

## Fizikalni termini

Za razumijevanje atmosferskih procesa nužno je prethodno poznavanje osnovnih fizikalnih termina kojima se opisuju ti procesi. U slijedećim paragrafima ukratko su opisani osnovni fizikalni termini koji se koriste u meteorološkoj literaturi.

**Masa.** Masa je osobina tvari koja je uzrokom da tvar ima težinu u gravitacijskom polju. Masa i težina nisu isti pojam; masa je osobina tvari a težina je sila. Mjerna jedinica za masu u SI sustavu je kilogram (kg). Mjerna jedinica za težinu je Njtn (engl. Newton) (N) kao i za svaku drugu silu. Masa i težina su povezane relacijom  $w=mg$ , gdje je  $w$  težina (weight),  $m$  masa (mass), a  $g$  je mjera za gravitaciju, odnosno ubrzanje gravitacijskog polja (na površini Zemlje  $g$  iznosi oko  $9,8 \text{ m/s}^2$ ). Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_versus\\_weight](http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_versus_weight)

**Sila.** Sila je djelovanje na neki objekt koje uzrokuje promjenu u njegovog gibanju ili obliku, odnosno, djelovanje sile na neko tijelo očituje se u njegovoj akceleraciji (ubrzanju, usporenju, promjeni smjera gibanja i sliċno). Sila je jednaka produktu mase i akceleracije;  $F = ma$ , gdje je  $m$  masa tijela na koje djeluje sila, dok je  $a$  akceleracija koja se opaċa pri djelovanju sile  $F$ . Mjerna jedinica za silu je Njtn (engl. Newton) (N). Detaljnije:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Force>

**Tlak.** Tlak je sila koja djeluje na neku jedinicu površine. Može se predstaviti relacijom  $P = F/A$ , gdje je  $F$  sila koja djeluje na površinu  $A$  i pritom stvara tlak  $P$ . Rezultat te jednadžbe je  $\text{N/m}^2$ , što odgovara mjernoj jedinici Paskal (engl. Pascal) (Pa). U meteorologiji se za atmosferski tlak najčešće koristi mjerna jedinica hektopaskal, tj. stotinu puta veća vrijednost od paskala. Detaljnije:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure>

**Gustoća.** Gustoća je masa u jedinici volumena neke tvari. Izražava se jednadžbom  $\rho = m/V$ , gdje je  $m$  masa u volumenu  $V$  neke tvari. U meteorologiji se često barata pojmom gustoće zraka, pri čemu je ona jednaka masi zraka (kg) u volumenu od jednog kubnog metra ( $\text{m}^3$ ). Zrak je tvar u plinovitom stanju, pa unatoč činjenici da je golim okom nevidljiva, ipak kao i svaka druga tvar ima svoju masu. Gustoća se izražava u mjernim jedinicama kilogram po kubnom metru ( $\text{kg/m}^3$ ). Gustoća zraka je direktno ovisna o njegovoj temperaturi i tlaku. Ovisnost ove tri fizikalne veličine dana je jednadžbom idealnog plina koja glasi  $P = \rho \cdot rT$ , gdje je  $P$  tlak zraka,  $\rho$  gustoća zraka,  $r$  je plinska konstanta ( $287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}^{-1}$ ), dok je  $T$  temperatura zraka. Valja napomenuti da zrak nije idealan plin već njegova svojstva ponešto odstupaju od svojstava idealnog plina. Stoga se zrak ne ponaša precizno po navedenoj jednadžbi, ali za praktične potrebe smatra se da jednadžba idealnog plina vrijedi i za zrak. Detaljnije:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure>

[http://www.indiana.edu/~geog109/topics/10\\_Forces&Winds/GasPressWeb/PressGasLaws.html](http://www.indiana.edu/~geog109/topics/10_Forces&Winds/GasPressWeb/PressGasLaws.html)

**Temperatura.** Temperatura je zagrijanost neke materije i ne smije se poistovjetivati s toplinom. Toplina je energija koja se izražava u džulima (J), dok je temperatura svojstvo materije i izražava se u Kelvinima (K), odnosno u meteorologiji znatno češće u Celzijevim stupnjevima ( $^{\circ}\text{C}$ ). Celzijeve stupnjeve dobijemo iz Kelvina tako da odbijemo  $273,15$  ( $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$ ). Detaljnije:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Temperature>

<http://www.theweatherprediction.com/habyhints/39/>

Temperatura rosi&scaron;ta. Temperatura na kojoj Äe pri hlaÄenju vlaÄnog zraka zapoÄeti ukapljivanje vodene pare u tekuÄe stanje ili depozicija pare u kruto stanje, naziva se temperatura rosi&scaron;ta (engl. dewpoint) (Td). Kad se dosegne ova temperatura na odreÄenoj visini iznad tla, iz vodene pare u zraku zapoÄinje formiranje oblaka. Temperatura rosi&scaron;ta je zavisna samo o koliÄini vodene pare u zraku, &scaron;to znaÄi da je temperatura rosi&scaron;ta zapravo i mjera za koliÄinu vodene pare u jedinici volumena zraka. VeÄta koliÄina vodene pare dat Äe vi&scaron;u temperaturu rosi&scaron;ta i obratno. Temperatura rosi&scaron;ta uvijek je niÄa od temperature zraka, ili ista (dok traje proces ukapljivanja/depozicije). Temperatura rosi&scaron;ta je tako jedna od najvaÄnijih osobina zraka, s obzirom da je vodena para najbitniji sastojak atmosfere koji stvara vremenske procese. Temperatura rosi&scaron;ta se ne moÄe izravno mjeriti veÄ se dobija izraÄunom. Detaljnije:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Dewpoint>

Rosi&scaron;na razlika. IzraÄunamo li aritmetiÄku razliku temperature zraka i temperature rosi&scaron;ta dobit Äemo rosi&scaron;nu razliku. Rosi&scaron;na razlika je manja kad je zrak blizu zasiÄenja vodenom parom (vlaÄan), a veÄta kad je zrak daleko od zasiÄenja (suh). Onda kad je rosi&scaron;na razlika nula, tj. kad su temperatura zraka i temperatura rosi&scaron;ta jednake, zrak sadrÄi maksimalnu koliÄinu vodene pare koju moÄe primiti u plinovitom stanju pri toj temperaturi. I najmanjim daljnjim hlaÄenjem dolazi do ukapljivanja ili depozicije vodene pare u tekuÄe/kruto agregatno stanje. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Dewpoint\\_depression](http://en.wikipedia.org/wiki/Dewpoint_depression)

Temperatura mokrog termometra. Temperatura mokrog termometra je ona temperatura na koju Äe se zrak direktno uz vodu/led ohladiti isparavanjem vode ili sublimacijom leda u vodenu paru (engl: wet bulb temperature) (Tw). Ova temperatura se moÄe izravno mjeriti pomoÄu tzv. mokrog termometra. Vrijednost temperature mokrog termometra je uvijek izmeÄu temperature zraka i temperature rosi&scaron;ta, i najÄe je malo bliÄa temperaturi rosi&scaron;ta. Valja primjetiti, da Äe za istu temperaturu zraka u suhome zraku temperatura mokrog termometra biti niÄa nego u vlaÄnijem zraku, &scaron;to u praksi ima za posljedicu da Äe u suhom zraku temperatura jaÄe pasti s poÄetkom oborina nego u vlaÄnom. Naime, oborine isparavaju tijekom padanja prema tlu, osim ako relativna vlaÄnost nije jednaka 100%, a na proces isparavanja se tro&scaron;i latentna toplina pri Äemu se sniÄava temperatura. &Scaron;to zrak sadrÄi manje vlage, isparavanje je jaÄe a time je i pad temperature zbog tro&scaron;enja latentne topline veÄti. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Wet\\_bulb\\_temperature](http://en.wikipedia.org/wiki/Wet_bulb_temperature)

Omjer mije&scaron;anja. Podijelimo li masu vodene pare u kubiÄnom metru volumena s masom suhog zraka u istom volumenu, dobit Äemo omjer mije&scaron;anja (engl. mixing ratio). Omjer mije&scaron;anja se izraÄava u gramima vodene pare po kilogramu suhog zraka (g/kg). Omjer mije&scaron;anja je odliÄan pokazatelj koliÄine vodene pare u zraku, kao i temperatura rosi&scaron;ta. Nezavisan je o temperaturi, ali je obratno proporcionalan tlaku. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Mixing\\_ratio#Mixing\\_ratio\\_or\\_humidity\\_ratio](http://en.wikipedia.org/wiki/Mixing_ratio#Mixing_ratio_or_humidity_ratio)

ZasiÄeni omjer mije&scaron;anja (engl. saturation mixing ratio). Ova veliÄina predstavlja maksimalni moguÄi omjer mije&scaron;anja za odreÄenu Äest zraka. On je proporcionalan temperaturi Äesti. Rezultat dijeljenja stvarnog omjera mije&scaron;anja s zasiÄenim omjerom mije&scaron;anja daje relativnu vlaÄnost zraka.

Virtualna temperatura. Virtualna temperatura (engl. virtual temperature) (Tv) je ona temperatura koju bi trebao imati potpuno suh zrak a da ima istu gustoÄu kao &scaron;to ju ima Äest na koju se odnosi ta virtualna temperatura. S obzirom da vlaÄan zrak ima manju gustoÄu od suhog zraka, te da topliji zrak ima manju gustoÄu od hladnijeg zraka, to je virtualna temperatura uvijek vi&scaron;a od stvarne temperature. Virtualna temperatura bi bila jednaka stvarnoj onda kad zrak ne bi sadrÄavao nimalo vodene pare. Prema tome, veÄta vlaÄnost zraka ima za posljedicu vi&scaron;u virtualnu temperaturu i obratno. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_temperature](http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_temperature)

Relativna vlaÅ¾nost. Relativna vlaÅ¾nost (engl. relative humidity, RH) predstavlja omjer stvarne koliÅ¡ine vodene pare i maksimalne koliÅ¡ine vodene pare u nekoj Å¡esti zraka. IzraÅ¾ava se u postocima. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Relative\\_humidity](http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_humidity)

Potencijalna temperatura. Potencijalna temperatura (engl. potential temperature, theta) ( $\theta$ ) je ona temperatura koju bi Å¡est zraka imala kad bi ju suhoadijabatski doveli na tlak od 1000 hektopaskala. To znaÄ¡i? To znaÄ¡i da mijenjamo tlak Å¡esti bez njezine interakcije s okolinom. Primjerice, to je ona temperatura Å¡esti koju s tlaka od 500hPa dovedemo na tlak od 1000hPa bez razmjene topline ili vodene pare s okolinom. Povećanjem tlaka Å¡esti njezina temperatura raste. Potencijalna temperatura tako je dobra fizikalna veliÄ¡ina za uspoređivanje temperatura Å¡esti koje se nalaze na razliÄ¡itim visinama. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Potential\\_temperature](http://en.wikipedia.org/wiki/Potential_temperature)

JednadÅ¾ba stanja (zakon idealnog plina). JednadÅ¾ba stanja (engl. equation state) je bitna za razumijevanje meÅ¡usobnog odnosa tlaka, temperature i gustoće zraka. Kao &scaron;to je već spomenuto, ona se moÅ¾e pisati kao  $P = \rho r T$ , gdje je P tlak zraka u Paskalima,  $\rho$ ; gustoća zraka u kilogramima po kubnom metru, r je plinska konstanta (287 Jkg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>), dok je T temperatura zraka u Kelvinima. Za razumijevanje primjene ove jednadÅ¾be u teorijskim tumaÄ¡enjima atmosferskih procesa, jednostavno postavljamo jednu varijablu kao konstantu i zatim pratimo kako promjena druge varijable utjeÄ¡e na onu preostalu varijablu u jednadÅ¾bi. Tako dobijamo tri razliÄ¡ita procesa, zavisno o varijabli koju proglasimo konstantom:

a) Izotermni proces (konstantna temperatura). Pri konstantnoj temperaturi T, tlak i gustoća su proporcionalni. Porastom tlaka raste i gustoća i obratno. Tako Ä¡e primjerice pri jednakoj temperaturi zraka, njegova gustoća biti manja na Sljemenu nego u Zagrebu, jer je na Sljemenu manji tlak.

b) Izobarni proces (konstantan tlak). Pri konstantnom tlaku P, gustoća i temperatura zraka su obratno proporcionalni. Tako Ä¡e primjerice gustoća zraka u Zagrebu biti vi&scaron;a od gustoće zraka u Splitu, ako obje lokacije imaju isti tlak a Zagreb niÅ¾u temperaturu od Splita.

c) Izopikni proces (konstantna gustoća). Pri konstantnoj gustoći, tlak i temperatura su proporcionalni. Tako Ä¡e se Å¡est koju spustimo s 5km na 2km visine zagrijati zbog porasta tlaka (na manjoj visini je vi&scaron;i tlak).

Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Equations\\_of\\_state](http://en.wikipedia.org/wiki/Equations_of_state)

Hidrostatska jednadÅ¾ba. Izvan Zemljine atmosfere nalazi se vakuum (tlak=0). Zbog toga atmosfera ima tendenciju da "pobjegne" od Zemlje u prazan prostor Svemira, s obzirom da u atmosferi postoji tlak. MeÅ¡utim, toj teÅ¾niji atmosfere suprotstavlja se Zemljino gravitacijsko polje, i stvara pritom balans sile; gravitacijska sila koja privlaÄ¡i molekule zraka prema Zemlji balansirana je, tj. jednaka ali suprotnog smjera, atmosferskom tlaku koji odbija te iste molekule prema Svemiru gdje je tlak jednak nuli. MatematiÄ¡ki se ovo uravnoteÅ¾enje opisuje hidrostatskom jednadÅ¾bom (engl. hydrostatic equation):  $\Delta P / \Delta Z = -\rho g$  gdje  $\Delta P / \Delta Z$  predstavlja vertikalni gradijent tlaka (promjenu tlaka s promjenom visine), dok je  $\rho$ ; gustoća a g vrijednost ubrzanja Zemljine sile teÅ¾e. Detaljnije:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Fluid\\_statics#Hydrostatic\\_pressure](http://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_statics#Hydrostatic_pressure)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrostatic\\_equilibrium](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrostatic_equilibrium)

<http://www.theweatherprediction.com/habyhints/62/>