora komora	$\Delta p_{pr}$ [kPa]	0.65623	
Predpostavljeni Rejnoldsov broj	Re [-]	195770		<b>D5 UKUPNI PAD PRITISKA</b>			
Ukupan broj kolona od ose	$\xi_{pr}$ [-]	0.01566		Koef. uveć.	1.2		
Unutrašnji prečnik priključka	$d_{u pr}$ [m]	0.05807		Ukupni pad pritiska u aparatu	$\Delta p_u$ [kPa]	0.8	
Brzina u priključku	$\omega_{pr}$ [m/s]	0.88393					
Računski Rejnoldsov broj	Re [-]	195770					
Nazivni prečnik priključka	NO [mm]	65					

**NAPOMENA**

Za poprečno strujanje u omotaču uspostavlja se veza sa podacima - radni list POPREČNO



Rikalović Milan  
DOBOŠASTI  
RAZMENJIVAČI TOPLOTE  
EXCELOVA PODRŠKA

## KLIZNI DIJAGRAM

ver.: v2, jun 2002.

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjenim poljima

Podaci za projektne uslove:	PRIMAR	VRELA VODA	$Q$ [kW]	600	TOPLA VODA	SEKUND.
Spoljna i unutrašnja projektna temperaturi	$t_s$ [°C]	-15			$t_u$ [°C]	20
Temperatura fluida na ulazu (razvod)	$t_r$ [°C]	150			$t_r$ [°C]	90
Temperatura fluida na izlazu (povrat)	$t_p$ [°C]	75			$t_p$ [°C]	70
Temperaturska razlika	$\Delta t_p$ [K]	75			$\Delta t_p$ [K]	20
Srednja temperatura	$t_m$ [°C]	112.5			$t_m$ [°C]	80
Specifični toplotni kapacitet	$c_p$ [kJ/(kg K)]	4.226			$c_p$ [kJ/(kg K)]	4.194
Efektivna temperaturska razlika	$\Delta t_{ep}$ [K]	92.5			$\Delta t_{ep}$ [K]	60
Termička karakteristika grejnih tela	$m$ [-]		1.1683		$m$ [-]	1.3064
Podaci za kontrolne uslove	Spoljna kontrolna temperatura		$t_k$ [°C]	8		
	Računski temperaturski faktor		$\psi = (t_u - t_k)/(t_u - t_s)$ [-]	0.3429		
	Temperaturski faktor	$c \Delta t / (c_p \Delta t_p)$	0.34286		$c \Delta t / (c_p \Delta t_p)$	0.34286
Temperatura fluida na ulazu (razvod)	$t_r$ [°C]	70			$t_r$ [°C]	49.885
Temperatura fluida na izlazu (povrat)	$t_p$ [°C]	44.003			$t_p$ [°C]	43
Temperaturska razlika	$\Delta t$ [K]	25.997			$\Delta t$ [K]	6.8851
Srednja temperatura	$t_m$ [°C]	57.001			$t_m$ [°C]	46.443
Specifični toplotni kapacitet	$c_p$ [kJ/(kg K)]	4.18			$c_p$ [kJ/(kg K)]	4.177
Efektivna temperaturska razlika	$\Delta t_{ep}$ [K]	37.001			$\Delta t_{ep}$ [K]	26.443

## USVOJENI PODACI PRI KONTROLNOM REŽIMU

Termička karakteristika grejnih tela	$m$ [-]	1.16828		$m$ [-]	1.306418	
Temperatura fluida na ulazu (razvod)	$t_r$ [°C]	70	$Q_k$ [kW]	205.74	$t_r$ [°C]	49.89
Temperatura fluida na izlazu (povrat)	$t_p$ [°C]	44			$t_p$ [°C]	43

$t_k$ [°C]	Klizni režim PRIMARA					Klizni režim SEKUNDARA				
	$\psi$ [-]	$c$ [kJ/(kg K)]	$t_{rp}$ [°C]	$\Delta t_{pp}$ [K]	$Q$ [kW]	$c$ [kJ/(kg K)]	$t_{rs}$ [°C]	$\Delta t_{ps}$ [K]	$Q$ [kW]	
8										
$t_k$ [°C]	$\psi$ [-]	$c$ [kJ/(kg K)]	$t_{rp}$ [°C]	$\Delta t_{pp}$ [K]	$Q$ [kW]	$Q$ [kW]	$c$ [kJ/(kg K)]	$t_{rs}$ [°C]	$\Delta t_{ps}$ [K]	$Q$ [kW]
-15	1	4.226	150	75	600	600	4.194	90	70	600
-14	0.971429	4.224121	146.68	73.79	582.86	582.86	4.193333	88.4	68.97	582.81
-13	0.942857	4.222234	143.35	72.57	565.74	565.71	4.192661	86.79	67.93	565.62
-12	0.914286	4.220339	140	71.34	548.54	548.57	4.191985	85.17	66.88	548.44
-11	0.885714	4.218435	136.65	70.1	531.45	531.43	4.191304	83.54	65.81	531.56
-10	0.857143	4.216523	133.28	68.85	514.28	514.29	4.190617	81.9	64.74	514.38
-9	0.828571	4.214601	129.9	67.59	497.14	497.14	4.189925	80.25	63.66	497.22
-8	0.8	4.21267	126.51	66.32	480	480	4.189227	78.59	62.57	480.05
-7	0.771429	4.210728	123.11	65.04	462.88	462.86	4.188524	76.91	61.47	462.6
-6	0.742857	4.208777	119.69	63.75	445.7	445.71	4.187814	75.23	60.35	445.74
-5	0.714286	4.206814	116.26	62.44	428.61	428.57	4.187098	73.53	59.22	428.59
-4	0.685714	4.20484	112.81	61.13	411.37	411.43	4.186376	71.82	58.08	411.45
-3	0.657143	4.202855	109.35	59.8	394.23	394.29	4.185646	70.09	56.92	394.31
-2	0.628571	4.200856	105.88	58.45	377.18	377.14	4.184908	68.35	55.75	377.18
-1	0.6	4.198845	102.38	57.09	359.99	360	4.184163	66.6	54.57	360.05
0	0.571429	4.19682	98.87	55.72	342.82	342.86	4.183409	64.82	53.37	342.63
1	0.542857	4.19478	95.34	54.32	325.74	325.71	4.182647	63.03	52.15	325.52
2	0.514286	4.192724	91.79	52.91	308.59	308.57	4.181875	61.22	50.91	308.41
3	0.485714	4.190653	88.22	51.49	291.38	291.43	4.181093	59.39	49.65	291.3
4	0.457143	4.188563	84.63	50.04	274.27	274.29	4.1803	57.54	48.37	274.2
5	0.428571	4.186455	81.01	48.57	257.09	257.14	4.179495	55.67	47.07	257.11
6	0.4	4.184326	77.37	47.07	240.01	240	4.178678	53.77	45.74	240.02
7	0.371429	4.182175	73.7	45.55	222.86	222.86	4.177846	51.84	44.38	222.94
8	0.342857	4.18	70	44	205.74	205.71	4.177	49.89	43	205.86



Rikalović Milan  
DOBOŠTAJI  
RAZMENJIVAČI TOPLOTE  
EXCELOVA PODRŠKA

ver.: v2, jun 2002.

## PRORAČUN VRSTOJE delova razmenjivača toplote pod pritiskom

Zadaju se samo vrednosti u zatamnjenim poljima

## A ZADATI PRORAČUNSKI PODACI

Proračunska temperatura primara	$t_p$ [°C]	150
Proračunska temperatura sekundara	$t_o$ [°C]	100
Proračunski pritisak primara	$p_p$ [bar]	25
Proračunski pritisak sekundara	$p_s$ [bar]	10
Ispitni pritisak primara	1.5 $p_{pi}$ [bar]	37.5
Ispitni pritisak sekundara	1.5 $p_{si}$ [bar]	15
Primarni fluid struji kroz		

Spoljni prečnik razmenjivača toplote	$D_s$ [mm]	500
Unutrašnji prečnik otvora na dancu	$d_u$ [mm]	0
Cevi registra	$d_s/d_u$ [mm]	Cu 18 16
Horizontalni korak ocevljenja	$k_h$ [mm]	19.5
Vertikalni korak ocevljenja	$k_v$ [mm]	12

## A PRORAČUN DANCA JUS M.E2.252, M.E2.253 I JUS M.E2.259

Oblik danca	GLAVA	TORISFERIČNO	RAVNO	
	Plićko	TORUS	SFERA	
Stepen ispupčenja danca				
Materijal danca	Materijal	Č 1204	Č 1204	Č 1204
Proračunska temperatura	$t_{pr}$ [°C]	150	150	150
Proračunski pritisak	$p_{pr}$ [bar]	25	25	25
Proračunska čvrstoća	$K$ [N/mm <sup>2</sup> ]	226	226	226
Modul elastičnosti	$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	198000		
Stepen sigurnosti	$S$ [-]	1.5	1.5	1.5
Valjanost zavar. spoja	$v$ [-]	1	1	
Dodatak odstupanja	$c_1$ [mm]	0.3	0.3	
Dodatak na koroziju	$c_2$ [mm]	1	1	
Izračunata debljina	$s$ [mm]	6.6927	3.36555	31.1729
Faktor uticaja	$(s_e - c_1 - c_2) / D_s$	0.0134		
Faktor uticaja	$d_u / D_s$ [-]	0		
Proračunski koeficijent	$\beta$ [-]	2.6		
Proračunski koeficijent	$C$ [-]			0.5
Proračunski prečnik	$D_1$ [mm]			484
Izvedena debljina	$s_e$ [mm]	8	8	40
Faktor uticaja	$p_B / E$ [-]	7000		
Pritisak ulublivanja	$p_B$ [bar]	0.35354		
Ocena uticaja ulublivanja	$p_B$	<	1,5 $p_{pr}$	
		NEMA ULUBLJIVANJA		

OMOTAČ	TORISFERIČNO	RAVNO		
	Plićko	TORUS	SFERA	
Materijal	Č 0361	Č 0361	Č 0361	
Proračunska temperatura	$t_{pr}$ [°C]	100	100	
Proračunski pritisak	$p_{pr}$ [bar]	10	10	
Proračunska čvrstoća	$K$ [N/mm <sup>2</sup> ]	187	187	
Modul elastičnosti	$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	203000		
Stepen sigurnosti	$S$ [-]	1.5	1.5	
Valjanost zavar. spoja	$v$ [-]	1	1	
Dodatak odstupanja	$c_1$ [mm]	0.3	0.3	
Dodatak na koroziju	$c_2$ [mm]	1	1	
Izračunata debljina	$s$ [mm]	4.30802	2.30067	21.9427
Faktor uticaja	$(s_e - c_1 - c_2) / D_s$	0.0074		
Faktor uticaja	$d_u / D_s$ [-]	0		
Proračunski koeficijent	$\beta$ [-]	3		
Proračunski koeficijent	$C$ [-]			0.5
Proračunski prečnik	$D_1$ [mm]			490
Izvedena debljina	$s_e$ [mm]	5	5	36
Faktor uticaja	$p_B / E$ [-]	7000		
Pritisak ulublivanja	$p_B$ [bar]	0.34483		
Ocena uticaja ulublivanja	$p_B$	<	1,5 $p_{pr}$	
		NEMA ULUBLJIVANJA		

## B PRORAČUN OMOTAČA JUS M.E2.253

## OMOTAČ VIŠEG PRITISKA OMOTAČ NIŽEG PRITISKA

Materijal omotača	Materijal	Č 0361
Proračunska temperatura	$t_{pr}$ [°C]	150
Proračunski pritisak	$p_{pr}$ [bar]	25
Proračunska čvrstoća	$K$ [N/mm <sup>2</sup> ]	174
Stepen sigurnosti	$S$ [-]	1.5
Valjanost zavar. spoja	$v$ [-]	0.8
Dodatak odstupanja	$c_1$ [mm]	0.3
Dodatak na koroziju	$c_2$ [mm]	1
Izračunata debljina	$s$ [mm]	7.9454
Izvedena debljina	$s_e$ [mm]	8

Materijal omotača	Materijal	Č 0361
Proračunska temperatura	$t_{pr}$ [°C]	100
Proračunski pritisak	$p_{pr}$ [bar]	10
Proračunska čvrstoća	$K$ [N/mm <sup>2</sup> ]	187
Stepen sigurnosti	$S$ [-]	1.5
Valjanost zavar. spoja	$v$ [-]	0.8
Dodatak odstupanja	$c_1$ [mm]	0.3
Dodatak na koroziju	$c_2$ [mm]	1
Izračunata debljina	$s$ [mm]	3.79418
Izvedena debljina	$s_e$ [mm]	5

## C. CEVNA PLOČA JUS M.E2.259

Materijal	Č 0561	
Proračunska temperatura	$t_{pr}$ [°C]	150 100
Proračunski pritisak	$p_{pr}$ [bar]	25 10
Proračunska čvrstoća	$K$ [N/mm <sup>2</sup> ]	240 254
Stepen sigurnosti	$S$ [-]	1.5
Izračunata debljina	$t$ [mm]	22.8965
Valjanost zavar. spoja	$v$ [-]	0.3012
Dodatak odstupanja	$C$ [-]	0.4
Dodatak na koroziju	$D_1$ [mm]	504
Izračunata debljina	$s$ [mm]	45.9167 28.2286
Izvedena debljina	$s_e$ [mm]	50

## C. PIONIRI U TEHNICI RAZMENE TOPLOTE

U čast naučnika koji su napravili pionirske korake u oblasti prostiranja toplote, objavljujemo njihove kratke biografije, prema godini rođenja (*na osnovu ASME Journal of Heat transfer 1999*).

### **Baron Žan Batist Žozef Furije (Baron Jean Baptiste Joseph Fourier), 1768–1830.**



Jozeph Fourier

Ovaj francuski matematičar i fizičar, postao je slavan po svojim pionirskim radovima iz oblasti trigonometrijskih funkcija. Rođen je u Okseru, u Francuskoj, 21. marta 1768. godine, u porodici krojača. Postaje učitelj matematike sa sedamnaest godina, u vojnoj školi u Okseru. Kasnije, sa dvadeset sedam godina, svoje sposobnosti pokazuje u školi *Ecole Normale* u Parizu. Njegovo napredovanje nastavlja se dolaskom na katedru analize Politehničke škole 1807. godine, kada dobija zvanje akademika.

Furijeovo remek-delo je matematička teorija toplotne kondukcije, objavljena u knjizi *Theorie Analytique de la Chaleur*, 1822. god. To je jedna od najznačajnijih knjiga objavljenih u 19. veku, i koja označava istorijski početak primenjene matematike. U njoj Furije razvija teoriju redova, koje je primenio kao rešenje problema graničnih vrednosti parcijalnih diferencijalnih jednačina. Ovi redovi biće nazvani po njemu. Ovaj rad je označio kraj dugih rasprava i početak opšte saglasnosti svih da se funkcija realne promenljive može prikazati kao red sinusa i kosinusa promenljive. Posle duge i veoma uspešne karijere, Furije je umro u Parizu 16. maja 1830. god.



### **Žan Batist Bio (Jean Baptiste Biot), 1774–1862.**



Jean Biot

Francuski fizičar, najpoznatiji po svojim radovima o polarizaciji svetlosti. Žan Batist Bio je rođen u Parizu 21. aprila 1774. Postao je profesor fizike 1800. godine na Francuskom koledžu, na preporuku Laplasa, uz koga postaje jedan od uticajnih predavača sa liste škole *Mecanique Celeste*. Kao mladić, Bio je radio na analizi toplotne kondukcije nezavisno od Furijeja (1802. ili 1803. godine), bezuspešno pokušavajući da uključi u problem spoljašnje konvekcije i analizu toplotne kondukcije. Furije je čitao Bioov rad i 1807. godine rešio samostalno taj problem. Godine 1804, Bio u saradnji sa Gej–Lisakom podiže prvi balon namenjen za naučne svrhe. U saradnji sa Feliksom Savarom 1820. godine, otkrio je zakonitost poznatu kao “*Bio–Savarov zakon*”. Posebna interesovanja ispoljio je za polarizaciju svetlosti. Za dostignuća postignuta u toj oblasti dobio je Ramfordovu medalju Kraljevskog udruženja 1840. godine. Umro je 3. februara 1862. godine u Parizu.

### **Žan Klod Eugen Pekle (Jean Claude Eugene Peclet), 1793–1857.**



Jean Pecllet

Francuski fizičar, rođen je 10. februara 1793. u Besansu (Francuska). Žan Klod Eugen Pekle dobio je prvo obrazovanje u školi *Ecole Normale* u Parizu (učitelji su mu bili Gej, Lisak i Dilanž). Izabran je za profesora koledža u Marselju 1816, gde predaje fizičke nauke do 1827. godine. Vraća se u Pariz gde je nominovan za šefa katedre u *Ecole Normale* i postavljen za profesora u važnom kabinetu za zanatstvo i industriju. Pekle je poznat po stilskoj čistoti svojih radova i sklonosti da svoje poglede eksperimentalno prikaže. Njegovo značajno delo *Trait de la Chaleur et de Ses Applications aux Arts et aux Manufactures* (Pariz, 1829) postalo je svetski poznato zahvaljujući nemačkom prevodu. Povukao se 1852. i posvetio svom najznačajnijem izučavanju, ostavši predavač sve do smrti, u Parizu 6. decembra 1857. godine.

### **Franc Grashof (Franz Grashof), 1826–1893.**

Nemački inženjer, rodio se 11. jula 1826. godine, u Diseledorfu. Franc Grashof pošao je u školu sa 15 godina, radeći u školskoj mehaničkoj radionici. Između 1844. i 1847, Grashof studira matematiku, fiziku i mašinske konstrukcije na Berlinskom kraljevskom tehničkom institutu.

Godine 1849, ukrcava se na brod kao vojnik, biva zarobljen i poslat daleko od Nemačke u Indiju i Australiju, gde ostaje skoro tri godine. Po povratku, nastavlja studije u Berlinu 1852. godine.



Franz Grashof

Grashof je bio jedan od vodećih ljudi Nemačkog udruženja inženjera (*Verein Deutscher Ingenieure, VDI*) radeći na izdavanju normi kao autor, uređivač, korektor i izdavač publikacija. Od 1863, Grashofovo ime je veoma cenjeno na Tehničkom univerzitetu u Karlsruheu, koji ga imenuje za supervizora inženjerske škole. Takođe, radi kao profesor primenjene mehanike i mehaničkog inženjerstva, gde je rukovodio izdanjima: "Otpornost materijala," "Hidraulika", "Teorija toplote", i "Opšte inženjerstvo".

Posle Grashofove smrti, 26. oktobra 1893. godine u Karlsruheu, Nemačko udruženje inženjera u njegovu čast je ustanovilo Grashofovu komemorativnu medalju, kao najviše priznanje udruženja za najviša ostvarenja u oblasti inženjerstva.

### **Jožef Štefan (Josef Stefan), 1835–1893.**

Austrijski fizičar Jožef Štefan rođen je 24. marta 1835. godine u blizini Klagenfurta (Celovec). Značajno je doprineo u povezivanju nekoliko značajnih polja istraživanja, uključujući: kinetičku teoriju gasova, posebno hidrodinamiku i teoriju zračenja.



Josef Stefan

Štefan se obrazovao na Univerzitetu u Beču, gde postaje doktor filozofije 1858. godine i privatni docent matematičke fizike. Godine 1863. postaje profesor fizike, a 1866, direktor Instituta fizike. Počastovan je članstvom u Akademiji nauka, i imenovan za njenog sekretara 1875. godine. Pre Štefanovog rada, Kirhof je opisao potpuno zračenje, nazvavši ga kao "*potpuno crno telo*", koje apsorbira sve zračenje koje pada na jedinicu površine bez refleksije (odbijanja), ali emituje zračenje svih talasnih dužina.

Štefan je 1879. godine empirijski uočio da je zračenje posmatranog tela proporcionalno četvrtom stepenu apsolutne temperature. Ova relacija je dobro poznata kao "*Štefan-Bolcmanov zakon*", pošto je posle njega 1884. godine L. Bolcman do njega došao termotehničkim razmatranjem. Godine 1891, Štefan objavljuje svoj rad o formiranju leda Polarnog mora, dajući specijalno rešenje nelinearnog problema kondukcije sa promenom faze (generalno rešenje je dao u zajednici sa F. Nojmanom). Umro je 7. januara 1893. godine u Beču.

### **Ernst Mah (Ernst Mach), 1838–1916.**



Ernst Mach

Radio je kao austrijski fizičar i filozof. Delo Ernsta Maha imalo je najveći uticaj u dvadesetom veku u fizici i filozofiji. Rodio se 18. februara 1838. godine u Turasu u Moravskoj, a obrazovao u Beču. Bio je profesor fizike u Gracu od 1864. do 1867, u Pragu od 1867. do 1895. godine i profesor induktivne filozofije u Beču od 1895. do 1901. godine. Postao je pripadnik austrijske plemićke kuće 1901. godine, a umro je u Minhenu 19. februara 1916. godine.

Mah je kroz celokupan rad stekao pozitivističke poglede, koji su predstavljali najviši doprinos nauci u ono doba: nema zaključivanja u prirodnim naukama bez empirijske verifikacije. Njegovi kriterijumi verifikacije bili su izuzetno strogi. Odbacivao je i predstavljeno kao metafizičku koncepciju u prostoru i vremenu sve ono što se suprostavljalo fizičkoj teoriji atoma i molekula. Njegova kritika dužine u sistemu Isaka Njutna bila je uvod u teoriju realativiteta Alberta Ajnštajna. Kao pozitivist, smatrao je da izbor između alternativnih hipoteza mora imati činjenično pokriće, koje je u osnovi ekonomsko.

Mahovo ime je najviše vezano za Mahov broj, koji predstavlja odnos matične brzine i lokalne brzine zvuka u vazduhu.

### **Lord Rejli (Lord Rayleigh) 1842–1919.**

Lord Rejli je bio britanski fizičar, rođen 12. novembra 1842. godine u blizini Maldona, Eseks (Essex). Obrazovao se u Triniti koledžu, Kembridž, gde je diplomirao 1865. godine. Kao naslednik J. K. Maksvela (*James Clerk Maxwell*), postao je predvodnik čuvene laboratorije Kevendiš u periodu 1870–1884. godine, a 1887. godine postaje profesor prirodne filozofije Kraljevskog instituta Velike Britanije. Izabran je 1873. godine za člana Kraljevskog udruženja, u kome je bio i predsednik u periodu od 1905. do 1908. godine.

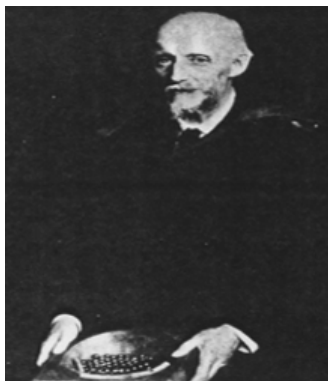


Lord Rayleigh

Dobitnik je Nobelove nagrade za fiziku 1904. godine, za svoj udeo u otkriću inertnog gasa argona (sa ser Vilijemom Remzijem, 1894. godine).

Rejljevo područje proučavanja obuhvata gotovo celokupnu oblast fizike, uključujući zvuk, talasnu teoriju, optiku, teoriju spektra, elektrodinamiku, elektromagnetizam, razlaganje svetlosti, hidrodinamiku, radne fluide za hlađenje, kapilarnost, viskozitet, gustinu gasa, fotografiju i elastičnost, kao i električne mere i standarde. Svoja proučavanja zvuka objavio je u delu "*Teorija zvuka*" (*Theory of Sound*), a ostala proučavanja u fizici objavljena su u njegovim "*Naučnim spisima*". Rejli je umro 30. juna 1919. godine.

### Ozborn Reynolds (Osborne Reynolds), 1842–1912.



Osborne Reynolds

Engleski inženjer i fizičar, Ozborn Reynolds, bio je u svom vremenu jedan od najboljih poznavalaca u oblasti hidraulike i hidrodinamike. Rodio se u Belfastu (Irska), 23. avgusta 1842. godine. Prva iskustva dobio je zahvaljujući radu u radionici Kraljevskog koledža u Kembridžu 1867. godine. Postaje prvi profesor inženjeringa na Ovensovom koledžu u Mančesteru 1868. godine. Član Kraljevskog udruženja postao je već 1877. godine, a nosilac Kraljevske medalje 1888. godine.

Reynolds je proučavao kondenzaciju i prelaz toplote između čvrstog tela i fluida, došavši do radikalnih saznanja u postupku konstruisanja opreme za zagrevanje i kondenzaciju. Njegov rad na turbini pumpe predstavlja osnovu za njihov dalji brzi razvoj. Svoja osnovna inženjerska saznanja formulisao je u *“Teoriji podmazivanja”* (1886. godine), i u svom klasičnom delu *“Zakovitost otpora strujanju”* (1883. godine), istražujući prelaz sa mirnog ili laminarnog ka turbulentnom strujanju. Kasnije, 1889. godine, on razvija matematički okvir, koji postaje standard za turbulentno strujanje. Ostali radovi uključuju objašnjenje radiometra i ranije apsolutno određene mehaničkog ekvivalenta toplote. Reynolds se povukao 1905. godine i umro 21. februara 1912. godine. Njegovo ime vezuje se za *“Reynoldsov broj”*, kojim se određuje kriterijum dinamičke sličnosti i korektnosti eksperimentalnog modela pri određivanju zakonitosti stvarnog strujanja fluida.

### Leo Grec (Leo Graetz), 1856–1941.

Leo Grec, nemački fizičar, rodio se Bresliju (Nemačka), 26. septembra 1856. godine. Studirao je matematiku i fiziku u Bresliju, Berlinu i Štrasburgu. Godine 1881. postaje asistent kod A. Kundta u Štrasburgu, a 1883. prelazi na univerzitet u Minhen, gde postaje profesor 1908. godine, osnivač druge katedre fizike, paralelno sa profesorom Rentgenom.



Leo Graetz

Njegov naučni rad bio je koncentrisan na polje toplotne kondukcije, zračenja, trenja i elastičnosti. Posle 1890. godine, njegov rad se usmerava na probleme elektromagnetnih talasa i katodnog zračenja. Grec je bio plodan pisac i poznata su njegova dvadeset tri izdanja knjige *“Elektricitet i njegova upotreba”* kao i pet tomova knjige *“Priručnik iz elektriciteta i magnetizma”*.

Ova dela su doprinela širenju saznanja u oblasti elektriciteta, a kako je tada pisano, bila su stilski jednostavna. Umro je u 85. godini, u Minhenu, 12. novembra 1941. godine.

**Ser Tomas Edvard Stenton  
(Sir Thomas Edward Stanton), 1865–1931.**



Thomas Stanton

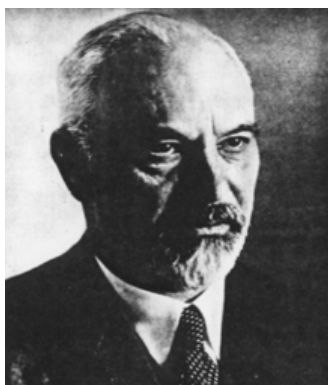
Britanski inženjer, ser Tomas Stenton, rođen je u Eterstonu u Vorvikširu (Engleska), 12. decembra 1865. godine. Godine 1888. našao se na Ovenovom koledžu u Mančesteru i pratio inženjerski nastavni program na Vitvortovj laboratoriji pod vođstvom Ozborna Rejnoldsa. Posle diplomiranja na Viktorija univerzitetu, kao prvi u klasi 1891. godine, dobio je posao u Rejnoldsovoj laboratoriji, najpre kao mlađi, a zatim kao stariji demonstrator, sve do 1896. godine. Od 1892. do 1896. godine bio je stalni predavač matematike i inženjerstva na Visokoj školi u Mančesteru. Juna 1896. Stenton je postavljen kao stariji asistent lekture i inženjerstva na univerzitetskom koledžu u Liverpulu, kod profesora Hel-Šoa. Od decembra 1899. profesor je inženjerstva na

Bristolskom univerzitetskom koledžu i redaktor u oblasti inženjerstva Nacionalne fizičke laboratorije u Bristolu jula 1901. godine. Zadržao se na ovom položaju sve do zvaničnog penzionisanja decembra 1930, godinu dana pre smrti.

Stentonovo glavno polje interesovanja bila je oblast strujanja fluida i trenja i njihov uticaj na provođenje toplote. Od 1902. do 1907. godine izveo je veliki broj istraživačkih programa u sistemu prinudnog strujanja vazduha, tražeći vezu uticajnih veličina. Posle 1908. godine, u kojoj su braća Rajt napravila prvu letelicu u Evropi, Stenton se predao rešavanju problema vazdušnih letelica i konstruisanju vazdušnih lađa i disipaciji toplote vazdušno hlađenih mašina i lokomotiva.

**Ludvig Prantl (Ludwig Prandtl), 1875–1953.**

Ludvig Prantl, rođen je u Frejsingu u Bavarskoj, 4. februara 1875. godine. Kao nemački fizičar bio je poznat po radovima iz oblasti aeronautike. Diplomirao je u Minhenu 1900. godine, sa tezom o elastičnoj stabilnosti i postavljen za profesora primenjene mehanike u Getingenu, gde je radio četrdeset devet godina (od 1904. do svoje smrti, 15. avgusta 1953. godine).



Ludwig Prandtl

Prantl postaje direktor Instituta kralja Viljema za mehaniku fluida, 1925. godine. Njegovo otkriće graničnog sloja na granici površine glavne struje fluida 1904. godine predstavljano je kao sloj usporenja usled trenja. Ono je ukazalo na put do aerodinamične linije krila letelica i ostalih pokretnih tela. Njegov rad na teoriji krila, objavljen 1918–1919. godine, može se posmatrati kao nastavak rada F.W. Lanchester-a (1902–1907), ali nezavisno od njega,

objasnio je strujanje preko avionskih krila i nastajanje vrtloga. Prantlov rad, koji predstavlja odlučujući napredak u graničnom strujanju i teoriji krila, postao je bazični materijal u aeronautici. On je dao i veoma važan doprinos teoriji supersoničnih strujanja i turbulencije i doprineo razvoju strujanja kod vazдушnih tunela i ostale aerodinamične opreme.

Tome se mogu pridodati i njegovi pronalasci filmskog premaza, teorije plastičnosti materijala i meteorologije.

### **Maks Jakob (Max Jakob), 1879–1955.**

Maks Jakob, nemački fizičar, rođen je 20. jula 1879. godine u Ludvigshafenu. Studirao je električno inženjerstvo na Tehničkom univerzitetu u Minhenu, gde je diplomirao 1902. godine. Nagrađen je diplomom inženjera u primenjenoj fizici 1903. i dobio titulu doktora inženjerstva 1904. godine. Od 1903. do 1906. godine asistent je kod O. Knoblauch-a, u laboratoriji tehničke fizike, a kasnije, spajanjem fizičko-tehničke katedre u Berlin–Šarlotenburgu 1910. godine, započela je njegova karijera u termodinamici i provođenju toplote.



Max Jakob

U ovoj oblasti on je ostvario velika i najznačajnija dela, pokrivajući oblasti pare i vazduha na visokom pritisku, opreme za merenje termičke kondukcije, mehanizma zagrevanja i kondenzacije, strujanja u cevima i otvorima i još mnogo toga. Za to vreme napisao je preko 200 tehničkih dela i članaka. Godine 1936, emigrira u Sjedinjene Američke Države i započinje godišnju lekturu sponzorisanu od Udruženja američkih inženjera (ASME). Dobija mesto profesora na Institutu tehnologije u Ilinoisu i savetnika na istraživanju prolaza toplote oklopne ratne opreme. Godine 1942, na univerzitetu u Ilinoisu, osniva Laboratoriju provođenja toplote i postaje njen prvi direktor.

Njegova dugogodišnja istraživanja rezultirala su značajnim doprinosom literaturi i profesiji; blizu 500 knjiga, članaka, revizija i rasprava publikovano je pod njegovim imenom.

Zbog velikih zasluga postavljen je za počasnog doktora inženjerstva na Purdue univerzitetu 1950. godine i nagrađen Vorčesterovom medaljom Udruženja američkih inženjera 1952. godine. Bio je omiljen kod kolega i studenata, zbog svoje ljubaznosti, suptilne dosetke i izvanredne duhovnosti.

Umro je 4. januara 1955. godine.

### **Vilhelm Nuselt (Wilhelm Nusselt), 1882–1957.**

Vilhelm Nuselt, nemački inženjer, rođen je 25. novembra 1882, u Nirnbergu. Studirao je mašinstvo na Tehničkom univerzitetu u Berlinu i Minhenu, gde je diplomirao 1904. godine. Nastavio je studije matematike i fizike i postao asistent kod O. Knoblauch-a na Laboratoriji tehničke fizike u Minhenu.



Wilhelm Nusselt

Kompletirao je doktorsku disertaciju na temu “*Provođenje i izolacija materijala*” godine 1907, koristeći “*Nusseltovu sferu*” za eksperimente. Od 1907. do 1909. radi kao asistent kod Milira u Drezdenu, kvalifikujući se za profesorski rad svojim delom “*Toplota i pokretačka sila prelaza u cevima*”.

Godine 1915, Nuselt izdaje svoje pionirsko delo, “*Osnovni zakoni provođenja toplote*”, u kome po prvi put predlaže bezdimenzione grupe zasnovane na principima dimenzione analize u prostiranju toplote. Čuveni su njegovi radovi iz oblasti filmske kondenzacije na vertikalnoj površini, na sagorevanju ugljene prašine i na analogiji prelaza toplote i mase pri sušenju. Uspostavio je osnovne matematičke veze za laminarni prelaz toplote na ulazu u cev, za

razmenjivače toplote sa unakrsnim strujanjem i za osnovnu teoriju regeneracije. Nuselt radi kao profesor na Tehničkom univerzitetu u Karlsruheu u vremenu 1920–1925. i u Minhenu od 1925. do penzionisanja, 1952. godine. Dobitnik je Gausove medalje i Grashofove komemorativne medalje. Nuselt je umro u Minhenu, 1. septembra 1957. godine.

### **Ernst Šmit (Ernst Schmidt), 1892–1975.**



Ernst Schmidt

Ernst Šmit je nemački naučnik i pionir na polju inženjerske termodinamike, specijalno u oblasti prenosa toplote i mase. Rođen je 11. februara 1892. godine u Vogelsenu, blizu Luneberga, u Nemačkoj. Studirao je građevinu i elektroinženjerstvo u Drezdenu i Minhenu spojeno u laboratoriji za primenjenu fiziku na tehničkom univerzitetu u Minhenu 1919. godine (gde je direktor bio Oskar Knoblauch). Jedan od njegovih značajnih rezultata je tačno merenje mogućnosti zračenja čvrstih tela, gde je, zahvaljujući njemu, korišćena aluminijumska folija kao zaštita od efektivnog zračenja.

Godine 1925, postavljen je u zvanje profesora i direktora u Inženjerskoj laboratoriji na Tehničkom univerzitetu u Dancingu. Ovde je objavio svoja

najznačajnije delo: “*Diferencijalno-grafička metoda za nestacionarnu toplotnu kondukciju*”, gde je uveo pojam termičke granice i lokalnog koeficijenta prelaza toplote. On je prvi izmerio viskozno i temperatursko polje pri slobodnoj konvekciji graničnog sloja i velike koeficijente prelaza toplote pri kapljičastoj kondenzaciji. U svojim delima uspostavio je analogiju između prolaza toplote i mase, uvodeći dimenzionu veličinu koja se po njemu naziva “*Šmitov broj*”. Godine 1937, postaje direktor Instituta za napredna i novopronađena aeronautička istraživanja, ustanovljen u Braunšvaju, i

profesor na tom univerzitetu. Godine 1952, Šmit je postavljen za šefa katedre za termodinamiku na Tehničkom univerzitetu u Minhenu, gde je pre njega radio Nuselt.

Zainteresovao se za uspostavljanje međunarodnih parnih tablica, na čemu je nastavio rad i posle penzionisanja 1961. godine, sve do smrti 1975. godine. Za svoja dela dobio je mnoga priznanja i nagrade, između ostalog i Prsten Ludviga Prantla, nagradu Maksa Jakoba i Grashofovu komemorativnu medalju.

### **Thomas Kilgor Šervud (Thomas Kilgore Sherwood), 1903–1976.**

Thomas Kilgor Šervud rodio se u Kolumbusu (Ohajo) 25. jula 1903. godine i postao jedan od najvećih američkih hemijskih inženjera.



Thomas Sherwood

Njegova energija i istraživački doprinos imali su ogroman uticaj na razvoj hemijskog inženjerstva. Šervud je došao u Institut za tehnologiju u Masačusetsu 1923. godine, gde je diplomirao iz oblasti hemijskog inženjerstva, a takođe i odbranio svoju doktorsku tezu "*Mehanizmi sušenja čvrstih tela*", pod vođstvom Vorena K. Luisa, 1929. godine. Od 1930. do 1969, profesor je na univerzitetu u Masačusetsu, nastavljajući da vrši odlučujući uticaj na standarde svih uticajnih institucija.

Šervudova primarna oblast istraživanja bila je prenos mase i međudejstvo fluida u kontaktu. Objašnjavanje pojava hemijskih reakcija i industrijskih procesnih operacija čine njegova najznačajnija dela. Njegovo brzo napredovanje i stvaranje pozicije svetskog autoriteta iz oblasti prenosa mase pojačano je izdavanjem knjige "*Apsorpcija i ekstrakcija*" 1937. godine. To je bio najbolji tekst objavljen iz te oblasti. Kompletno su je ponovo izdali Pigford i Vilke 1974. godine, pod nazivom "*Prenos mase*". Ova knjiga je zadržala izuzetan uticaj u svetskim razmerama.

U njegovu čast je uveden bezdimenzioni "*Šervudov broj*". Počastvovan je sa više doktorata, a dobitnik je i drugih priznanja i nagrada, uključujući i Američku medalju za izuzetne zasluge 1948. godine i Luisovog priznanja, 1972. godine.

Umro je 14. januara 1972. godine.

### **Alen Filip Kolbern (Allan Philip Colburn), 1904–1955.**

Alen Filip Kolbern rođen je u Americi, Medisonu (Viskonsin), 8. juna 1904. godine. Dobitnik je visokih priznanja od Univerziteta u Viskonsinu za doprinos u hemijskom inženjerstvu 1926. godine, kada je dobio i zvanje vodećeg naučnika 1927. godine i doktora 1929. godine.

Kolbern je svoja istraživanja usmerio na kondenzaciju vodene pare u zasićenoj vazdušnoj struji i ta tema ga je zaokupljala kroz ceo njegov život. Ovaj deo





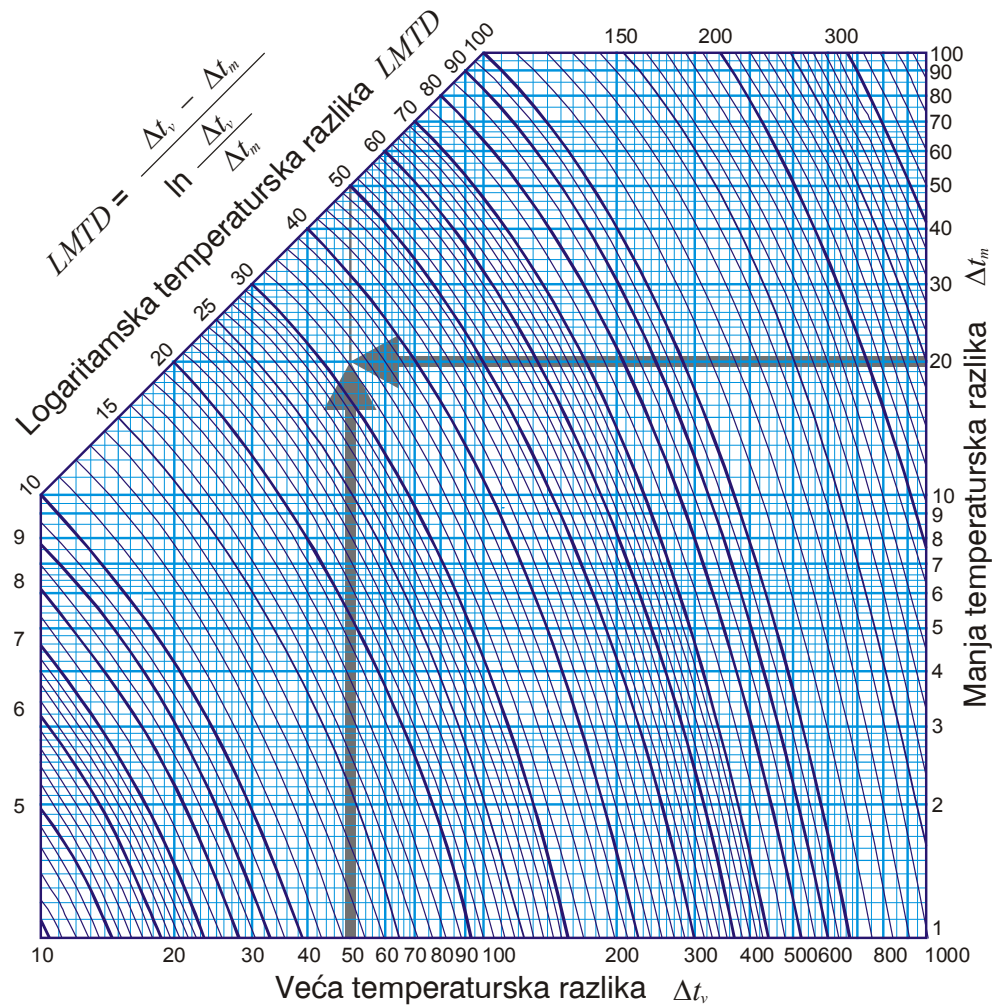
Allan Colburn

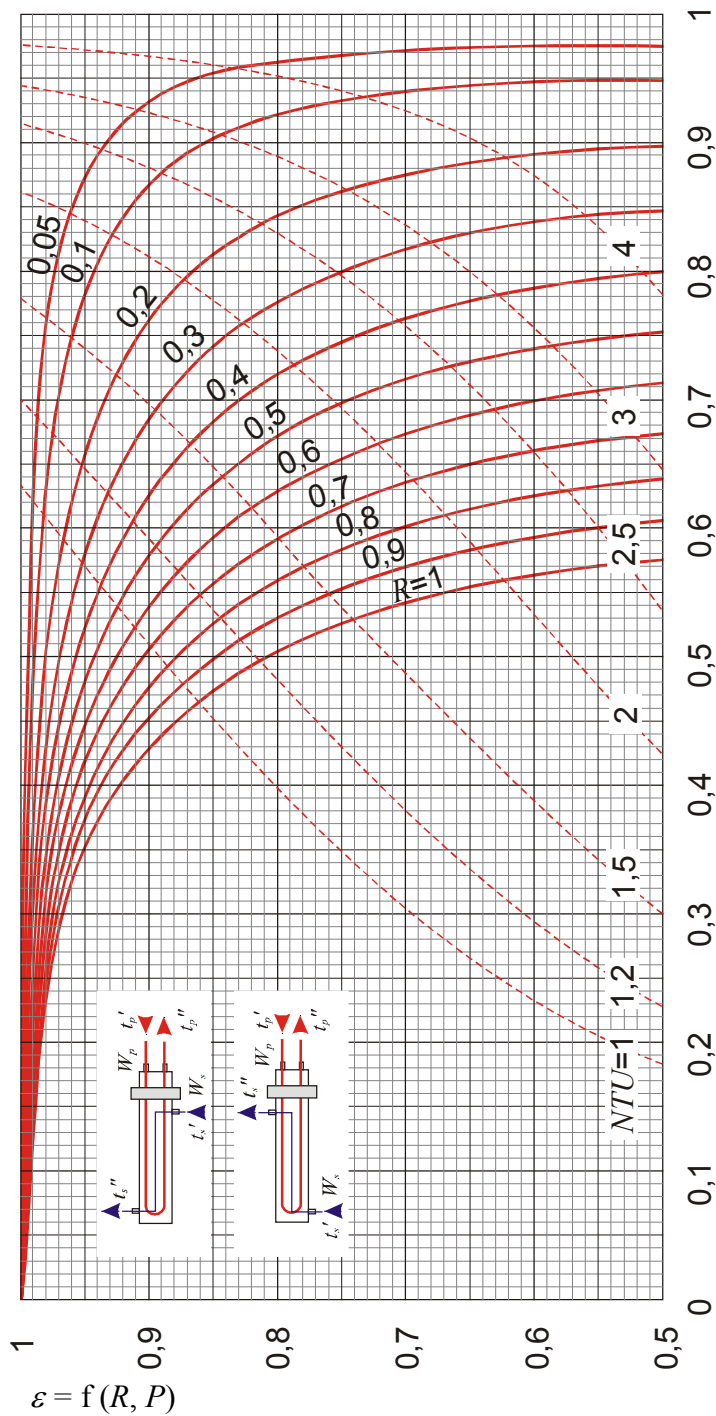
kompleksnog problema, zaokupljao ga je zajedno sa inženjerskim radom na fundamentalnim problemima prenosa toplote i mase kao termodinamičkih principa.

Nije nepoznat u dimenzionoj analizi Kolbernov empirijski 3-faktor. Kolbern je osnovao hemijsku inženjersku granu na Univerzitetu Delevar 1938. godine. Postavljen je za prorektora 1938. godine, a rektor postaje 1947. godine. Kasnije, na istom univerzitetu postaje koordinator ukupnog naučnog rada, 1950. godine. Tim poslovima se bavio sve do svoje smrti 1955. godine.

## D. DIJAGRAMI, TABELE, SVOJSTVA FLUIDA

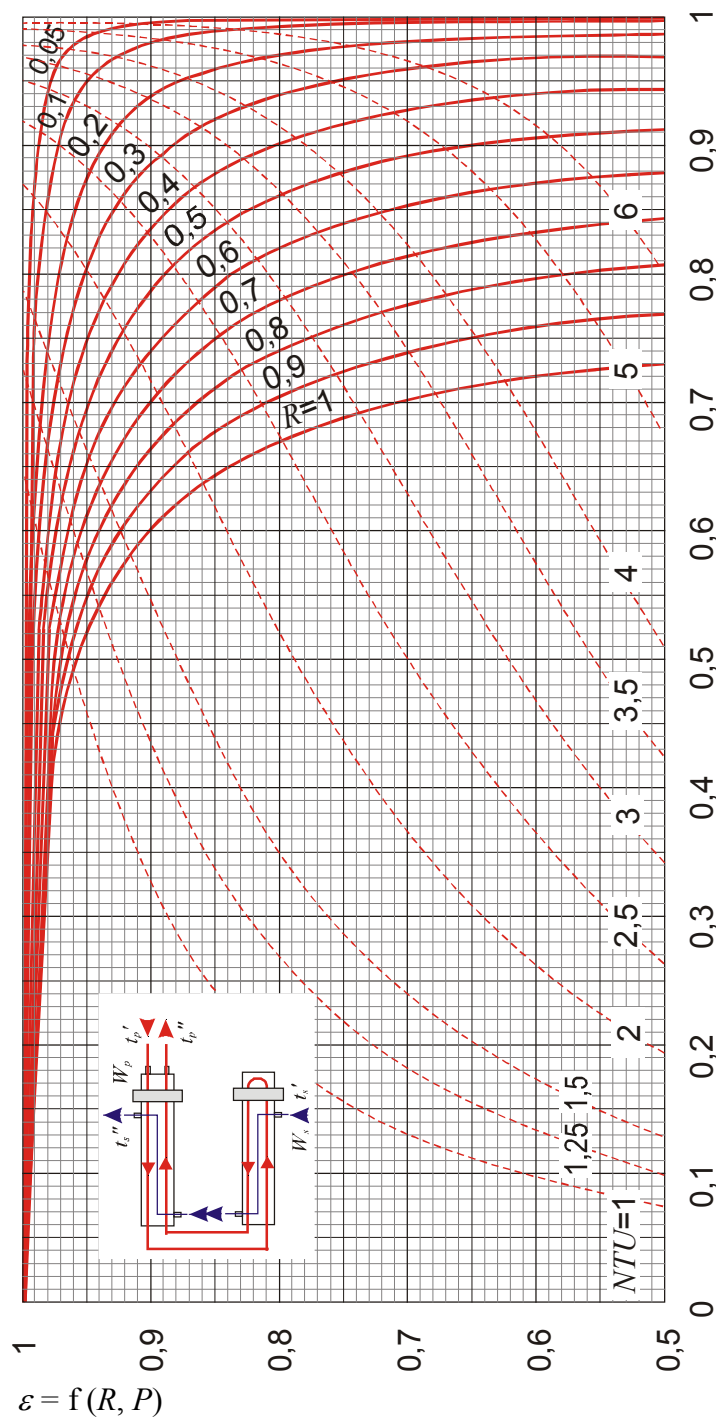
**D. LMTD.** *Dijagram za očitavanje logaritamske temperaturske razlike u zavisnosti od veće i manje temperaturske razlike na krajevima razmenjivača toplote*





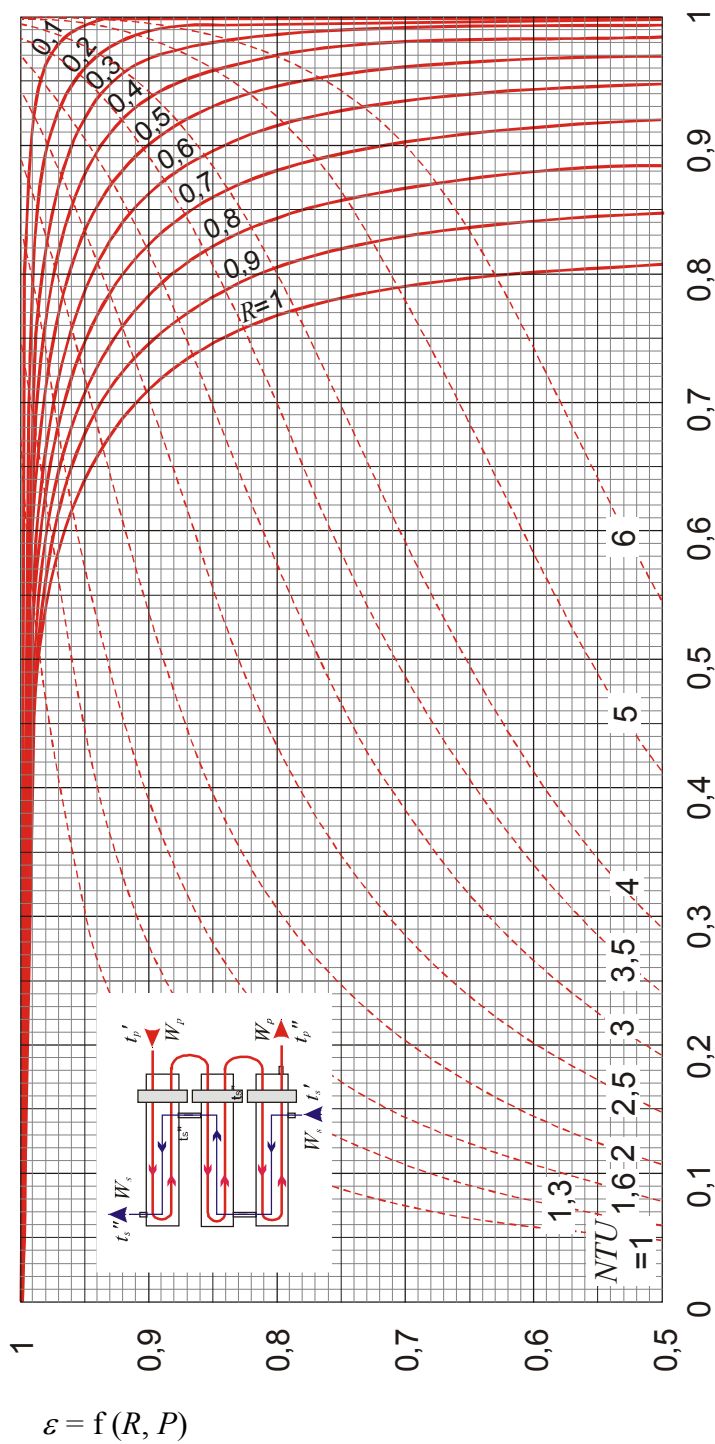
**D.RT21.** Koefficient efikasnosti strujne šeme. Fluid u omotaču ima 1 prolaz  
 ( $z_0 = 1$ ) – fluid u registru ima  $z_r = 2, 4, 6, 8, \dots$  prolaza.  
 Fluidi mogu da menjaju mesto

$P = \Delta t_p / \theta$  pri  $W_p < W_s$   
 $P = \Delta t_s / \theta$  pri  $W_s < W_p$



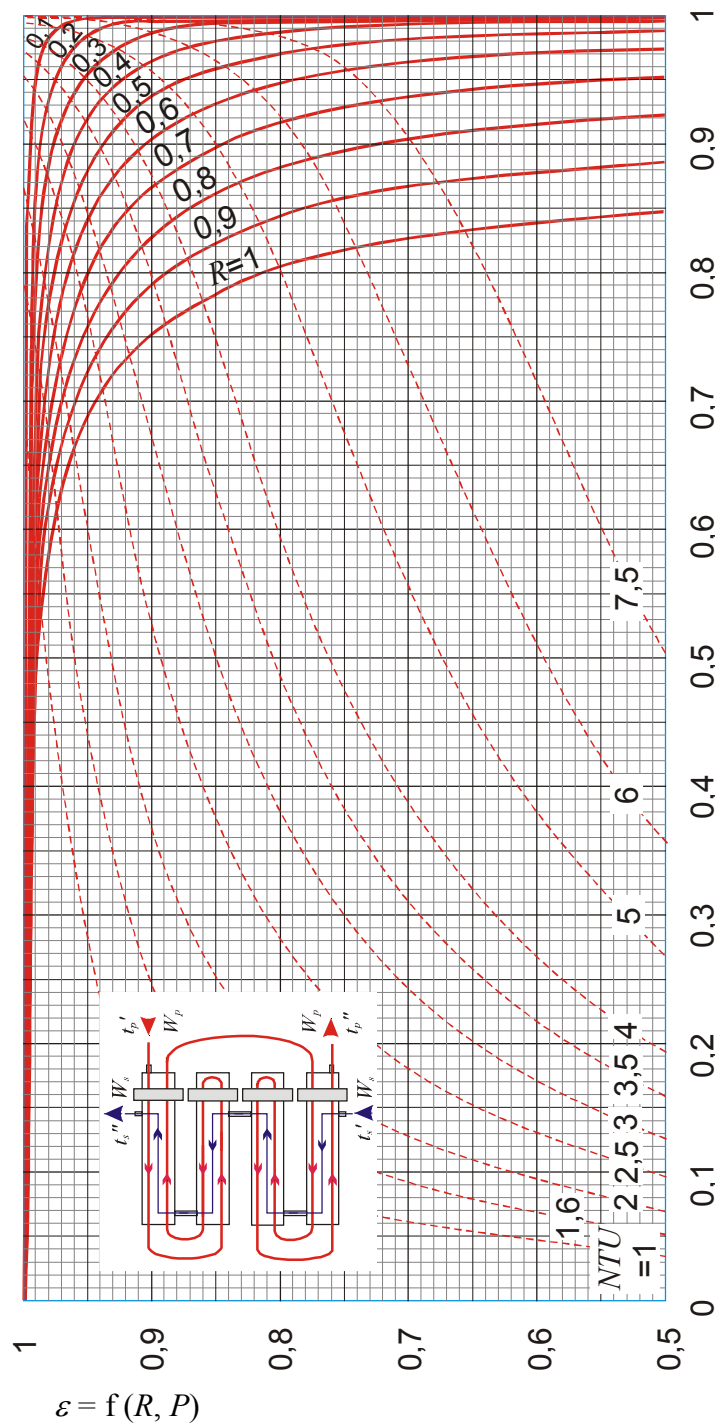
**D.RT42.** Koefficient efikasnosti strujne šeme. Fluid u omotaču ima 2 prolaza  
 ( $z_0 = 2$ ) – fluid u registru ima  $z_r = 4, 8, 12, 16, \dots$  prolaza.  
 Fluidi mogu da meniaju mesto

$P = \Delta t_p / \theta$  pri  $W_p < W_s$   
 $P = \Delta t_s / \theta$  pri  $W_s < W_p$

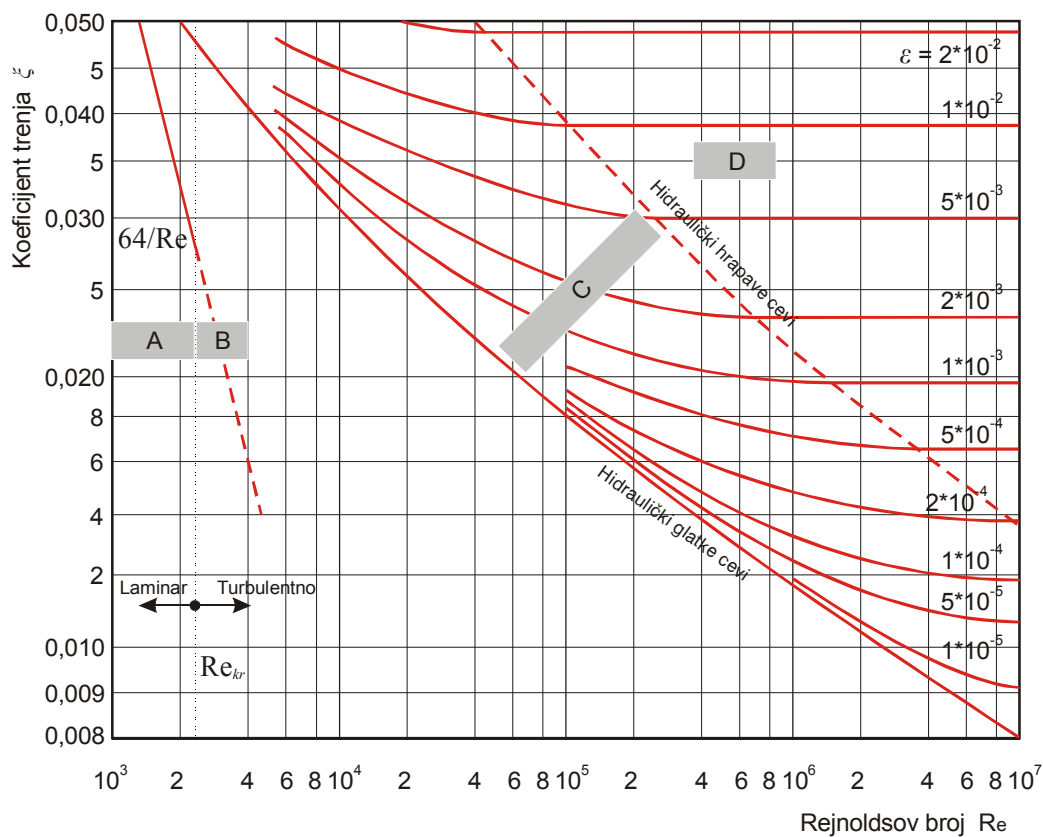


**D.RT63.** Koefficient efikasnosti strujne šeme. Fluid u omotaču ima 3 prolaza  
 ( $z_o = 3$ ) – fluid u registru ima  $z_r = 6, 12, 18, \dots$  prolaza.  
 Fluidi mogu da menjaju mesto

$P = \Delta t_p / \theta$  pri  $W_p < W_s$   
 $P = \Delta t_s / \theta$  pri  $W_s < W_p$



**D.RT84.** Koefficient efikasnosti strujne šeme. Fluid u omotaču ima 4 prolaza  $P = \Delta t_p / \theta$  pri  $W_p < W_s$   
 ( $z_0 = 4$ ) – fluid u registru ima  $z_r = 8, 16, 24, \dots$  prolaza.  $P = \Delta t_s / \theta$  pri  $W_s < W_p$   
 Fluidi mogu da menjaju mesto



**D.KT.** Dijagram koeficijenta trenja u zavisnosti od Reynoldsovog broja i relativne hrapavosti, prema COLEBROOK, C.F.

**TABELA TVS-1** *Veličine stanja tečnih fluida:*  
*specifični toplotni kapacitet  $c_p$ , gustina  $\rho$ , koeficijent*  
*toplotne provodljivosti  $\lambda$  i dinamička viskoznost  $\eta$  ili  $\mu$*

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
<b>Ulja i naftni derivati</b>					
Benzin* <sup>20</sup>	20	2060	751,0	0,1165	0,529
	40	2150	735,0	–	0,411
	60	2240	717,0	–	0,328
	100	2460	681,0	0,1005	0,225
Mazivo ulje* <sup>24</sup>	20	1850	871,0	0,1440	13,070
	40	1934	858,0	0,1430	6,800
	60	2018	845,0	0,1420	4,170
	80	2101	832,0	0,1410	2,830
	100	2185	520,0	0,1400	2,000
Mazut* <sup>6</sup>	15	1772	943,5	0,1200	7,925
	20	1790	940,7	0,1208	4,233
	25	1808	938,0	0,1204	2,345
	30	1823	935,1	0,1201	1,407
	35	1842	932,4	0,1197	0,914
	40	1860	929,6	0,1194	0,604
	45	1878	926,8	0,1190	0,422
	50	1895	924,1	0,1188	0,296
	55	1912	921,3	0,1185	0,212
	60	1930	918,5	0,1181	0,156
	65	1947	915,7	0,1178	0,117
	70	1964	913,0	0,1174	0,087
	75	1982	910,1	0,1171	0,070
	80	2000	907,4	0,1168	0,054
	85	2017	904,6	0,1165	0,044
90	2034	901,8	0,1161	0,035	
95	2051	899,0	0,1160	0,029	
100	2070	896,1	0,1156	0,024	
Kerozin* <sup>6</sup>	0	1911	781,0	0,1400	3,100
	10	1964	774,0	0,1390	2,330
	20	2017	768,0	0,1390	1,830
	30	2071	761,0	0,1380	1,490
	40	2124	755,0	0,1380	1,240
	50	2178	748,0	0,1370	1,050
	60	2231	742,0	0,1370	0,900
	70	2285	735,0	0,1360	0,790



nastavak tabele TVS-1

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
Petrolej* <sup>20</sup>	20	2000	819,0	–	1,490
	50	2140	801,0	0,1114	0,956
	100	2380	766,0	0,1042	0,545
	200	2890	785,0	0,0891	0,262
Petrolejsko ulje* <sup>6</sup>	30	1874	890,0	0,1280	49,900
	40	1915	883,7	0,1280	27,200
	50	1955	877,3	0,1280	16,900
	60	1995	871,0	0,1270	11,500
	70	2035	864,6	0,1260	8,310
	80	2076	858,1	0,1250	6,260
	90	2116	851,7	0,1250	4,880
	100	2155	845,2	0,1240	3,910
	110	2195	838,7	0,1230	3,190
	120	2235	832,2	0,1220	2,660
Transformatorsko ulje* <sup>6</sup>	0	1549	892,5	0,1123	62,980
	10	1620	886,4	0,1115	33,550
	20	1666	880,3	0,1106	19,820
	30	1729	874,2	0,1098	12,850
	40	1788	868,2	0,1090	8,940
	50	1846	862,1	0,1082	6,530
	60	1905	856,0	0,1072	4,950
	70	1964	850,0	0,1064	3,860
	80	2026	843,9	0,1056	3,080
	90	2085	837,8	0,1047	2,540
	100	2144	831,8	0,1038	2,130
	110	2202	825,7	0,1030	1,810
Ulje za loženje EL* <sup>21</sup>	20	1880	–	<sup>21*</sup> 0,1390	5,160
	100	2010	–	na 20°C	na 20°C
Turbinsko ulje* <sup>6</sup>	10	1817	901,0	0,1360	585,000
	20	1853	895,0	0,1290	251,000
	30	1888	888,0	0,1280	124,000
	40	1922	882,0	0,1270	66,100
	50	1955	876,0	0,1270	39,400
	60	1993	869,0	0,1270	24,600
	70	2026	863,0	0,1260	16,800
	80	2064	857,0	0,1250	12,000
	90	2100	850,0	0,1240	8,650
	100	2135	844,0	0,1240	6,570

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
Tehnološki fluidi					
Aceton C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O* <sup>20</sup>	20	2160	791,0	0,1700	0,331
	50	2250	756,0	0,1630	–
Anilin C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N* <sup>20</sup>	0	2030	1037,0	0,1860	10,200
	20	2070	1022,0	0,1820	4,400
	50	2140	999,0	0,1770	1080,000
	100	2320	952,0	0,1670	0,800
Etil alkohol C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O* <sup>20</sup>	0	2290	806,0	0,1850	1,780
	20	2450	789,0	0,1830	1,190
	50	2810	–	0,1780	0,695
Etilenglikol C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> * <sup>20</sup>	20	2382	1113,0	0,2580	13,900
	40	2474	1099,0	–	9,130
	60	2562	1085,0	–	4,950
	80	2650	1070,0	–	3,020
	100	2742	1056,0	0,2690	1,990
Glicerin C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> * <sup>6, 20</sup>	0	2267	1276,0	0,2910	6460,000
	10	2325	1270,0	0,2900	2420,000
	20	2386	1261,0	0,2880	998,000
	30	2451	1258,0	0,2870	351,000
	40	2519	1252,0	0,2850	180,000
	50	2500	1244,0	0,2830	69,900
	100	2790	1208,0	0,2890	13,000
	200	3340	1090,0	–	0,220
Kuhinjska so (vodeni rastvor 20% masenog udela soli u rastvoru)* <sup>6</sup>	0	(24,5%)	1157,0	0,5440	2,670
	25	<sup>a1)</sup> 3370	1145,0	0,5780	1,560
	40	<sup>a2)</sup> 3390	1138,0	0,6040	1,030
	60	<sup>a3)</sup> 3390	1127,0	0,6280	0,740
	80	<sup>a4)</sup> 3430	1115,0	0,6450	0,570
	100	–	1102,0	0,6570	0,460
	120	–	–	0,6630	0,380
Metilalkohol CH <sub>4</sub> O* <sup>20</sup>	0	2430	810,0	0,2140	0,818
	20	2470	792,0	0,2120	0,585
	50	2560	765,0	–	0,400
Mleko sa 3,2% masti* <sup>6</sup>		5	1032,6	0,4790	2,960
		10	1031,7	0,4850	2,470
		15	1030,7	0,4910	2,100
		20	1028,7	0,4950	1,790
		30	1024,8	0,5050	1,330
		40	1020,9	0,5130	1,040
		50	1015,9	0,5180	0,850
	60	1011,1	0,5260	0,710	

nastavak tabele TVS-1

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$	
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]	
Mleko sa 3,2% masti* <sup>6</sup>	70	3990	1005,2	0,5320	0,620	
	80	3998	1000,3	0,5370	0,570	
Natrijum hidroksid (kaustična soda NaOH vodeni rastvor)* <sup>6</sup>	10% masenog udela NaOH u rastvoru					
	50	3840	1095,0	0,5660	0,980	
	70	3850	1077,0	0,5770	<sup>b1)</sup> 0,700	
	100	3870	1064,0	0,5850	0,650	
	50% masenog udela NaOH u rastvoru					
	50	3840	1504,0	0,5480	16,000	
	70	3850	1483,0	0,5560	<sup>b1)</sup> 5,540	
	100	3870	1469,0	0,5620	3,970	
	Sirćetna kiselina* <sup>1</sup>	20	<sup>100%</sup> 2050	–	<sup>100%</sup> 0,1710	<sup>100%</sup> 0,013
		20	<sup>c1)</sup> <sup>100%</sup> 2150	–	<sup>50%</sup> 0,3500	<sup>70%</sup> 0,027
Sumporna kiselina* <sup>1</sup>	30	<sup>98%</sup> 1450	–	<sup>90%</sup> 0,364	<sup>98%</sup> 0,250	
	30	<sup>d1)</sup> <sup>98%</sup> 1500	–	<sup>60%</sup> 0,433	<sup>60%</sup> 0,065	
Toluol $C_7H_8$ * <sup>20</sup>	0	1630	885,0	0,1400	0,768	
	20	1670	867,0	0,1350	0,586	
	50	1800	839,0	0,1270	0,420	
	100	1970	790,0	0,1160	0,271	
Trihloretilen $C_2HCl_3$ * <sup>20</sup>	20	0.950	1464,0	–	0,580	
	50	–	–	0,1380	0,450	

\*Izvor podataka prema spisku literature,  
a1) na +6°C, a2) na +20 °C, a3) na +33°C, a4) na +57°C,  
b1) na +80°C,  
c1) na +50°C,  
d1) na +40°C.

**TABELA TVS-2.** *Veličine stanja vode i vodene pare:  
specifični toplotni kapacitet  $c_p$ , gustina  $\rho$ , koeficijent  
toplotne provodljivosti  $\lambda$  i dinamička viskoznost  $\eta$  ili  $\mu$*

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
Čista voda H <sub>2</sub> O do 100°C pri 1,013 bara, a na višim temperat. na pritisku zasćenja* <sup>20</sup>	0	4212	999,9	0,551	1,788
	10	4191	999,7	0,574	1,306
	20	4183	998,2	0,599	1,004
	30	4174	995,7	0,618	0,802
	40	4174	992,2	0,635	0,653
	50	4174	988,1	0,648	0,549
	60	4179	983,1	0,659	0,470
	70	4187	977,8	0,668	0,406
	80	4195	971,8	0,674	0,355
	90	4208	965,3	0,680	0,315
	100	4220	958,4	0,683	0,283
	110	4233	951,0	0,685	0,259
	120	4250	943,1	0,686	0,237
	130	4266	934,8	0,686	0,218
	140	4287	926,1	0,685	0,201
	150	4313	917,0	0,684	0,186
	160	4346	907,4	0,683	0,174
	170	4380	897,3	0,679	0,163
	180	4417	886,9	0,674	0,153
	190	4459	876,0	0,670	0,144
	200	4505	863,0	0,663	0,136
	210	4555	852,8	0,655	0,131
	220	4614	840,3	0,645	0,125
	230	4681	827,3	0,637	0,120
	240	4756	813,6	0,628	0,115
	250	4844	799,0	0,618	0,110
Morska voda sa 0,35 kg soli po kg morske vode* <sup>6</sup>	0	3992	1028,0	0,566	1,877
	10	3992	1027,0	0,584	1,388
	20	3993	1025,0	0,600	1,072
	30	3996	1021,0	0,614	0,857
	40	4000	1018,0	0,628	0,704
	50	4004	1013,0	0,639	0,592
	60	4011	1009,0	0,650	0,506
	70	4018	1003,0	0,659	0,440
	80	4027	997,0	0,667	0,387
	90	4036	991,0	0,673	0,344
	100	4048	984,0	0,679	0,309

nastavak tabele TVS-2

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
Morska voda sa 0,35 kg soli po kg morske vode <sup>*6</sup>	110	4060	977,0	0,683	0,280
	120	4073	969,0	0,686	0,255
	130	4088	961,0	0,688	0,234
	140	4104	953,0	0,689	0,216
	150	4121	944,0	0,688	0,200
	160	4140	935,0	0,687	0,186
	170	4160	926,0	0,685	0,174
	180	4181	916,0	0,681	0,163
Vodena para na pritisku 1 at = = 0,981 bara <sup>*24</sup>	100	2030	0,577	0,0237	0,0126
	120	1997	0,547	0,0251	0,0133
	140	1980	0,520	0,0265	0,0140
	160	1972	0,494	0,0280	0,0148
	180	1963	0,473	0,0294	0,0155
	200	1963	0,452	0,0309	0,0163
Vodena para na pritisku 2 at = = 1,96 bara <sup>*24</sup>	120	2085	1,108	0,0265	0,0135
	140	2047	1,048	0,0277	0,0143
	160	2022	0,995	0,0290	0,0150
	180	2005	0,950	0,0302	0,0157
	200	1997	0,908	0,0316	0,0164
	220	1997	0,870	0,0330	0,0171
Vodena para na pritisku 4 at = = 3,92 bara <sup>*24</sup>	160	2143	2,020	0,0308	0,0153
	180	2101	1,930	0,0317	0,0160
	200	2072	1,840	0,0330	0,0168
	220	2055	1,760	0,0342	0,0174
	240	2043	1,680	0,0356	0,0183
	260	2039	1,620	0,0370	0,0190
	280	2039	1,550	0,0384	0,0197
	Vodena para na pritisku 6 at = = 5,88 bara <sup>*24</sup>	160	2298	3,090	0,0329
180		2218	2,930	0,0336	0,0164
200		2156	2,780	0,0344	0,0171
220		2188	2,660	0,0355	0,0178
240		2097	2,540	0,0366	0,0185
260		2085	2,440	0,0379	0,0192
280		2076	2,350	0,0393	0,0201
Vodena para na pritisku 8 at = = 7,83 bara <sup>*24</sup>		180	2348	3,960	0,0358
	200	2256	2,750	0,0365	0,0176
	220	2193	2,580	0,0373	0,0183
	240	2156	2,420	0,0383	0,0190
	260	2131	2,280	0,0394	0,0197
	280	2114	2,140	0,0406	0,0141
	300	2106	2,030	0,0420	0,0212
	320	2101	2,920	0,0435	0,0219

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
Vodena para na pritisku 10 at = 9,81 bara <sup>*24</sup>	180	2537	5,040	0,0407	0,0176
	200	2357	4,760	0,0399	0,0183
	220	2260	4,520	0,0401	0,0190
	240	2210	4,310	0,0408	0,0197
	260	2181	4,120	0,0418	0,0205
	280	2160	3,950	0,0429	0,0212
	300	2152	3,800	0,0444	0,0219
	320	2143	3,670	0,0458	0,0226

TABELA TVS-3 Veličine stanja vode i vodene pare pri zasićenju

ZASIĆENA VODENA PARA	Pritisak i temperatura na liniji zasićenja		Gustina tečnosti i pare		Entalpija tečnosti i pare		Toplota isparavanja
	$p$ [bar]	$t_z$ [°C]	$\rho'$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho''$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$h'$ [kJ/kg]	$h''$ [kJ/kg]	$r$ [kJ/kg]
Vrela voda i para prema pritisku zasićenja <sup>*20</sup>	0,05	32,88	994,7	0,0355	137,8	2561	2423,2
	0,10	45,84	989,8	0,0681	191,9	2584	2392,1
	0,25	64,99	980,5	0,1612	272,0	2618	2346,0
	0,50	81,35	971,0	0,3087	340,6	2645	2304,4
	1,00	99,64	958,6	0,5903	417,4	2675	2257,6
	1,50	111,38	949,9	0,8628	467,2	2693	2225,8
	2,00	120,23	943,0	1,1294	504,8	2707	2202,2
	2,40	126,09	938,2	1,3396	529,8	2715	2185,2
	3,00	133,54	931,7	1,6510	561,4	2725	2163,6
	4,00	143,62	922,8	2,1626	604,7	2738	2133,3
	5,00	151,84	915,2	2,6688	640,1	2749	2108,9
	6,00	158,84	908,5	3,1686	670,5	2757	2086,5
	7,00	164,96	902,4	3,6657	697,2	2764	2066,8
	8,00	170,42	896,9	4,1615	720,9	2769	2048,1
	9,00	175,35	891,8	4,6533	742,8	2774	2031,2
	10,00	179,88	887,1	5,1387	762,7	2778	2015,3
	12,00	187,95	878,3	6,1237	798,3	2785	1986,7
	15,00	198,28	866,6	7,5930	844,6	2792	1947,4
	20,00	212,37	849,9	10,0420	908,5	2799	1890,5
	24,00	221,77	838,1	12,0140	951,8	2802	1850,2
30,00	233,83	822,2	15,0040	1008,3	2804	1795,7	
40,00	250,33	798,7	20,0920	1087,5	2801	1713,5	
50,00	263,91	777,8	25,3550	1154,4	2794	1639,6	
100,00	310,96	688,7	55,4630	1407,7	2725	317,3	

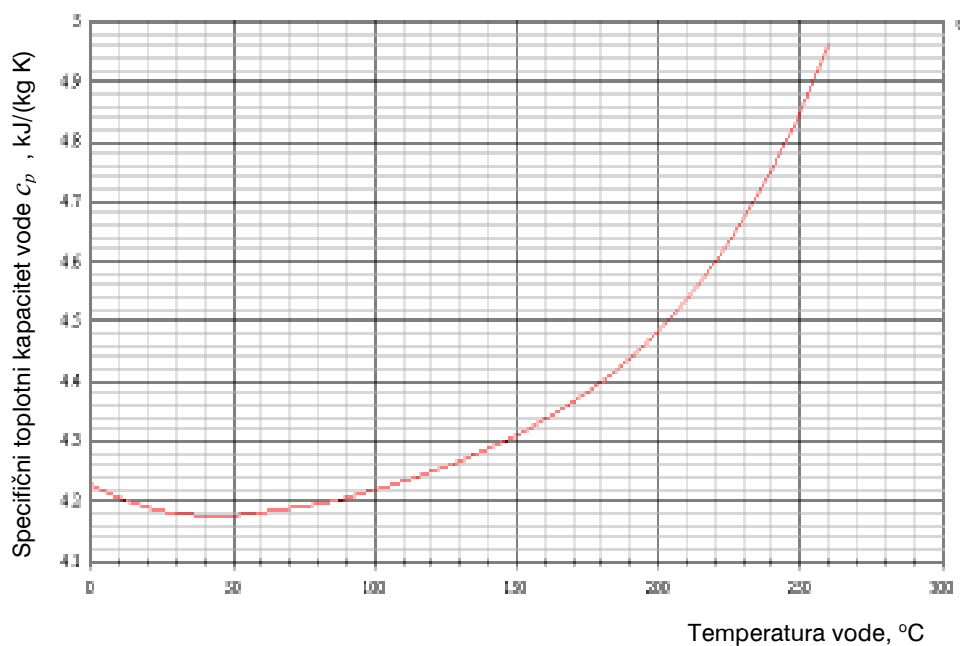
\*Izvor podataka prema spisku literature

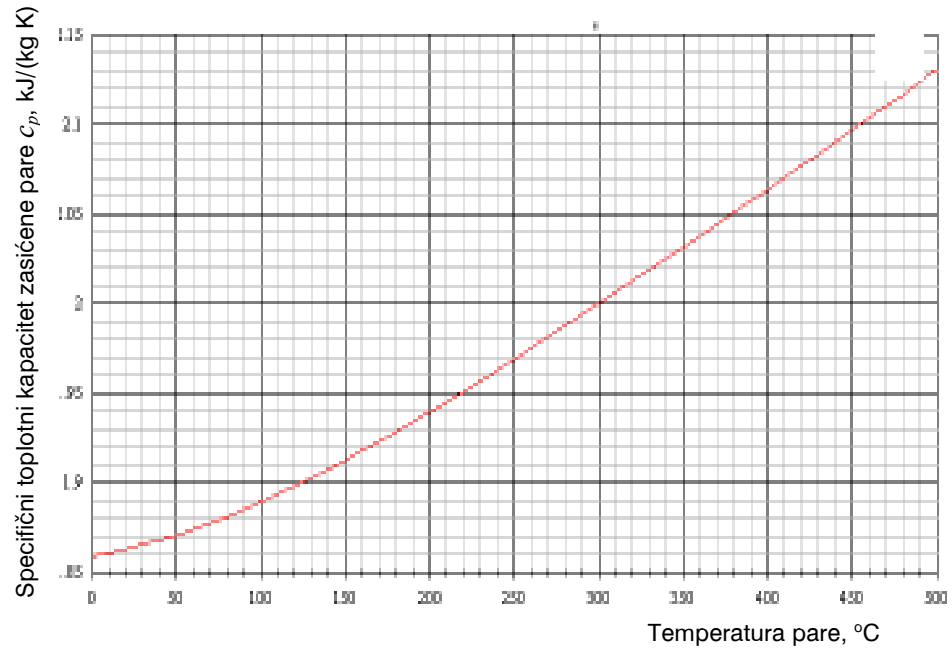
**KARAKTERISTIKE VODE I PARE** (prema PhysProps v1.5 G&P Engineering Software )

Molekularna težina		18,0153
Kritična temperatura	°C	374,0200
Kritični pritisak	bara	220,5500
Kritična zapremina	m <sup>3</sup> /(kgmol)	0,0560
Normalna tačka ključanja	°C	100,0000
Normalna tačka smrzavanja	°C	0,0000
Trojna temperaturna tačka	°C	0,0100
Trojna tačka pritiska	bara	0,0062
Molarna zapremina tečnosti (25°C)	m <sup>3</sup> /(kgmol)	0,0181

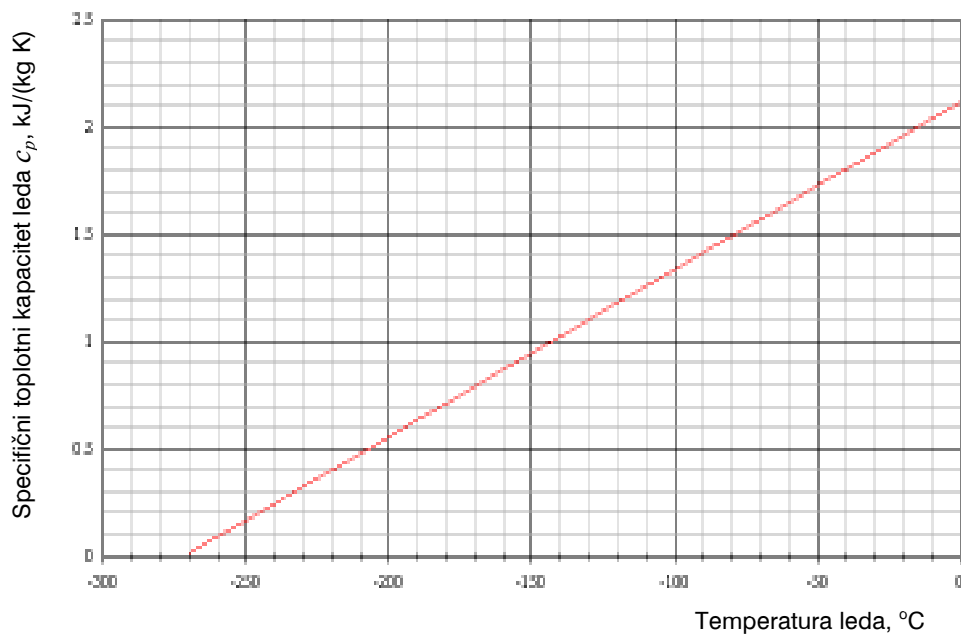
**DIJAGRAMI VELIČINA STANJA VODE, PARE I LEDA**

(prema PhysProps v1.5 G&amp;P Engineering Software ) u zavisnosti od temperature

**D.STV.** *Dijagram specifičnog toplotnog kapaciteta vode u zavisnosti od temperature*

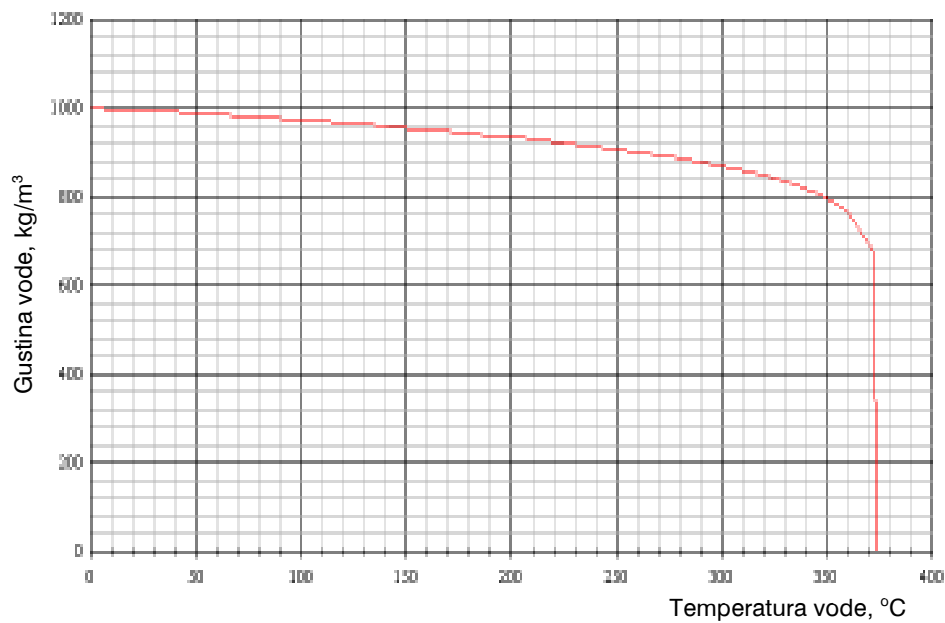


**D.STP.** *Dijagram specifičnog toplotnog kapaciteta zasićene vodene pare u zavisnosti od temperature*

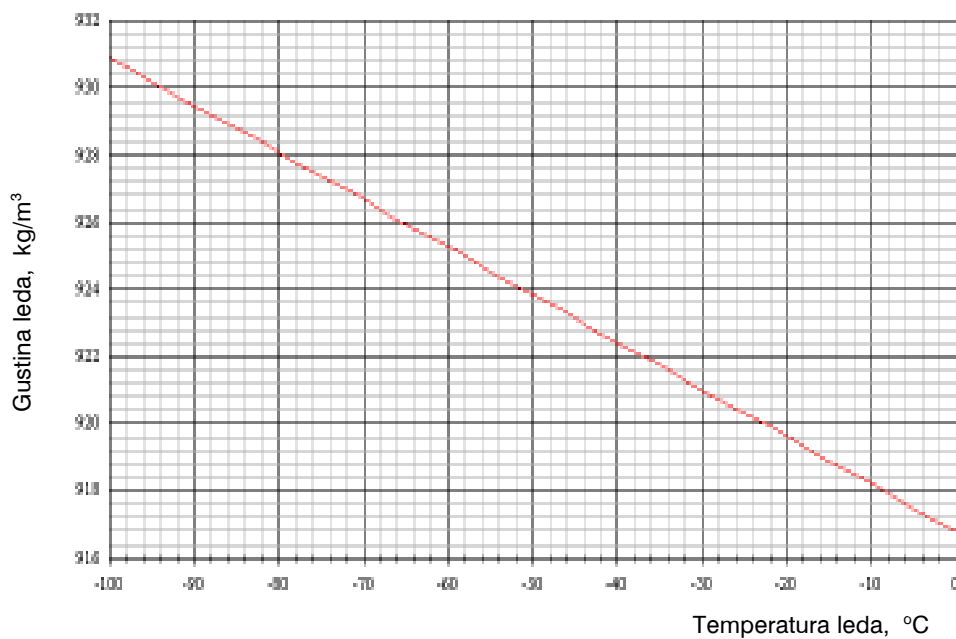


**D.STL.** *Dijagram specifičnog toplotnog kapaciteta leda u zavisnosti od temperature*

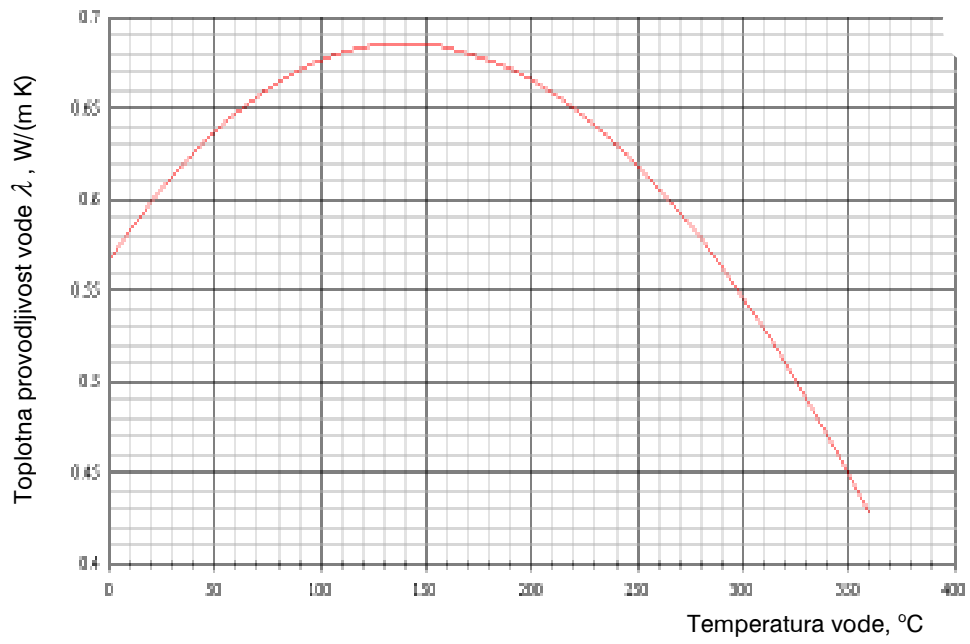




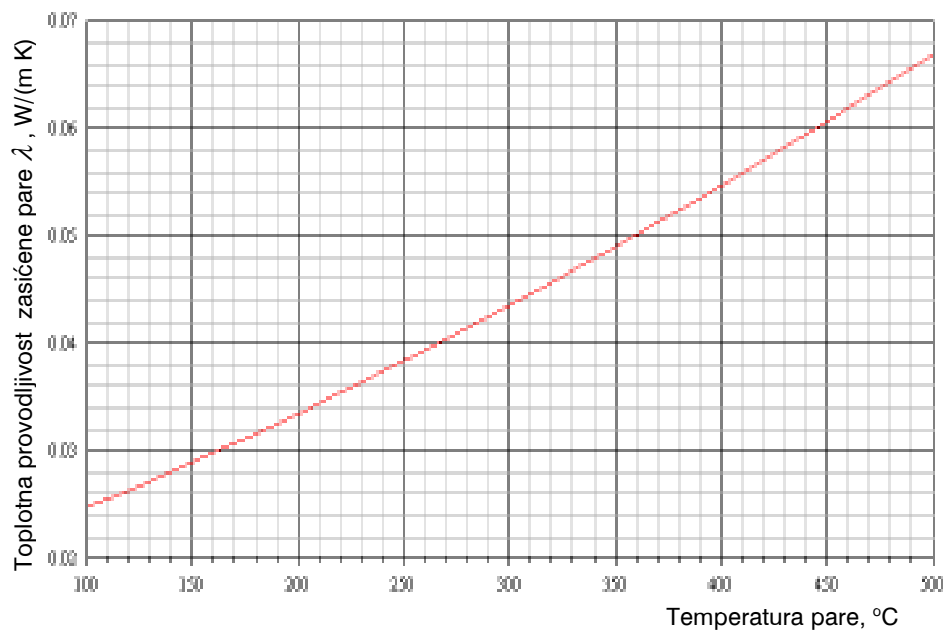
**D.GV.** *Dijagram gustine vode u zavisnosti od temperature*



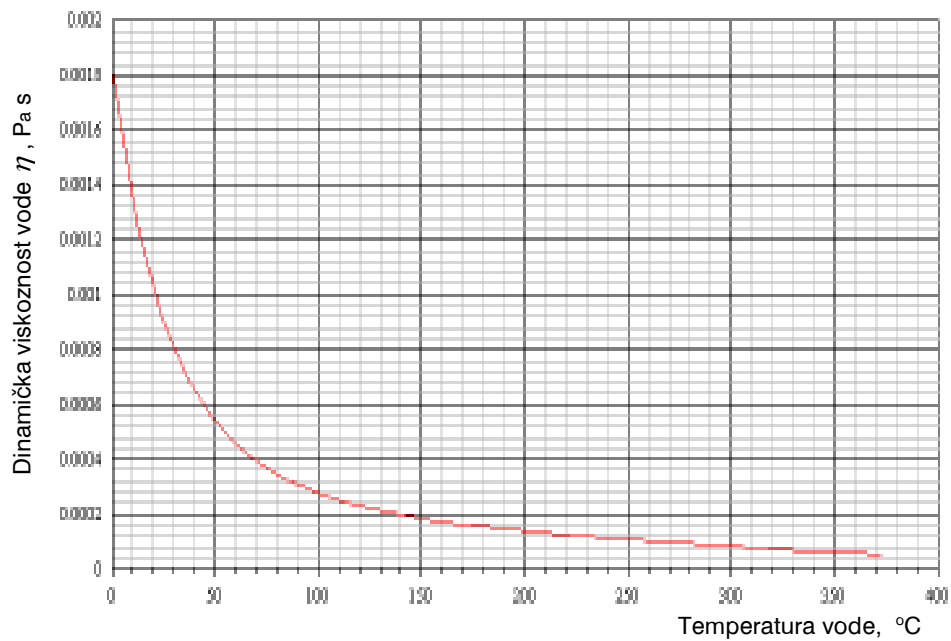
**D.GL.** *Dijagram gustine leda u zavisnosti od temperature*



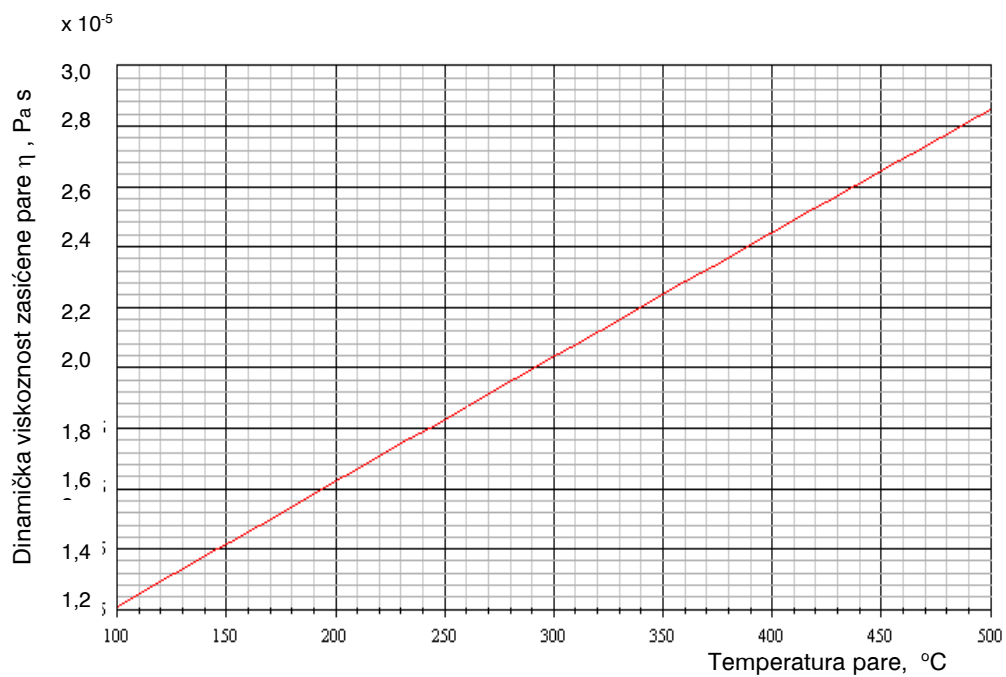
**D.TPV.** *Dijagram toplotne provodljivosti vode u zavisnosti od temperature*



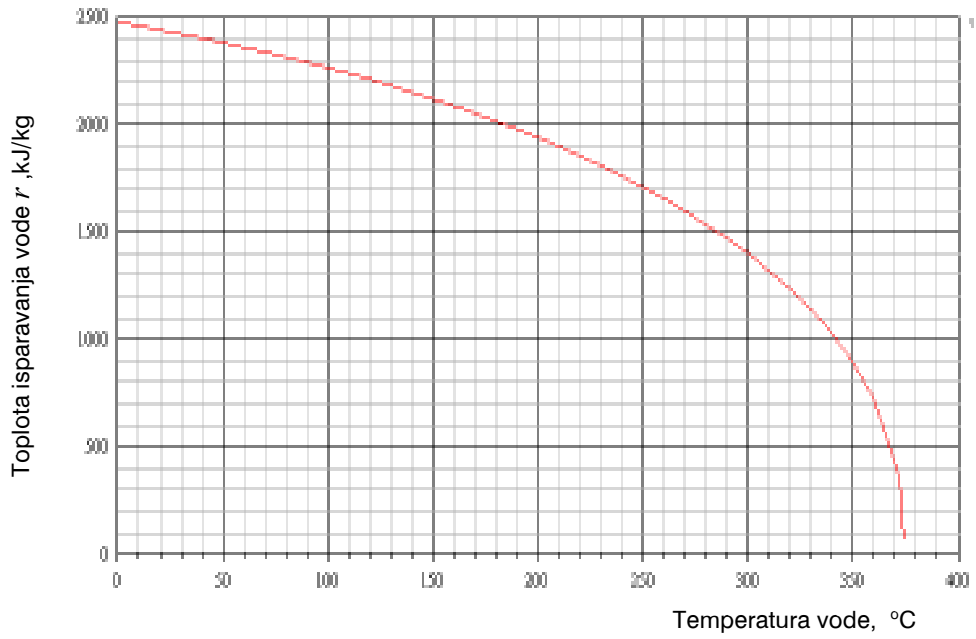
**D.TPP.** *Dijagram toplotne provodljivosti zasićene vodene pare u zavisnosti od temperature*



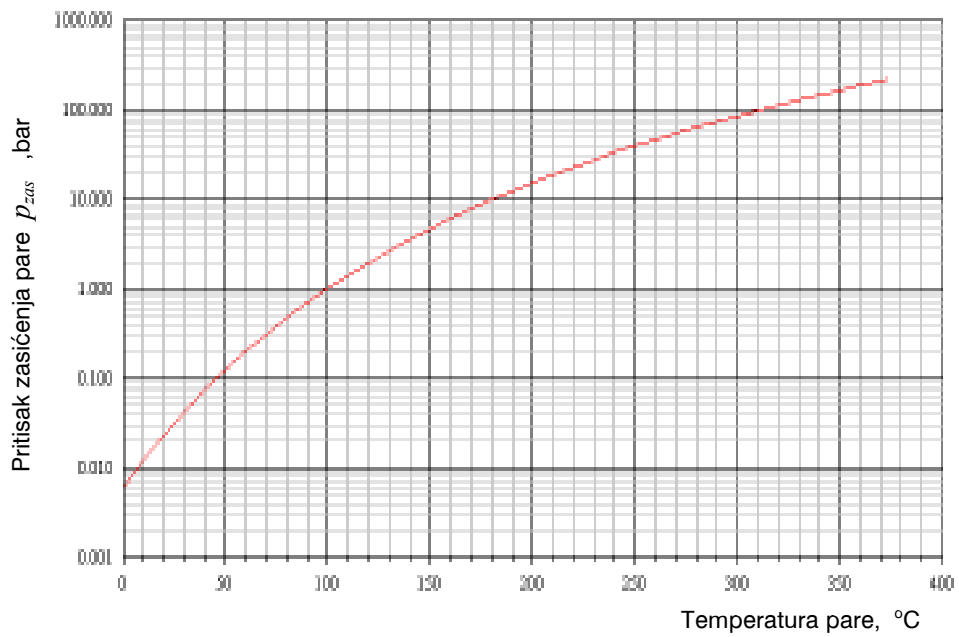
**D.DV.** *Dijagram dinamičke viskoznosti vode u zavisnosti od temperature*



**D.DVP.** *Dijagram dinamičke viskoznosti zasićene vodene pare u zavisnosti od temperature*



**D.TIV.** *Dijagram toplote isparavanja vode na pritisku zasićenja u zavisnosti od temperature*



**D.PZ.** *Dijagram pritiska zasićenja vodene pare u zavisnosti od temperature*

**TABELA TVS-4.** *Veličine stanja gasovitih fluida:*  
*specifični toplotni kapacitet  $c_p$ , gustina  $\rho$ , koeficijent*  
*toplotne provodljivosti  $\lambda$  i dinamička viskoznost  $\eta$  ili  $\mu$*

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
Produkti sagorevanja na pritisku 1 bar, sastava: 13% CO <sub>2</sub> , 11% H <sub>2</sub> O, 76% N <sub>2</sub> *6	0	1042	1,295	0,0228	15,8
	100	1068	0,950	0,0313	20,4
	200	1097	0,748	0,0401	24,5
	300	1122	0,617	0,0484	28,2
	400	1151	0,525	0,0570	31,7
	500	1185	0,457	0,0656	34,8
	600	1214	0,405	0,0742	37,9
	700	1239	0,363	0,0827	40,7
	800	1264	0,330	0,0915	43,4
	900	1290	0,301	0,1000	45,9
	1000	1306	0,275	0,1090	48,4
	1100	1323	0,257	0,1180	50,7
1200	1200	0,240	0,1260	53,0	
Suv vazduh na pritisku 1 atm*20	-50	1013	1,584	0,0204	0,0146
	-40	1013	1,515	0,0212	0,0152
	-30	1013	1,453	0,0200	0,0157
	-20	1009	1,395	0,0228	0,0162
	-10	1009	1,342	0,0236	0,0167
	0	1005	1,293	0,0244	0,0172
	10	1005	1,247	0,0251	0,0176
	20	1005	1,205	0,0259	0,0181
	30	1005	1,165	0,0267	0,0186
	40	1005	1,128	0,0276	0,0191
	50	1005	1,093	0,0283	0,0196
	60	1005	1,060	0,0290	0,0201
	70	1009	1,029	0,0296	0,0206
	80	1009	1,000	0,0305	0,0211
	90	1009	0,972	0,0313	0,0215
	100	1009	0,946	0,0321	0,0219
	140	1013	0,854	0,0349	0,0237
	200	1026	0,746	0,0393	0,0260
300	1047	0,615	0,0460	0,0297	
400	1068	0,524	0,0521	0,0330	
500	1093	0,456	0,0574	0,0362	
Vlažan vazduh na liniji zasićenja	0	1011	1,285	0,0238	0,0170
	10	1019	1,232	0,0247	0,0174
	20	1033	1,177	0,0252	0,0177
	30	1057	1,116	0,0256	0,0179

Naziv fluida	$t_i$	$c_p$	$\rho$	$\lambda$	$10^3 \cdot \eta$
	[°C]	[J/(kg K)]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/(m K)]	[Pa s]
pri 1 atm <sup>*20</sup> (1+x' m <sup>3</sup> /kg suvog vazduha)	40	1099	1,046	0,0257	0,0178
	50	1171	0,961	0,0255	0,0173
	60	1299	0,853	0,0250	0,0162
	70	1542	0,715	0,0242	0,0143
	80	1966	0,536	0,0232	0,0111
	90	3730	0,303	0,0228	0,0064
	98	17938	0,067	0,0241	0,0014
<i>Veličine stanja gasova pri 0°C i 1 bar <sup>*20</sup> (<math>c_p</math> pri 20°C i 1 bar)</i>					
Acetilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1683	1,171	0,0184	0,0094
Azot	N <sub>2</sub>	1047	1,251	0,0228	0,0170
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1917	2,673	0,0135	0,0081
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1729	1,357	0,0180	0,0085
Etilen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1528	1,261	0,0164	0,0099
Hlor	Cl <sub>2</sub>	481	3,217	0,0072	**0,0120
Hlorovodonik	HCl	812	1,639	–	–
Kiseonik	O <sub>2</sub>	913	1,429	0,0240	0,0200
Metan	CH <sub>4</sub>	2225	0,717	0,0300	0,0103
Ozon	O <sub>3</sub>	–	2,220	–	–
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1717	–	0,0128	0,0087
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1863	2,020	0,0148	*0,0080
Sumpordioksid	SO <sub>2</sub>	633	2,927	0,0077	0,0117
Sumporvodonik	H <sub>2</sub> S	1059	1,539	0,0132	0,0117
Vodonik	H <sub>2</sub>	14266	0,090	0,1630	0,0084

\*Izvor podataka prema spisku literature

\* Na temperaturi 18 °C,

\*\* Na temperaturi 16 °C.

**TABELA TVS-5a. Veličine stanja za  
RASHLADNE fluide na temperaturi i pritisku zasićenja**

RASHLADNI FLUID	Temperatura i pritisak na liniji zasićenja		Gustina tečnosti i pare		Entalpija tečnosti i pare		Toplota ispara- nja
	$t_z$ [°C]	$p$ [bar]	$\rho'$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho''$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$h'$ [kJ/kg]	$h''$ [kJ/kg]	$r$ [kJ/kg]
Amonijak* <sup>25</sup> R 717 - NH <sub>3</sub>	-50	0,425	701,8	0,374	275,9	1690,8	1416,0
	-40	0,746	689,7	0,645	318,5	1707,5	1389,0
	-30	1,243	677,5	1,039	363,0	1723,2	1360,0
	-20	1,978	664,9	1,605	408,2	1737,8	1329,0
	-10	3,024	651,9	2,392	453,9	1750,9	1297,0
	0	4,465	638,6	3,456	500,0	1762,5	1262,0
	10	6,395	624,6	4,869	546,6	1772,4	1225,0
	20	8,913	610,1	6,680	595,8	1780,4	1186,0
	30	12,129	594,9	9,050	641,6	1786,2	1144,0
	40	16,162	579,0	12,040	690,1	1789,7	1099,0
	50	20,677	562,4	15,790	739,4	1790,4	1051,0
Ugljendioksid CO <sub>2</sub> * <sup>25</sup>	-50	6,840	1153,4	18,050	395,4	732,8	317,4
	-40	10,050	1114,8	26,180	414,6	735,3	320,7
	-30	14,270	1074,1	37,040	435,8	736,9	303,1
	-20	19,670	1029,9	51,280	453,6	737,7	264,1
	-10	26,470	981,4	69,930	475,2	737,0	261,8
	0	34,050	925,1	96,150	500,0	735,0	235,0
	10	45,060	857,6	132,450	527,2	728,6	201,4
	20	57,330	770,4	193,800	556,6	713,0	155,4
	30	71,920	596,3	334,450	608,3	671,4	63,1
Freon R12 CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> * <sup>20</sup>	-50	0,393	1542,7	2,610	456,4	632,3	175,9
	-40	0,647	1515,2	4,140	464,8	637,1	172,3
	-30	1,014	1486,3	6,290	473,4	641,8	168,4
	-20	1,527	1456,9	9,210	482,1	646,5	164,4
	-10	2,219	1426,5	13,070	490,9	651,2	160,3
	0	3,125	1394,5	18,080	500,0	655,7	155,7
	10	4,285	1362,0	24,490	509,5	660,0	150,5
	20	5,739	1327,7	32,480	519,2	661,2	142,0
	30	7,529	1292,0	42,540	529,1	668,1	139,0
	40	9,687	1523,9	55,010	539,4	671,6	132,2
	50	12,280	1212,4	70,520	550,1	674,7	124,6

RASHLADNI FLUID	Temperatura i pritisak na liniji zasićenja		Gustina tečnosti i pare		Entalpija tečnosti i pare		Toplota isparanja $r$ [kJ/kg]
	$t_z$ [°C]	$p$ [bar]	$\rho'$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho''$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$h'$ [kJ/kg]	$h''$ [kJ/kg]	
Freon R22 CHF <sub>2</sub> Cl <sup>*20</sup>	-50	0,646	1438,4	3,090	443,4	682,7	239,3
	-40	1,054	1410,6	4,890	454,5	687,4	232,9
	-30	1,641	1381,4	7,400	465,6	691,9	226,3
	-20	2,456	1350,6	10,820	476,9	696,3	219,4
	-10	3,552	1318,2	15,370	488,3	700,4	212,1
	0	4,983	1284,4	21,290	500,0	704,3	204,3
	10	6,811	1249,2	28,890	511,9	707,8	195,9
	20	9,097	1212,7	38,550	524,1	710,9	186,8
	30	11,908	1174,4	50,760	529,4	713,6	184,2
	40	15,315	1132,6	66,230	549,4	715,6	166,2
50	19,395	1085,4	85,980	562,8	716,8	154,0	
Freon R114 C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> <sup>*25</sup>	-50	0,072	1660,6	0,664	771,0	921,5	150,5
	-40	0,129	1635,1	1,149	772,6	922,7	150,1
	-30	0,223	1609,9	1,906	787,2	933,5	146,3
	-20	0,363	1584,0	3,001	795,8	939,6	143,8
	-10	0,571	1557,3	4,579	804,7	945,6	140,9
	0	0,861	1529,8	6,716	813,9	952,0	138,1
	10	1,263	1501,3	9,604	823,5	958,2	134,7
	20	1,788	1471,7	13,335	833,3	964,4	131,2
	30	2,476	1440,9	18,185	843,7	970,6	126,9
	40	3,340	1408,8	24,242	853,8	976,8	123,0
50	4,424	1375,1	31,880	864,4	982,8	118,5	
Freon R502 (azeotropna mešavina 48,8% R22 - CHF <sub>2</sub> Cl i 51,2% R115 -CF <sub>2</sub> Cl- CF <sub>3</sub> ) <sup>*26</sup>	-50	0,814	1496,1	5,070	148,8	323,2	174,4
	-40	1,296	1464,0	7,830	158,1	328,2	170,1
	-30	1,979	1430,8	11,660	167,9	333,0	165,1
	-20	2,910	1396,4	16,820	178,2	337,8	159,6
	-10	4,143	1360,4	23,620	188,9	342,3	153,4
	0	5,731	1322,5	32,430	200,0	346,6	146,6
	10	7,731	1282,4	43,710	211,5	350,7	139,1
	20	10,197	1239,4	58,040	223,4	354,4	130,9
	30	13,189	1192,6	76,220	235,7	357,6	713,6
40	16,770	1140,7	99,500	248,3	360,3	112,0	
50	21,013	1081,5	129,840	261,3	362,1	100,8	

\*Izvor podataka prema spisku literature



**TABELA TVS-5b.** *Specifični toplotni kapacitet za RASHLADNE FLUIDE za gasnu i tečnu fazu,  $c_p$  [J/kg K]*

Amonijak, R 717 <sup>*21</sup>	Gas $t = 0^\circ\text{C}$	$c_p$ [J/kg K] 2118	Tečnost 1 bar	$c_p$ [J/kg K] 4440
Ugljen-dioksid, CO <sub>2</sub> <sup>*20</sup>	Gas $t = 0^\circ\text{C}$	$c_p$ [J/kg K] 815	Tečnost 62 bar <sup>*1</sup>	$c_p$ [J/kg K] 1940–2250
Freon, R12 <sup>*21</sup>	Gas $t = 0^\circ\text{C}$	$c_p$ [J/kg K] 590	Tečnost 1 bar	$c_p$ [J/kg K] 850
Freon, R22 <sup>*21</sup>	Gas $t = 0^\circ\text{C}$	$c_p$ [J/kg K] 610	Tečnost 1 bar	$c_p$ [J/kg K] 1030
Freon, R114 <sup>*21</sup>	Gas $t = 0^\circ\text{C}$	$c_p$ [J/kg K] 640	Tečnost 1 bar	$c_p$ [J/kg K] 970
Freon, R502 <sup>*21</sup>	Gas $t = 0^\circ\text{C}$	$c_p$ [J/kg K] 600	Tečnost 1 bar	$c_p$ [J/kg K] 1280

**TABELA TVS-5c.** *Toplotna provodljivost za RASHLADNE FLUIDE na temperaturi i pritisku zasićenja,  $\lambda$  [W/m K]*

Toplotna provodljivost za RASHLADNI FLUID $\lambda$ [W/m K]											
R 717 <sup>*20</sup>		CO <sub>2</sub> <sup>*20</sup>		R 12 <sup>*20</sup>		R 22 <sup>*20</sup>		R114 <sup>*21</sup>		R 502 <sup>*21</sup>	
$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^5 \lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \lambda$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \lambda$
gas p=1 bar		gas p=1 bar		gas p=1 bar		gas suvozas				gas 0	
-43	0,0178	-43	0,0115	-23	0,0072	-40	0,0083			gas 0	
-23	0,0196	-23	0,0129	0	0,0084	-20	0,0093				
-3	0,0216	-3	0,0145	27	0,0097	0	0,0103				
27	0,0247	27	0,0166	87	0,0123	20	0,0123				
47	0,0272	47	0,0181	127	0,0151	40	0,0122				
tečn.		tečn.		tečn.		tečn.				tečn. 1 bar	
27	0,470	-43	0,0122	-40	0,096	-40	0,1181			tečn. 1 bar	
37	0,445	-23	0,0123	-20	0,088	-20	0,1079				
47	0,424	-3	0,0145	0	0,081	0	0,0977				
		27	0,0166	20	0,073	20	0,0875				
		47	0,0181	40	0,065	40	0,0772				

\*Izvor podataka prema spisku literature

**TABELA TVS-5d. Dinamička viskoznost za RASHLADNE FLUIDE**  
*na temperaturi i pritisku zasićenja,  $\eta$  [Pa s]*

Dinamička viskoznost za RASHLADNI FLUID $\eta$ [Pa s]											
R 717*20		CO2*20		R 12*20		R 22*20		R114*21		R 502*21	
$t, ^\circ\text{C}$	$10^5 \eta$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^5 \eta$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \eta$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \eta$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \eta$	$t, ^\circ\text{C}$	$10^3 \eta$
gas		gas		gas		gas					
30	1,075	-15	1,295	$p=1\text{bar}$		-40	0,0102				
40	1,115	-10	1,315		0,0111	-20	0,0110	gas		gas	
50	1,155	0	1,365		0,0117	0	0,0119	0		0	
		10	1,413		0,0122	20	0,0127				
		20	1,460		0,0128	40	0,0135				
		30	1,506		0,0133						
		40	1,553								
tečn.				tečn.		tečn.					
30	13,600			-40	0,4080	-40	0,3490				
40	12,480	tečn.*1		-20	0,3450	-20	0,3020	tečn.		tečn.	
50	11,350	-30	190,00	0	0,2990	0	0,2670	1 bar		1 bar	
				20	0,2650	20	0,2400				
				40	0,2380	40	0,2190				

\*Izvor podataka prema spisku literature