TOKOVI ENERGIJE I ENERGETSKA EFIKASNOST

VLAŽAN VAZDUH - VEŽBE 11.04.2017.

VLAŽAN VAZDUH

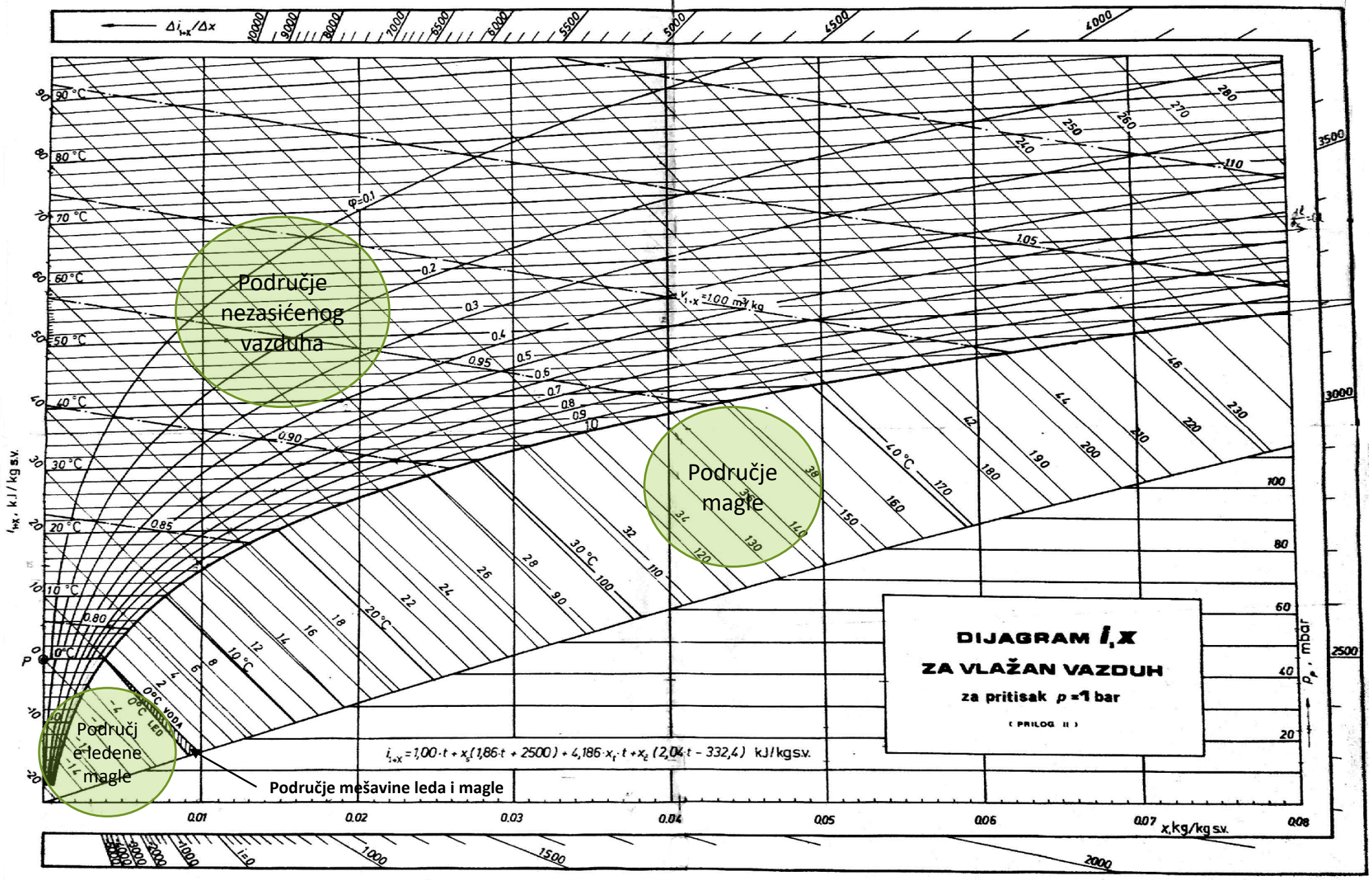
- Vlažan vazduh predstavlja binarnu smešu suvog vazduha i vodene pare. Vodena para se u ovoj mešavini može naći zasićenom ili pregrejanom stanju. Suv vazduh, kao jedna komponenta vlažnog vazduha, i sam predstavlja mešavinu gasova. U Tabeli 1. predstavljen je sastav čistog suvog atmosferskog vazduha.

- I suvi gasovi i vodena para mogu da se posmatraju kao idealni gasovi ako pritisci nisu značajno veći od atmosferskog pritiska.

- Osobine vlažnog vazduha nazivaju se psihrometrijske osobine, a naučno-stručna oblast koja se bavi izučavanjem vlažnog vazduha naziva se ***psihrometrija.***

- Kako bi se u potpunosti definisalo termodinamičko stanje binarne mešavine, kao što je to vlažan vazduh, neophodno je poznavanje tri termodinamičke veličine stanja.

Gas	Zapreminski udeo %	Molarna masa po skali $C^{12}=12$
Azot (N_2)	78,084	28,0134
Kiseonik (O_2)	20,948	31,9988
Argon (Ar)	0,934	39,9480
Ugljen-dioksid (CO_2)	0,031	44,0099
Neon (Ne)	$1{,}82\cdot10^{-3}$	20,1830
Helijum (He)	$5{,}24\cdot10^{-4}$	4,0026
Kripton (Kr)	$1{,}14\cdot10^{4}$	83,8000
Ksenon (Xe)	$8{,}7\cdot10^{-6}$	131,3000
Vodonik (H_2)	$5\cdot10^{-5}$	2,0159
Metan (CH_4)	$1{,}5\cdot10^{-4}$	16,0430
Azot-oksid (N_2O)	$5\cdot10^{-5}$	44,0128
Ozon (O_3) - leti	od 0 do $7\cdot10^{-6}$	47,9982
Ozon (O_3) - zimi	od 0 do $2\cdot10^{-6}$	47,9982
Azot-dioksid (NO_2)	od 0 do $2\cdot10^{-6}$	46,0055
Sumpor-dioksid (SO_2)	od 0 do $1\cdot10^{-4}$	64,0628
Amonijak (NH_3)	0 ili u tragovima	17,0306
Ugljen-monoksid (CO)	0 ili u tragovima	28,0106
Jod (J_2)	od 0 do $1\cdot10^{-6}$	253,8088
Radon (Rn)	$6\cdot10^{-18}$	(izotop)


Područje nezasićenog vazduha
Područje magle
Područj e ledene magle
Područje mešavine leda i magle
DIJAGRAM I,X
ZA VLAŽAN VAZDUH
za pritisak p =1 bar
(PRILOG II)
i1+x = 1,00 · t + xs (1,86 · t + 2500) + 4,186 · xt · t + xz (2,04 · t − 332,4) kJ/kg s.v.
x, kg/kg s.v.
i1+x, kJ/kg s.v.
p, mbar

VLAŽAN VAZDUH

- **Temperatura suvog termometra** je temperatura vlažnog vazduha merena običnim termometrom. Ovaj pojam se koristi samo za razlikovanje od temperature vlažnog (mokrog) termometra.
- **Temperatura vlažnog termometra** je temperatura pri kojoj tečnost ili led isparavanjem dovodi adijabatski vazduh do zasićenja.
- **Temperatura tačke rose** - ako se nezasićeni vazduh hladi pri konstantnom pritisku, mešavina će u određenom trenutku dostići temperaturu zasićenja vodene pare i pri tome će se u njoj pojaviti kapi vode.
- **Apsolutna vlažnost** (x) definiše se kao odnos mase vodene pare i mase suvog vazduha u datoj zapremini mešavine.

$$x = \frac{m_v}{m_a}$$

gde su indeksi „a“ i „v“ redom **suvi vazduh** i **vodena para**.

$$x = 0{,}622 \cdot \frac{p_v}{p_a} = 0{,}622 \cdot \frac{p_v}{p - p_v}$$

VLAŽAN VAZDUH

- **Relativna vlažnost** (φ, RH) je odnos stvarne mase vodene pare (m_v) u datoj zapremini u odnosu na koja bi se dobila da je vodena para zasićena pri istoj temperaturi suvog termometra i istom pritisku vazduha ($m_{v,sat}$):

$$RH = \frac{m_v}{m_{v,sat}}$$

ili, može da se definiše kao odnos parcijalnog pritiska vodene pare u nezasićenom vazduhu i parcijalnog pritiska zasićene vodene pare iste temperature:

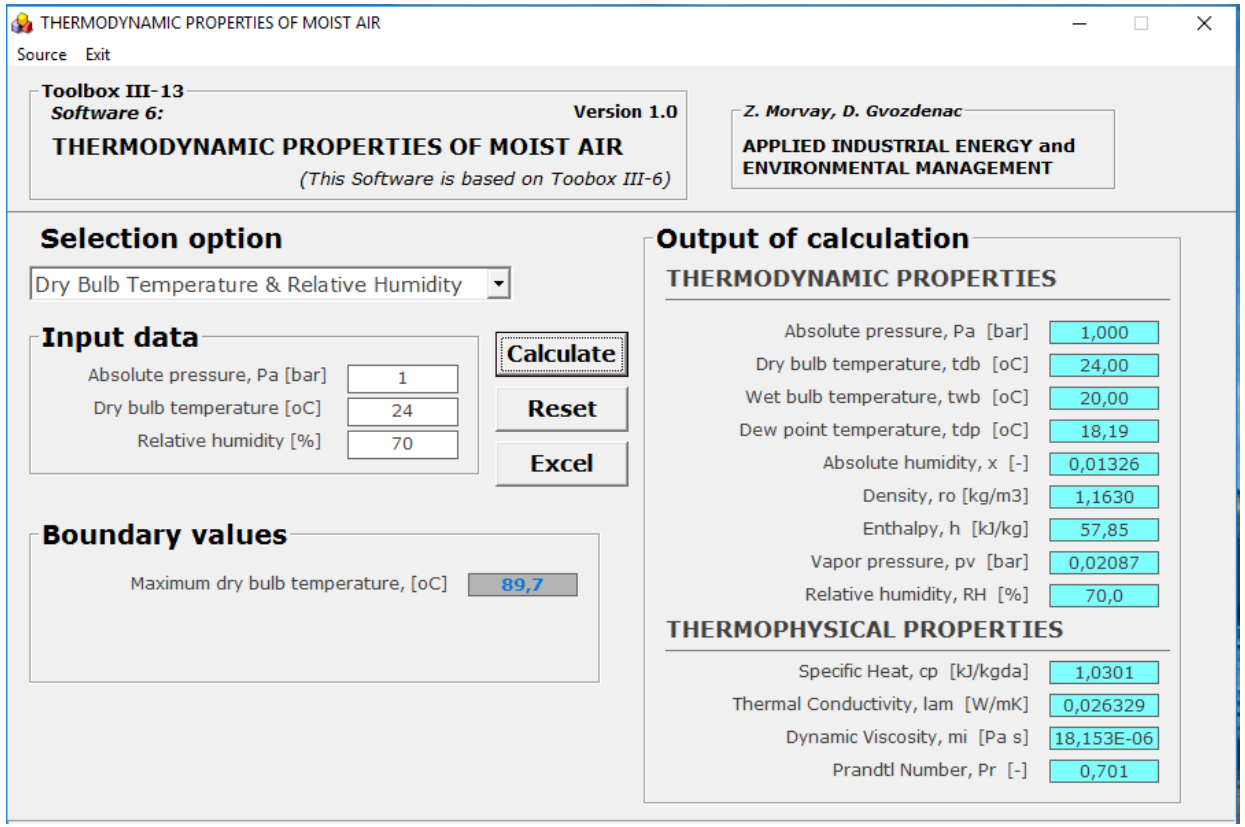
$$RH = \frac{p_v}{p_{v,sat}}$$

Zadatak 1.

Vazduh temperature 24°C i relativne vlažnosti 0,7, greje se u zagrejaču vazduha do temperature 90°C. Odrediti entalpiju (h) i apsolutnu vlažnost vazduha (x) kada napusti grejač.

Rešenje:

Kako bi izračunali entalpiju vazduha neophodno je najpre definisati kolika je apsolutna vlažnost u početnom stanju. Koristeći ***softver za vlažan vazduh,*** odabirom opcije ***Dry bulb temperature & Relative humidity***, dobija se da je za $t = 24℃$ i $RH = 70\%$ apsolutna vlažnost $x = 0{,}01326$.

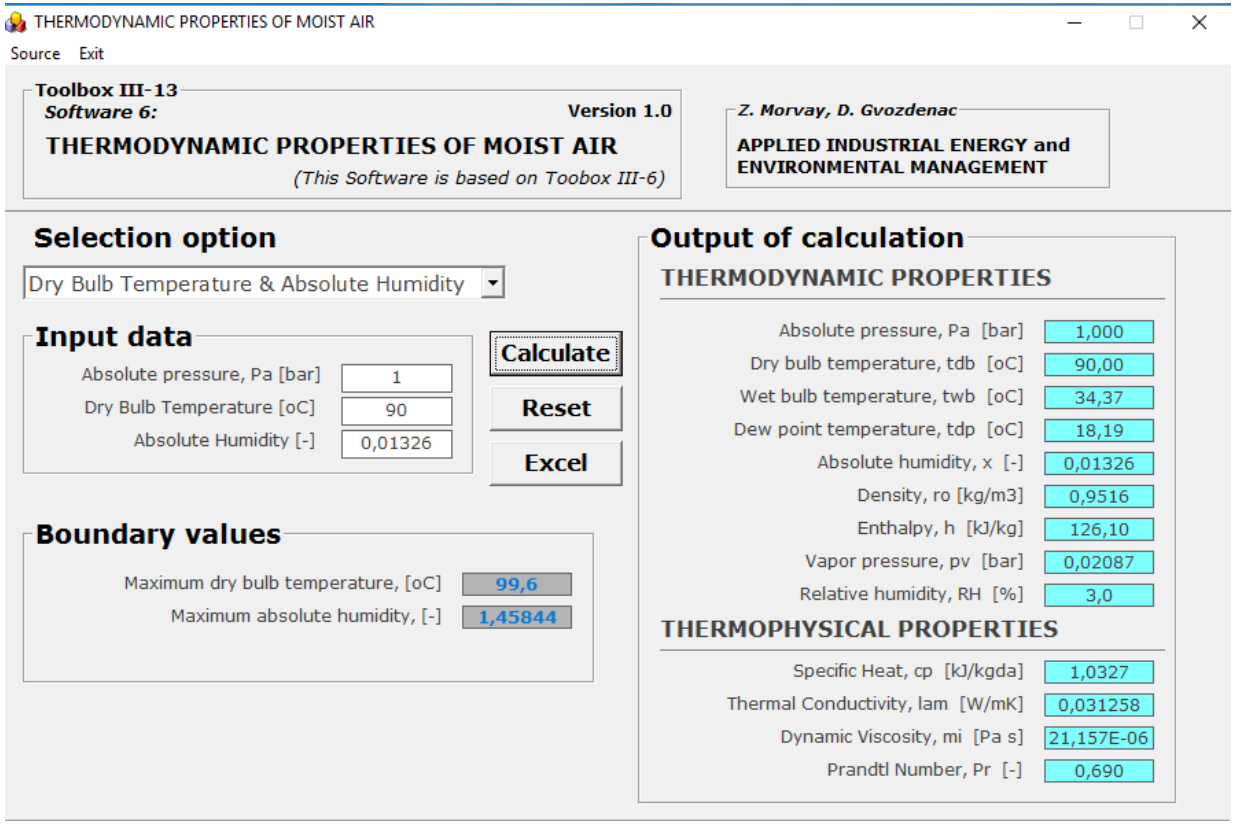


Zadatak 1.

Vazduh temperature 24°C i relativne vlažnosti 0,7, greje se u zagrejaču vazduha do temperature 90°C. Odrediti entalpiju (h) i apsolutnu vlažnost vazduha (x) kada napusti grejač.

Rešenje:

Uzimajući u obzir da se zagrevanje vazduha u zagrejaču obavlja pri konstantnoj apsolutnoj vlažnosti $x = \text{const.}$ sledi da je za $t = 90°C$ i $x = 0{,}01326$, entalpija $h = 126{,}10\ kJ/kg$. Pri tome, smo u ovom slučaju koristili opciju softvera ***Dry bulb temperature & Absolute humidity***.



Zadatak 2.

Vlažan vazduh u prostoriji nalazi se na temperaturi 20°C i relativnoj vlažnosti φ=0,5. Vazduh se potom zagreva do temperature 55°C pri stalnoj apsolutnoj vlažnosti. Izračunati:

a) apsolutnu vlažnost vazduha i specifičnu entalpiju pre i posle zagrevanja,

b) dovedenu specifičnu količinu toplote.

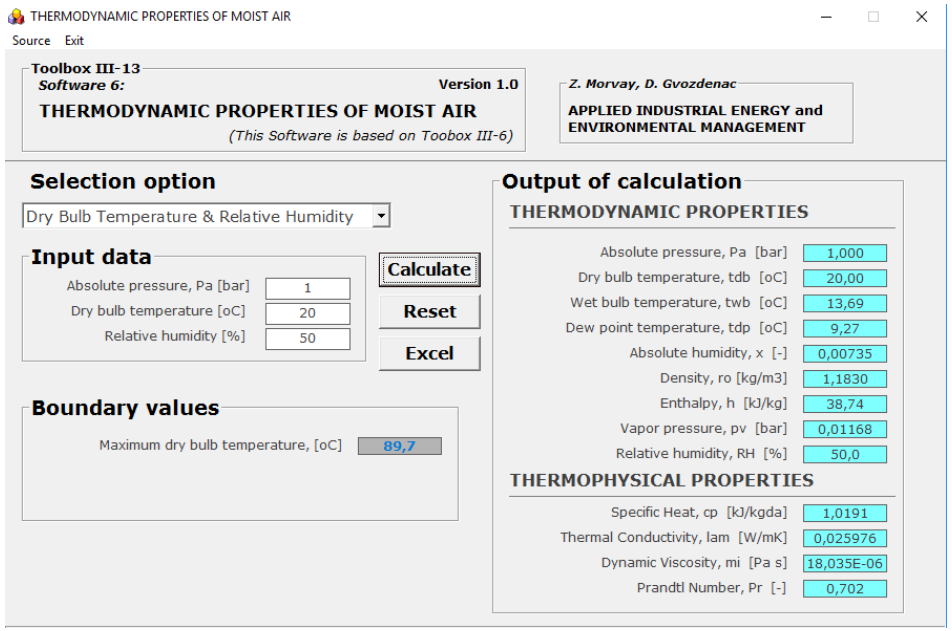
Rešenje:

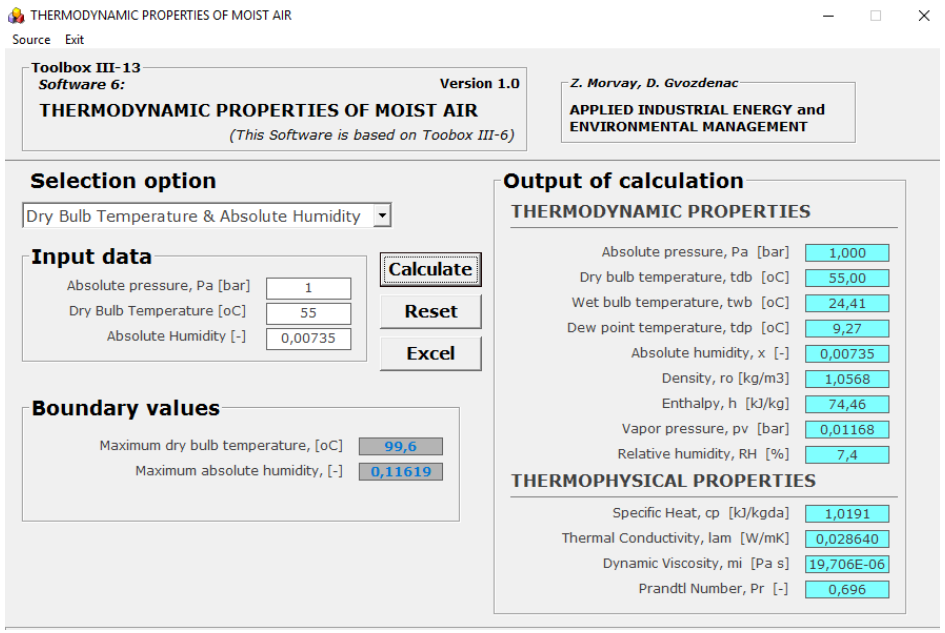
a) Korišćenjem softvera dobijeni su sledeći podaci:

$$x_2 = x_1 = 0{,}00735 \frac{\text{kg}}{\text{kg sv}}$$

$$h1 = 38{,}74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg sv}}$$

$$h2 = 74{,}46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg sv}}$$





Zadatak 2.

Vlažan vazduh u prostoriji nalazi se na temperaturi 20°C i relativnoj vlažnosti φ=0,5. Vazduh se potom zagreva do temperature 55°C pri stalnoj apsolutnoj vlažnosti. Izračunati:
a) apsolutnu vlažnost vazduha i specifičnu entalpiju pre i posle zagrevanja,
b) dovedenu specifičnu količinu toplote.

Rešenje:

b) Dovedena specifična količina toplote je:

$$h1 = 38{,}74\,\frac{kJ}{kg\ sv}\ \text{i}\ h2 = 74{,}46\,\frac{kJ}{kg\ sv}$$

$$q = \Delta h = (74{,}46 - 38{,}74) = 35{,}72\,\frac{kJ}{kg\ sv}$$

Zadatak 3.

Vlažan vazduh u prostoriji nalazi se na temperaturi 26°C i relativnoj vlažnosti φ=0,6. Vazduh se potom hladi do temperature 14°C. Izračunati:

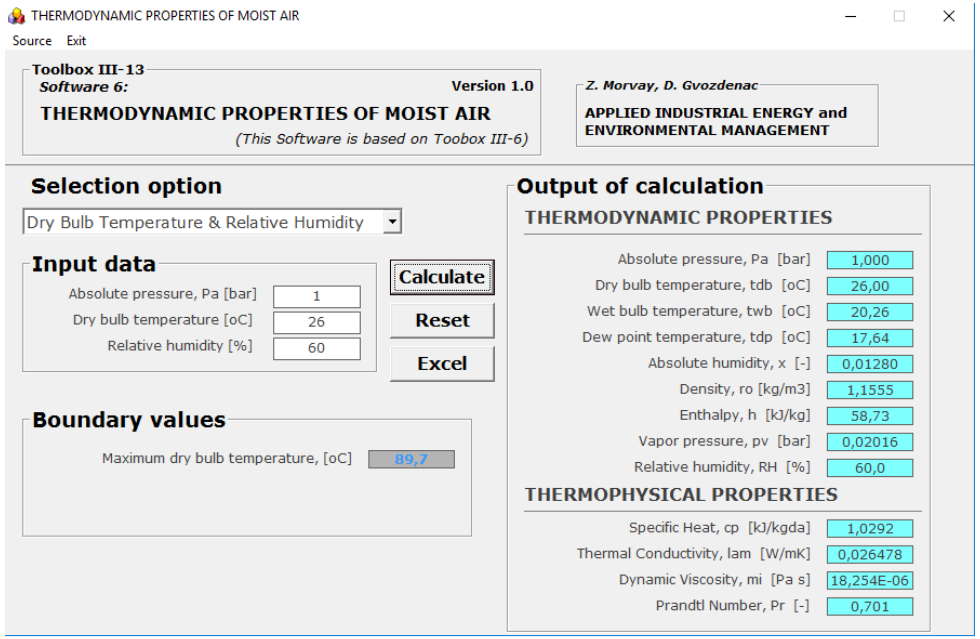
a) Izračunati apsolutnu vlažnost vazduha i specifičnu entalpiju pre i posle hlađenja,
b) Izračunati odvedenu specifičnu količinu toplote,
c) Izračunati promenu apsolutne vlažnosti vazduha.

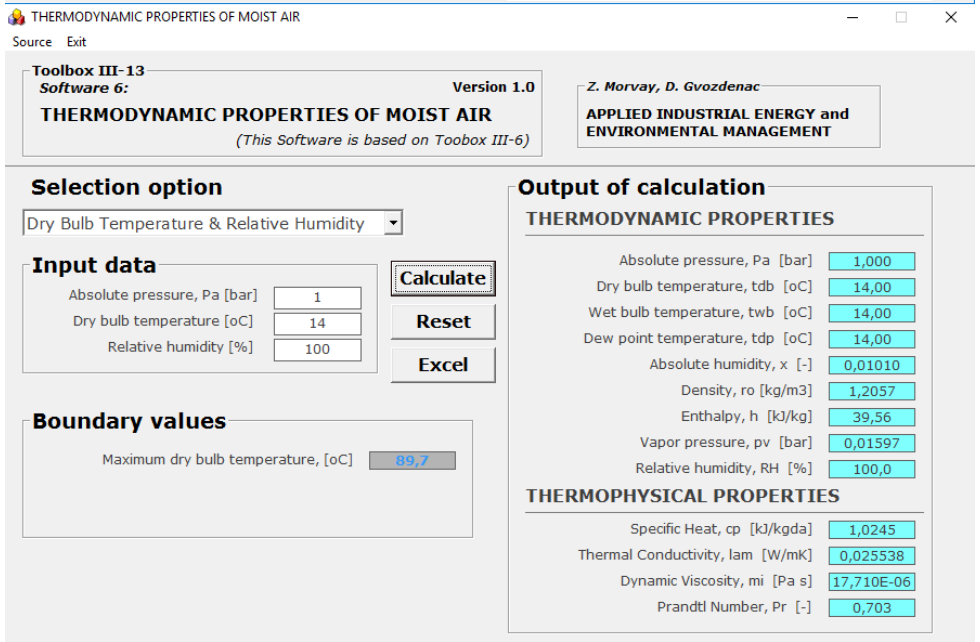
Rešenje:

a) Korišćenjem softvera dobijeni su sledeći podaci za apsolutne vlažnosti i entalpije stanja 1 i stanja 2. Ulazni podaci za stanje 1: $t = 26℃$ i $\varphi = 0{,}6$, uz korišćenje opcije ***Dry bulb temperature & Relative humidity.*** Ulazni podaci za stanje 2: $t = 14℃$ i $\varphi = 1$, uz korišćenje opcije ***Dry bulb temperature & Relative humidity.***

$$x_1 = 0{,}01280 \qquad h_1 = 58{,}73\ kJ/kg$$

$$x_2 = 0{,}01010 \qquad h_2 = 39{,}56\ kJ/kg$$





Zadatak 3.

Vlažan vazduh u prostoriji nalazi se na temperaturi 26°C i relativnoj vlažnosti φ=0,6. Vazduh se potom hladi do temperature 14°C. Izračunati:

a) Izračunati apsolutnu vlažnost vazduha i specifičnu entalpiju pre i posle hlađenja,
b) Izračunati odvedenu specifičnu količinu toplote,
c) Izračunati promenu apsolutne vlažnosti vazduha.

Rešenje:

$x_1 = 0{,}01280 \qquad h_1 = 58{,}73\ kJ/kg$

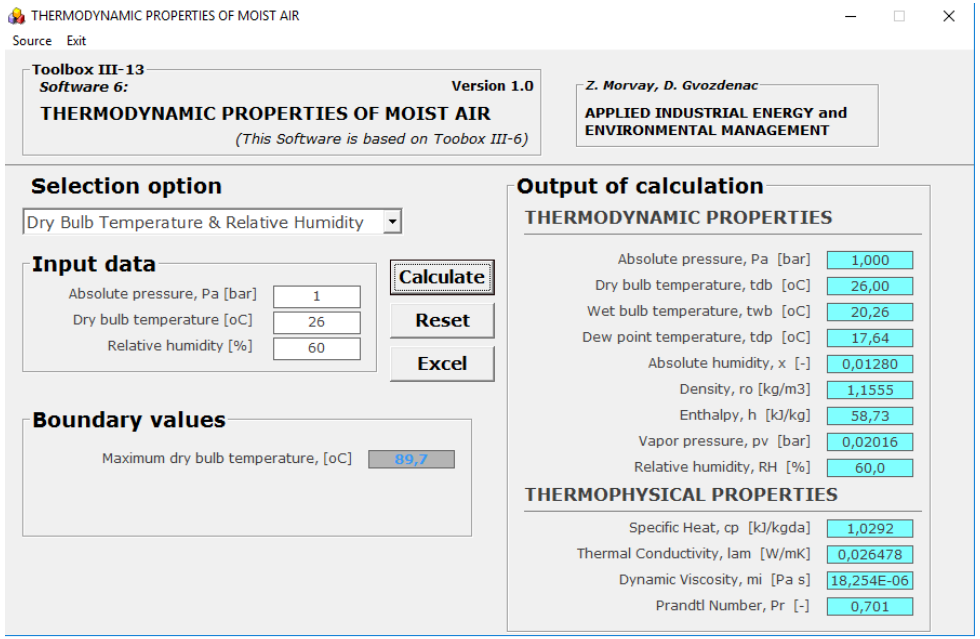
$x_2 = 0{,}01010 \qquad h_2 = 39{,}56\ kJ/kg$

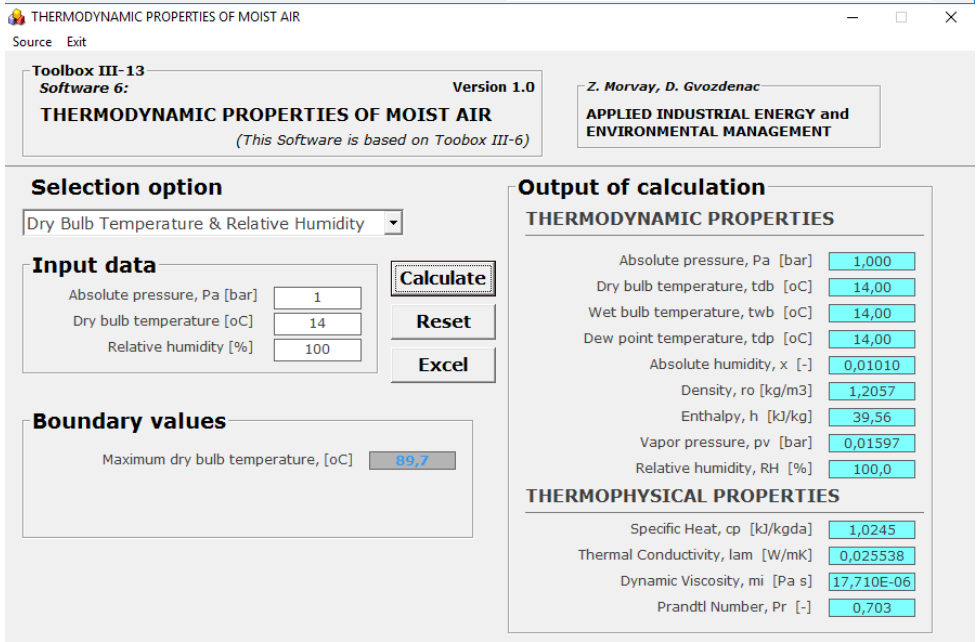
b) Odvedena specifična količina toplote je:

$$q = \Delta h = (58{,}73 - 39{,}56) = 19{,}17 \frac{\text{kJ}}{\text{kg sv}}$$

c) Promena apsolutne vlažnosti vazduha:

$$\Delta x = x_1 - x_2 = 0{,}01280 - 0{,}01010 = 0{,}0027$$





Zadatak 4. – ZAGREVANJE I OVLAŽIVANJE

Dva i po kubna metra drveta se suši na 60°C (temperatura suvog termometra) i 52°C (temperatura vlažnog termometra) i $v_1 = 0{,}87 \frac{m^3}{kg\ sv}$. Stopa sušenja rezane građe je 12,5 kg vode na sat. Ako je spoljašnji vazduh na 27°C (temperatura suvog termometra) i 80% relativne vlažnosti, koliko je potrebno ubaciti spoljašnjeg vazduha po minuti kako bi se odvela isparena vlaga?

Rešenje:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 94 \frac{g}{kg} - 18 \frac{g}{kg} = 76 \frac{g}{kg\ sv}$$

$$\text{Stopa sušenja} = \dot{m}_a \cdot \Delta x$$

Odakle je:

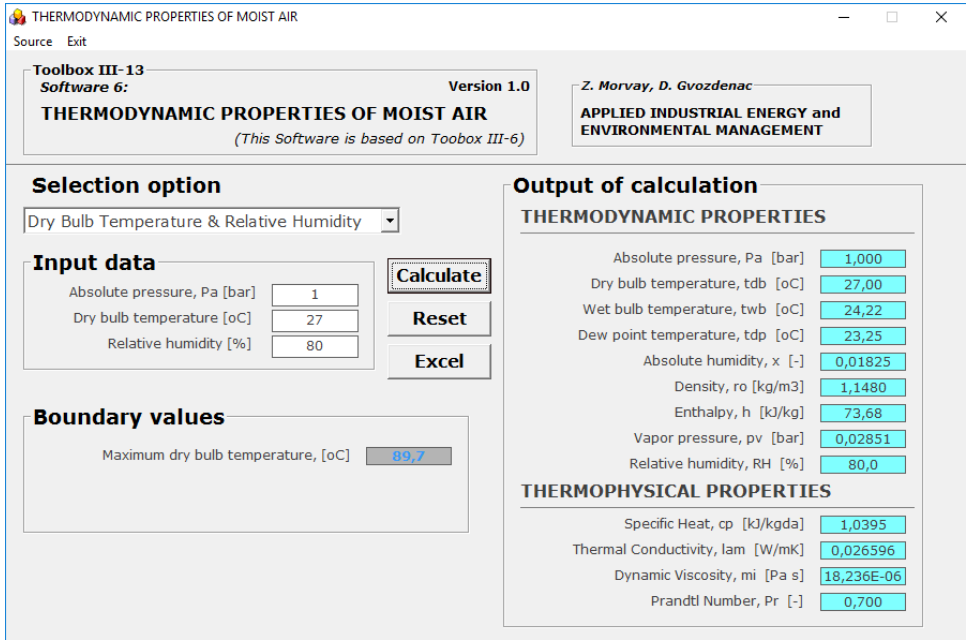
$$\dot{m}_a = \frac{12{,}5 \frac{kg}{h}}{0{,}076 \frac{kg}{kg\ sv}} = 164{,}5 \frac{kg\ sv}{h}$$

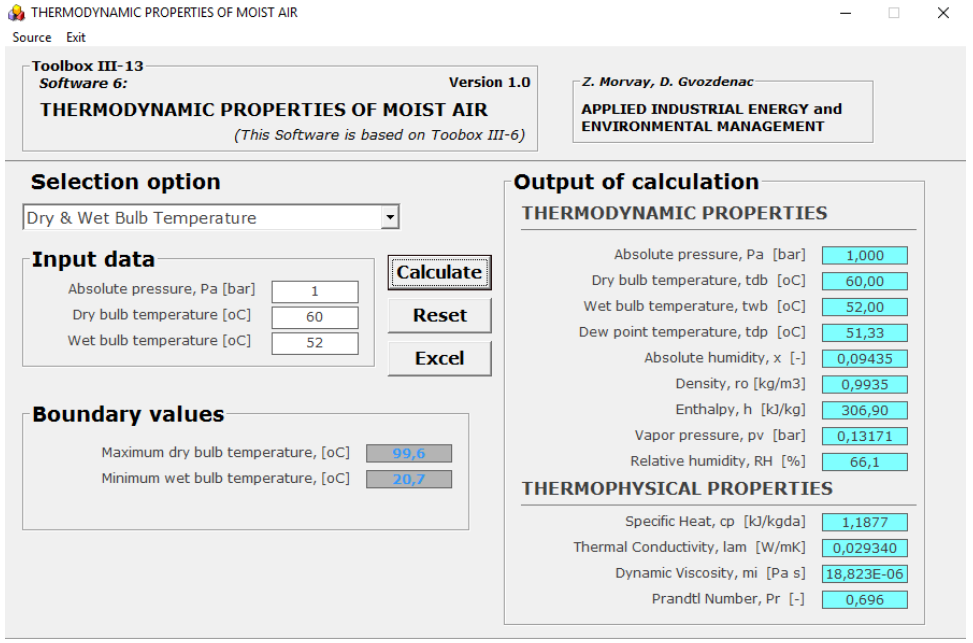
Koristeći sledeću formulu:

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{V}}{v_1}$$

sledi da je :

$$\dot{V} = \dot{m}_a \cdot v_1 = 164{,}5 \frac{kg\ sv}{h} \cdot 0{,}87 \frac{m3}{kg\ sv} = 143{,}1 \frac{m3}{h}$$





Zadatak 5. HLAĐENJE I ODVLAŽIVANJE

Vlažan vazduh na 50°C (temperatura suvog termometra) i 32% relativne vlažnosti ulazi u toplotni izmenjivač i ohladi se do temperature od 18°C (temperatura suvog termometra). Ukoliko je stopa sušenja 6 kubika crvenog hrasta 4 kg/h, odrediti potrebnu snagu hladnjaka u kW.

Rešenje:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 25,5\frac{g}{kg} - 13,1\frac{g}{kg} = 12,4\frac{g}{kg\ sv}$$

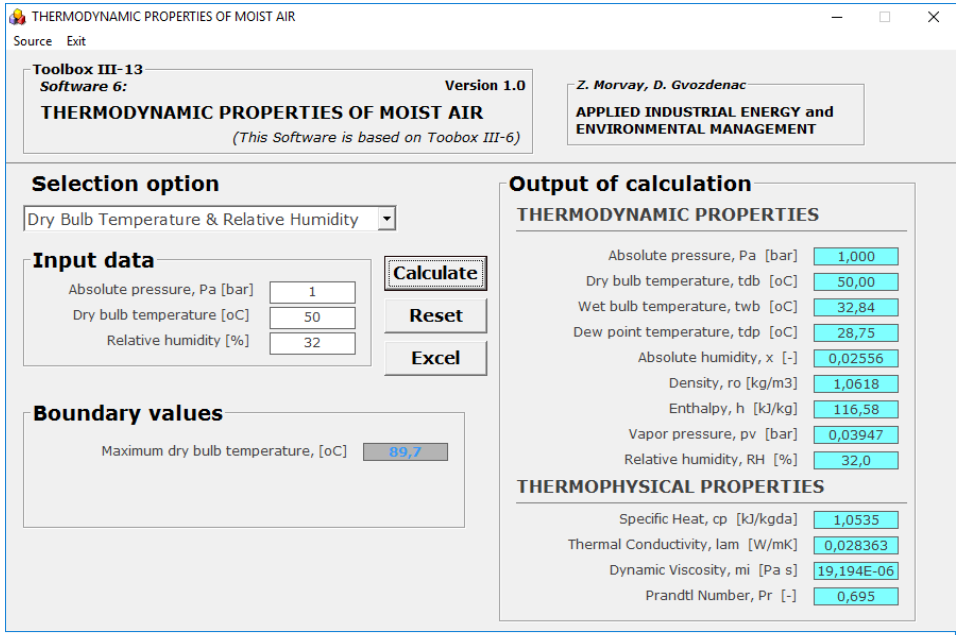
$$Stopa\ sušenja = \dot{m}_a \cdot \Delta x$$

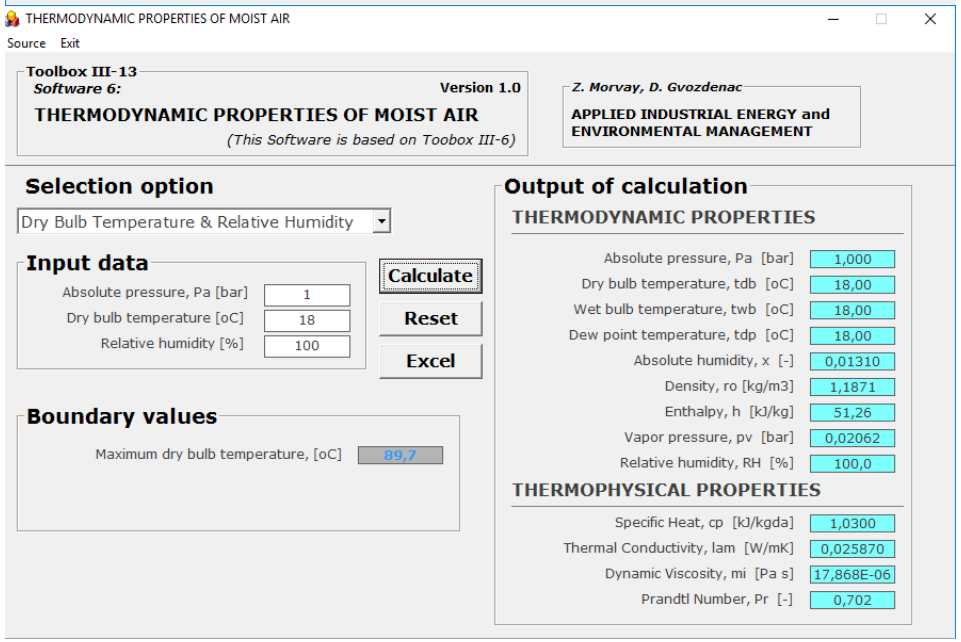
Odakle je:

$$\dot{m}_a = \frac{4\frac{kg}{h}}{0,0124\frac{kg}{kg\ sv}} = 322,6\frac{kg\ sv}{h}$$

$$\Delta h = (116.6 - 51.26) = 65.24\frac{kJ}{kg\ sv}$$

$$\dot{Q} = \Delta h \cdot \dot{m}_a = 21046,4\frac{kJ}{h} = 5,8\ \text{kW}$$



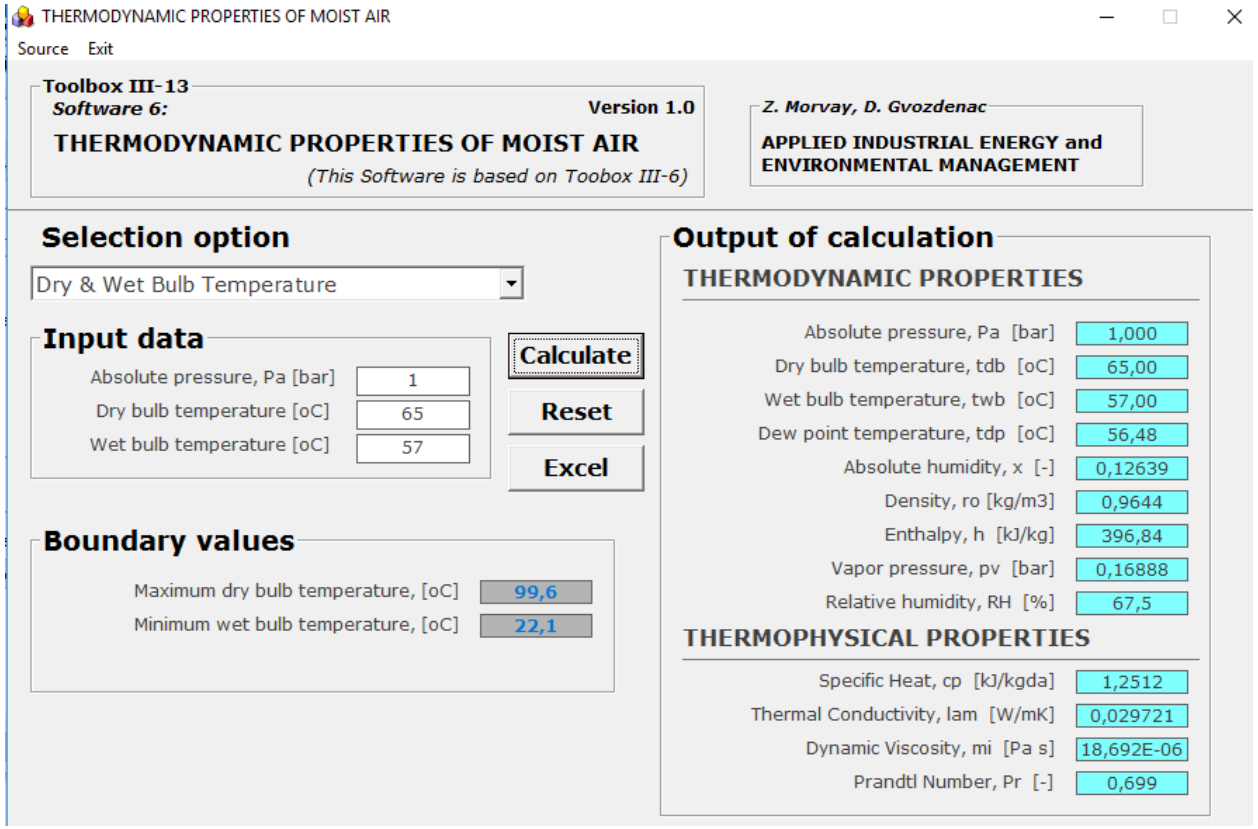


Zadatak 6. ADIJABATSKO HLAĐENJE ILI HLAĐENJE SA ISPARAVANJEM (PROMENA FAZE)

Vazduh stanja u tački 1 (65°C temperatura suvog termometra i 57°C temperatura vlažnog termometra i specifična zapremina $v_1 = 1{,}15\frac{m^3}{kg\ sv}$) trpi pad temperature od 3°C, dok prolazi kroz vlažnu drvnu građu. Odredite svojstva vazduha u tački 2 i specifična zapremina ($v_2 = 1{,}14\frac{m^3}{kg\ sv}$) i uporediti ih sa onima iz tačke 1. Ako je brzina strujanja vazduha 2 metra u sekundi i površina razmene toplote 1,47m2, odrediti stopu sušenja?

Rešenje:

Iz softvera za date parametre tačke 1 dobijaju se sledeći podaci:

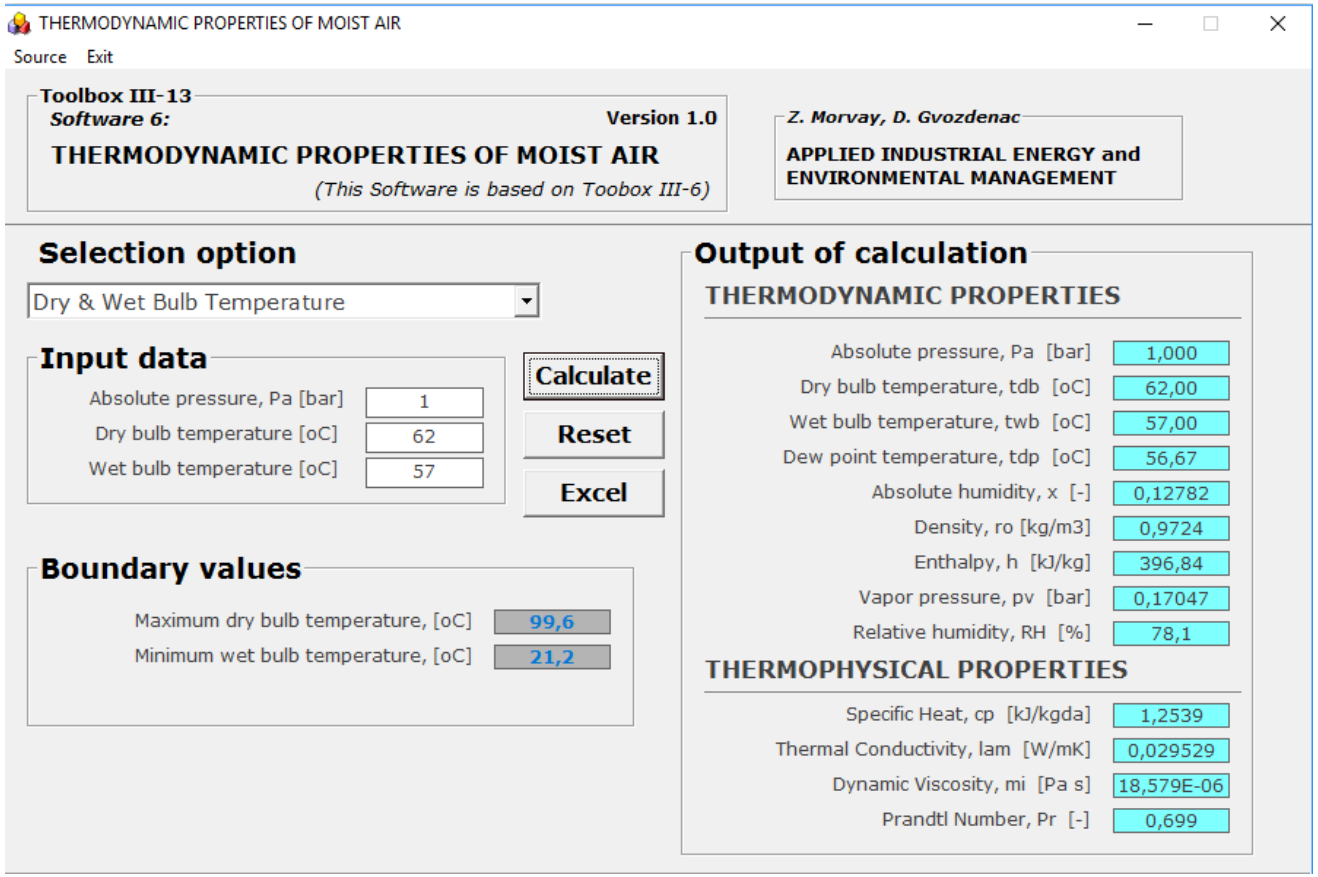


Zadatak 6. ADIJABATSKO HLAĐENJE ILI HLAĐENJE SA ISPARAVANJEM (PROMENA FAZE)

Vazduh stanja u tački 1 (65°C temperatura suvog termometra i 57°C temperatura vlažnog termometra i specifična zapremina $v_1 = 1{,}15\frac{m^3}{kg\ sv}$) trpi pad temperature od 3°C, dok prolazi kroz vlažnu drvnu građu. Odredite svojstva vazduha u tački 2 i specifična zapremina ($v_2 = 1{,}14\frac{m^3}{kg\ sv}$) i uporediti ih sa onima iz tačke 1. Ako je brzina strujanja vazduha 2 metra u sekundi i površina razmene toplote 1,47m2, odrediti stopu sušenja?

Rešenje:

a) Iz softvera za date parametre tačke 2 dobijaju se sledeći podaci:



Zadatak 6. ADIJABATSKO HLAĐENJE ILI HLAĐENJE SA ISPARAVANJEM (PROMENA FAZE)

Vazduh stanja u tački 1 (65°C temperatura suvog termometra i 57°C temperatura vlažnog termometra i specifična zapremina $v_1 = 1{,}15\frac{m^3}{kg\ sv}$) trpi pad temperature od 3°C, dok prolazi kroz vlažnu drvnu građu. Odredite svojstva vazduha u tački 2 i specifična zapremina ($v_2 = 1{,}14\frac{m^3}{kg\ sv}$) i uporediti ih sa onima iz tačke 1. Ako je brzina strujanja vazduha 2 m/s i površina razmene toplote 1,47 m^2, odrediti stopu sušenja?

Rešenje:

b) Stopa sušenja:

$$Stopa\ sušenja = \dot{m}_a \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 127{,}8\ \frac{g}{kg} - 126{,}4\frac{g}{kg} = 1{,}4\frac{g}{kg\ sv}$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{V}}{v_2}$$

$$\dot{V} = (A) \cdot v_V\ (brzina\ strujanja\ vazduha)$$

$$\dot{V} = (1{,}47m^2) \cdot \left(2\frac{m}{s}\right) = \left(2{,}94\frac{m^3}{s}\right)$$

$$\dot{m}_a = \frac{2{,}94\frac{m^3}{s}}{1{,}14\frac{m^3}{kg\ sv}} = 2{,}57\ \frac{kg\ sv}{s}$$

$$Stopa\ sušenja = 2{,}57\ \frac{kg\ sv}{s} \cdot 1{,}4\ \frac{g}{kg\ sv} = 3{,}6\frac{g}{s} = 12{,}96\frac{kg}{h}$$