

KLIMATIZACIJA

Tema:

- DIMENZIONIRANJE KOMPONENTI GViK SUSTAVA***
- AUTOMATSKA REGULACIJA***

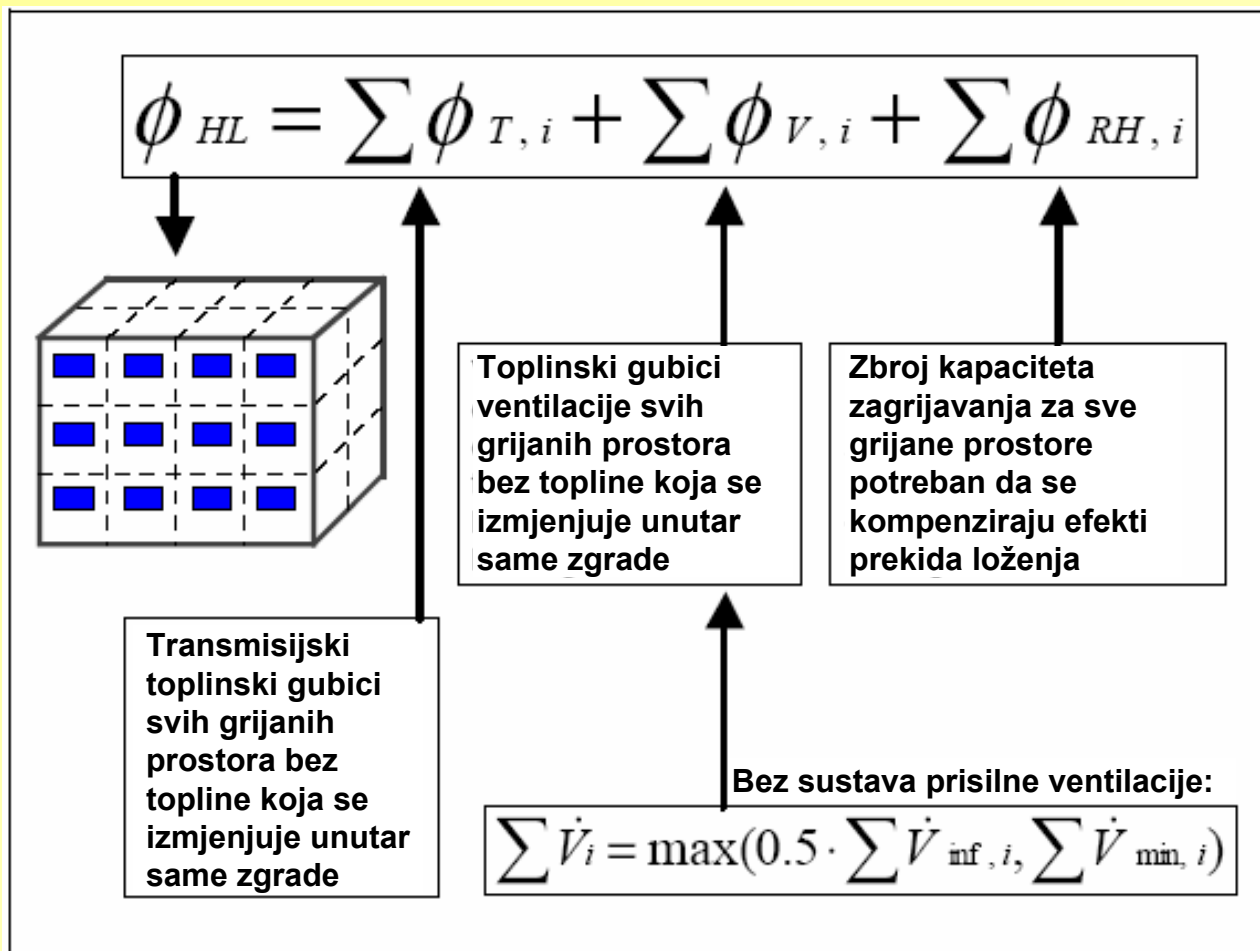
Doc.dr.sc. Igor BALEN

Grijač

- faktori koje treba razmotriti kod izbora izmjenjivača:
 - Traženi učinak ili kapacitet s obzirom na ostale komponente
 - Temperatura zraka koji ulazi u izmjenjivač i porast temperature zraka
 - Dostupnost ogrijevnog medija, njegovi radni i maksimalni tlakovi i temperature
 - Volumenski protok zraka, brzina i razdioba te ograničenja glede toga
 - Protok, brzina strujanja i distribucija ogrijevnog medija te ograničenja glede toga
 - Prihvatljivi otpori strujanja za zrak i ogrijevni medij
 - Zahtjevi pojedinih instalacija, poput načina regulacije ili kompatibilnosti materijala
 - Dani i primjenjivi propisi i norme koji određuju projektiranje i montažu.

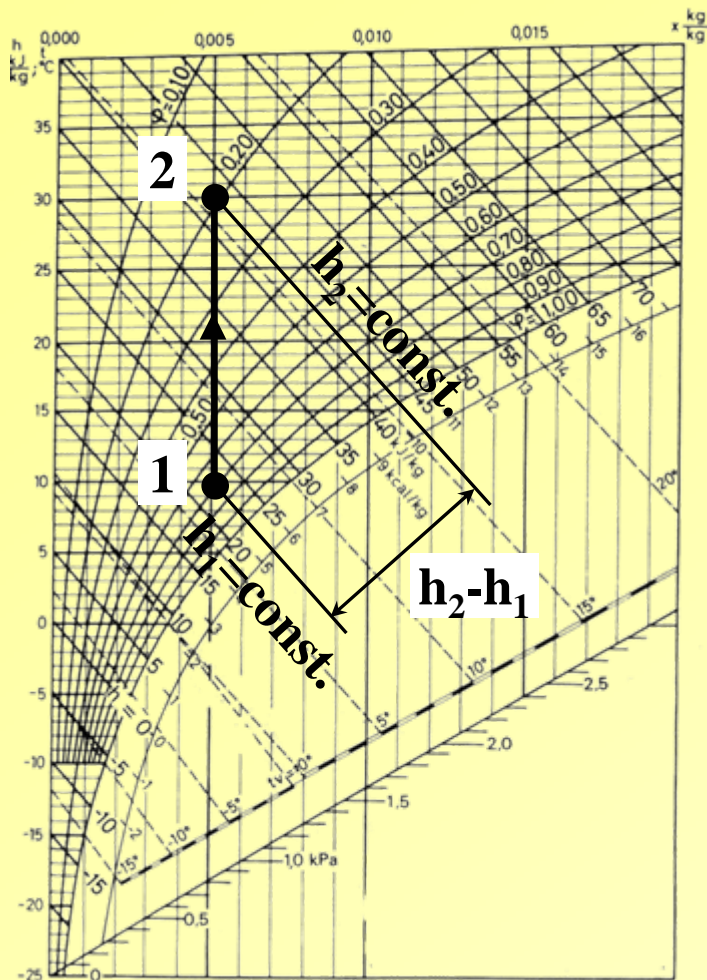
Grijač

- ukupni projektni toplinski gubici zgrade prema EN12831:



Grijač

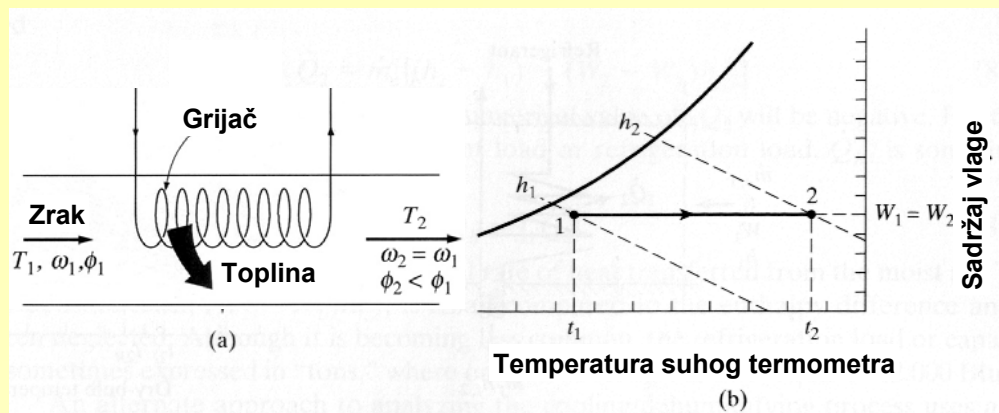
- osjetno grijanje:



- sadržaj vlage ostaje nepromijenjen, dok temperatura raste - grijanje (ili pada - hlađenje) i time se mijenja relativna vlažnost

$$\dot{Q}_{1-2} = \dot{m}_a (h_2 - h_1) \quad [\text{kW}]$$

$$h_2 - h_1 = 1.01(t_2 - t_1) \quad [\text{kJ/kg}_{\text{SZ}}]$$



Grijač

- Dimenzioniranje grijača kada su poznati toplinski gubici Q_G :

$$\dot{Q}_{GR} = \dot{Q}_G + \dot{Q}_{VZ} \quad [\text{W}]$$

- toplina potrebna za zagrijavanje vanjskog zraka na temperaturu prostorije izračunava se iz izraza:

$$\dot{Q}_{VZ} = \dot{V}_{VZ} \rho c_p (t_i - t_o) \quad [\text{W}]$$

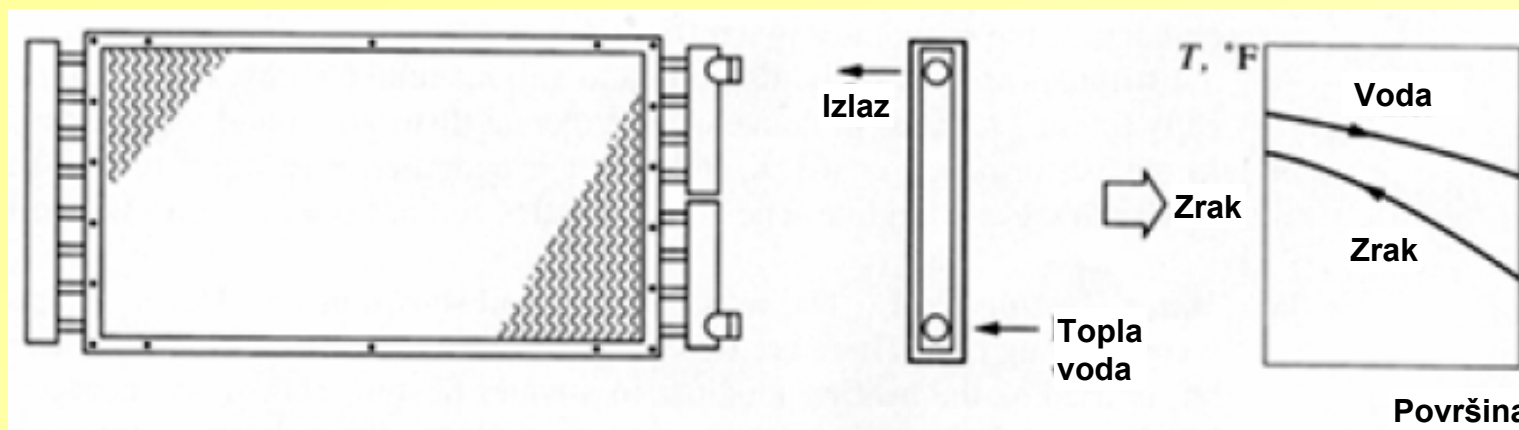
- grijač se odabire iz kataloga proizvođača.
- dimenzioniranje grijača kod proračuna izmjenjivača:

$$\dot{Q}_{GR} = UA \Delta t_m \quad [\text{W}]$$

Srednja logaritamska
temperaturna razlika

Grijač

- Izmjenjivač voda-zrak:

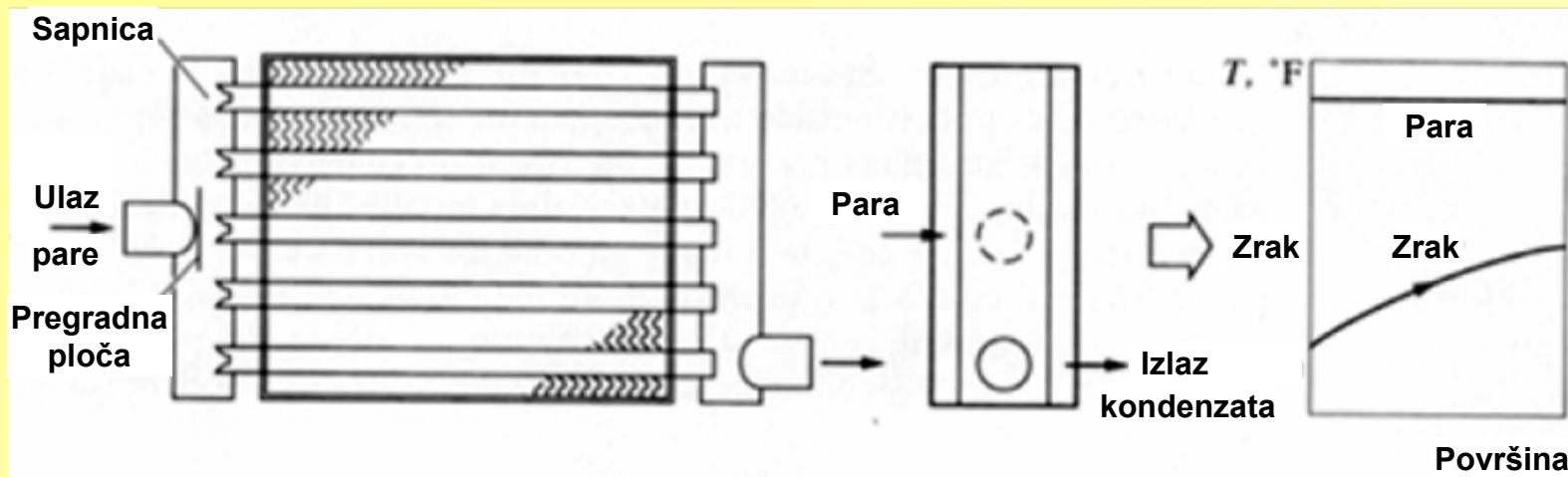


- uglavnom su napravljeni od standardnih materijala – bakrene cijevi i aluminijska rebra/lamele.

- najčešće su cijevi vodoravne da bi se izbjegli zračni džepovi. U slučaju kada su izmjenjivači izloženi smrzavanju, treba uzeti u obzir i mogućnost ispuštanja tekućine, što se odnosi i na grijače u kojima cirkulira ogrijevni medij s glikolom.

Grijač

- Izmjenjivač para-zrak:



- za vodoravno strujanje zraka, cijevi s parom mogu biti vodoravne ili okomite.
- u osnovnom rasporedu, ulaz pare je na jednom kraju izmjenjivača, a cijevi imaju nagib prema izlazu kondenzata, koji je najčešće na suprotnom kraju.
- kada je temperatura zraka na ulazu $\leq 0^{\circ}\text{C}$, dovod pare se ne bi smio modulirati nego biti potpuno otvoren ili potpuno zatvoren. U uvjetima djelomičnog opterećenja, dio zraka se može voditi premosnicom oko parnog izmjenjivača uz puni protok pare kroz izmjenjivač.

Grijač

Karakteristike izmjenjivača (ARI Standard 410):

Brzina nastrujavanja zraka. 1 do 8 m/s, uz gustoću zraka 1.2 kg/m³

Temperatura ulaznog zraka. Izmjenjivači para-zrak: – 29 do 38°C
Izmjenjivači voda-zrak: – 18 do 38°C

Tlak pare. 15 do 1700 kPa (pretlak) na ulazu pare u izmjenjivač (mora se uzeti u obzir pad tlaka na regulacijskom ventilu za paru)

Temperature fluida. Voda: 50 do 120°C
Etilen glikol: do 93°C

Brzina fluida. Voda: 0.2 do 2.4 m/s
Etilen glikol: 0.2 do 1.8 m/s

Grijač

Općeniti zahtjevi:

- uobičajena brzina nastrujavanja zraka (ispred izmjenjivača) je između 2.5 - 5 m/s.
- temperatura dobavnog zraka se kreće od oko 20°C za ventilaciju do najviše 65°C za grijanje.
- tlak pare se kreće od 15 do 100 kPa (pretlak), najčešće je 35 kPa (pretlak). Za sustave kod kojih je ulazna temperatura zraka ispod 0°C preporuča se minimalni pretlak pare od 35 kPa.
- brzine vode se kreću između 1.2 i 1.8 m/s. U uređajima s vrelom vodom, temperatura vode može dostići do 200°C pri radnim tlakovima od 100 do 170 kPa iznad temperature zasićenja vode.

Grijač

Općeniti zahtjevi (nastavak):

- količina vode se najčešće određuje na temelju pada temperature od 10 - 20 K prilikom prolaska kroz izmjenjivač.
- vrelovodni sustavi uglavnom imaju temperaturu vode između 130 i 200°C, s padom temperature kroz izmjenjivač do 80 K.
- otpor strujanju zraka se obično ograničava do 100 - 150 Pa za stambene i poslovne zgrade te na oko 250 Pa za industrijske zgrade.
- Izmjenjivači para-zrak se odabiru tako da brzina suhozasićene pare ne prelazi 30 m/s i s prihvatljivom količinom kondenzata unutar cijevi izmjenjivača, ovisno o tipu.

Hladnjak i odvlaživač

- projektno toplinsko opterećenje zgrade prema CLTD metodi:

Ukupno osjetno toplinsko opterećenje prostora u vremenu θ :

$$q_{s,\theta} = q_{ex-s,\theta} + q_{in-s,\theta} + q_{inf-s,\theta} \quad [W]$$

Ukupno latentno toplinsko opterećenje prostora u vremenu θ :

$$q_{l,\theta} = q_{in-l,\theta} + q_{inf-l,\theta} \quad [W]$$

UKUPNO TOPLINSKO OPTEREĆENJE PROSTORA U VREMENU θ

$$q_{T,\theta} = q_{s,\theta} + q_{l,\theta} \quad [W]$$

Hladnjak i odvlaživač

- s izračunatim toplinskim opterećenjem moguće je dimenzionirati sustav hlađenja. Volumenski protok struje dobavnog zraka:

$$\dot{V}_{AC} = \frac{q_{s,\max}}{\rho c_p \Delta t_{AC}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Sadržaj vlage struje dobavnog zraka:

$$x_s = x_r - \frac{q_{l,\max}}{\rho r_0 \dot{V}_{AC}} \quad [\text{kg}_w/\text{kg}_{sz}]$$

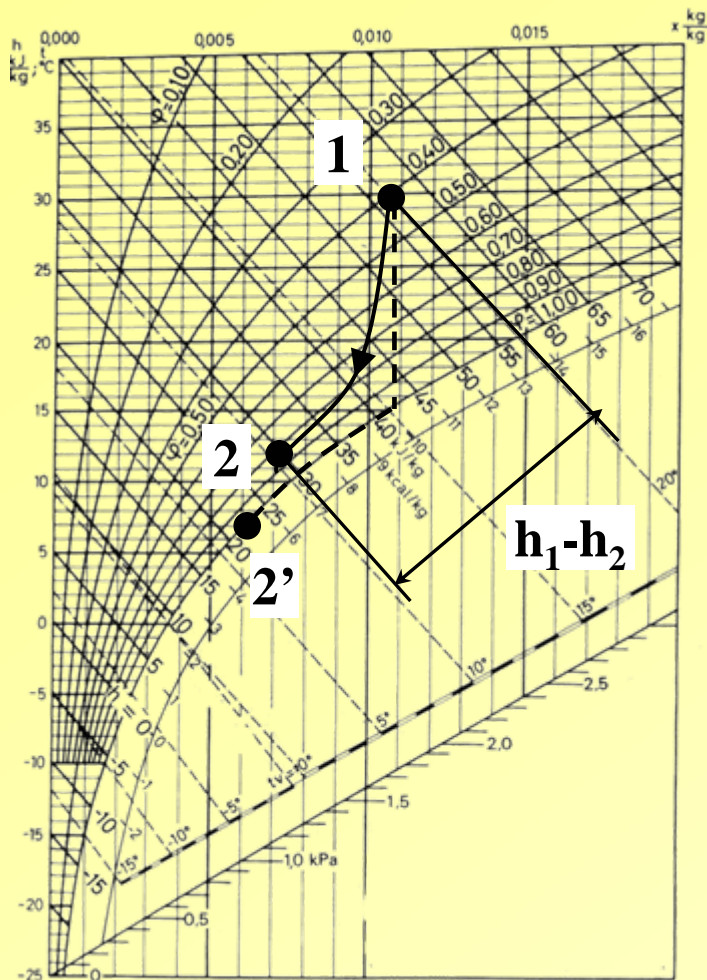
$q_{s,\max}$ – osjetno toplinsko opterećenje prostora pri maksimalnom ukupnom toplinskom opterećenju [W]

$q_{l,\max}$ – latentno toplinsko opterećenje prostora pri maksimalnom ukupnom toplinskom opterećenju [W]

Δt_{AC} – temperaturna razlika između dobavnog zraka i zraka u prostoriji u ljetnom periodu – odabire se 3 – 8 (10)°C za komforne sustave pripreme zraka.

Hladnjak i odvlaživač

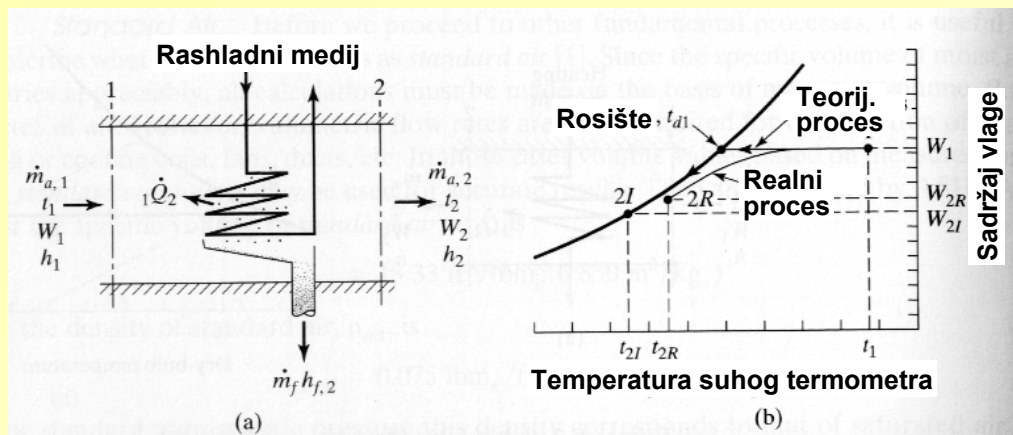
- hlađenje i odvlaživanje:



- sniženje temperature i sadržaja vlage:

$$\dot{Q}_{1-2} = \dot{m}_a (h_1 - h_2) \quad [\text{kW}]$$

- položaj točke 2 se određuje grafički
 - teorijska točka 2' se može očitati iz tablice za liniju zasićenja



Hladnjak i odvlaživač

- dimenzioniranje izmjenjivača kada su poznata osjetna i latentna toplinska opterećenja:

$$\dot{Q}_{HL} = \dot{Q}_{T,H} + \dot{Q}_{VZ} + \dot{Q}_{VEN} \quad [\text{W}]$$

- ohlađivanje vanjskog zraka na temperaturu prostorije se izračunava iz izraza:

$$\dot{Q}_{VZ} = \dot{V}_{VZ} \rho (h_o - h_i) \quad [\text{W}]$$

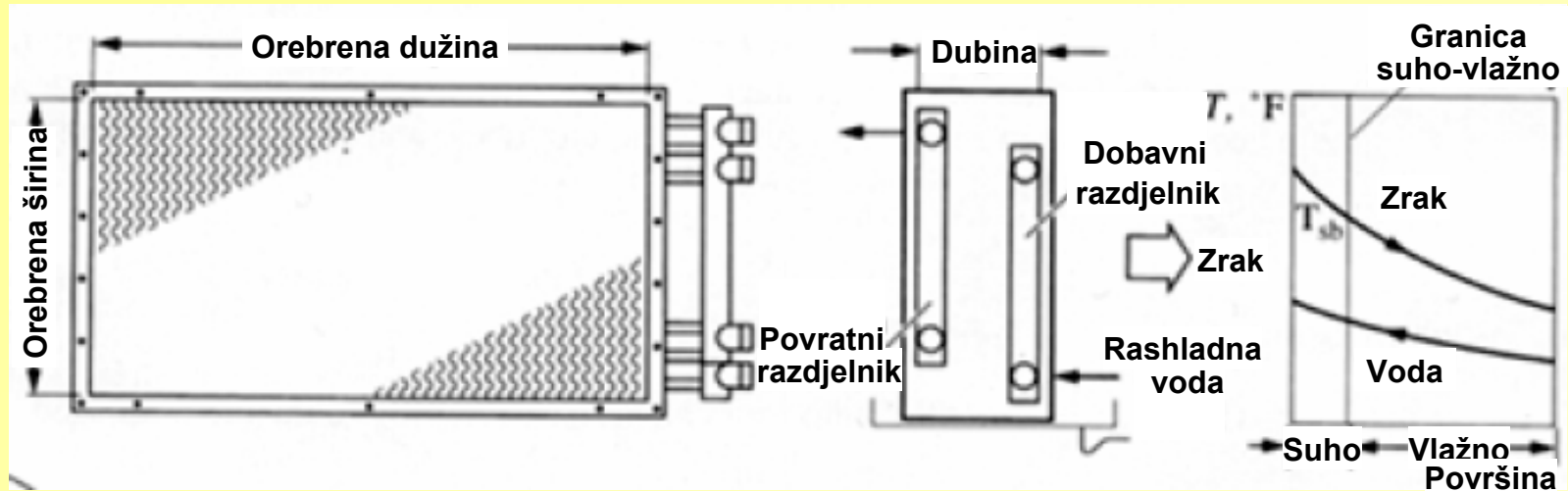
- zagrijavanje zraka ventilatorom (osjetno hlađenje):

$$\dot{Q}_{VEN} = \frac{\Delta p_T \dot{V}_{AC}}{\eta_{VEN}} \quad [\text{W}]$$

- izmjenjivač se odabire iz kataloga proizvođača.

Hladnjak i odvlaživač

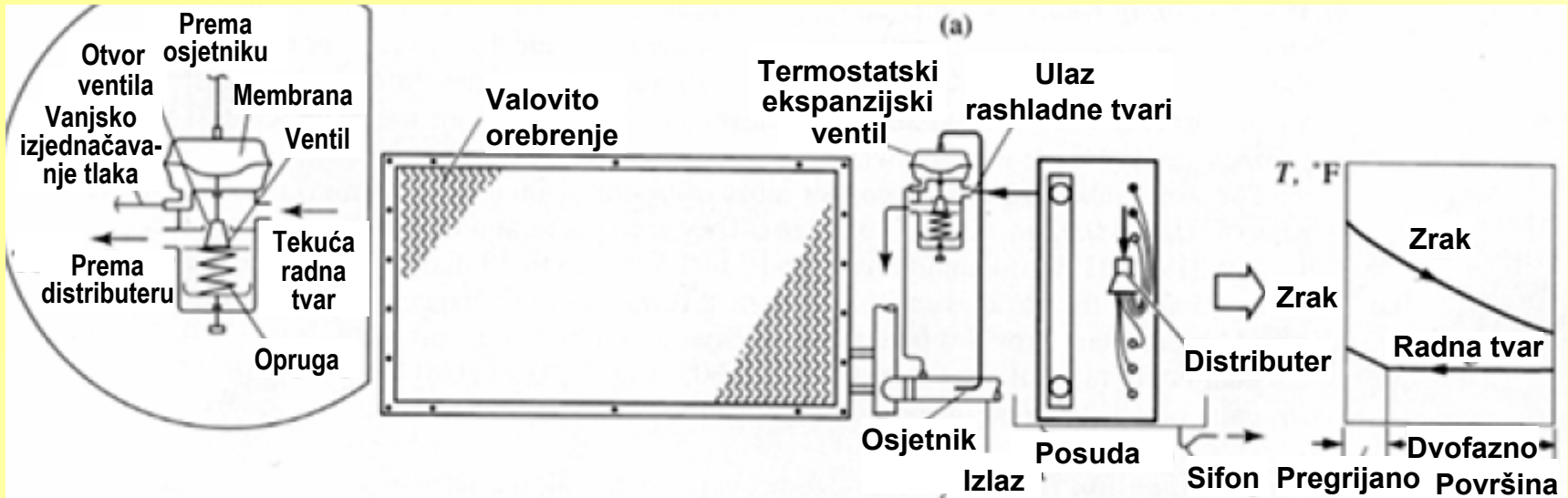
- izmjenjivač voda-zrak:



- uglavnom se koriste bakrene cijevi s aluminijskim orebrenjem, iako ima i izmjenjivača s bakrenim orebrenjem.
- vanjski promjeri cijevi su do 25 mm, s rebrima/lamelama na razmaku od 1.4 do 6.4 mm. Razmak između cijevi se kreće od 15 do 75 mm kod "šahovskog" (naizmjeničnog, "cik-cak") ili rednog (linijskog) rasporeda cijevi, ovisno o širini rebara i ostalim pogonskim uvjetima.

Hladnjak i odvlaživač

- izmjenjivač s direktnom ekspanzijom – direktni isparivač (DX):



- Termostatski ekspanzijski ventil (TXV) se koristi za automatsku regulaciju protoka radne tvari prema izmjenjivaču u direktnoj ovisnosti o količini isparavanja radne tvari te time održava optimalan rad izmjenjivača u širokom rasponu pogonskih uvjeta.

- da bi se osigurala približno jednolika distribucija radne tvari kroz više redova cijevi, postavlja se distributer između TXV i ulaza u izmjenjivač kako bi se radna tvar razdijelila jednoliko između cirkulacijskih krugova u izmjenjivaču.

Hladnjak i odvlaživač

- Direktni isparivač:
- najčešće korištene radne tvari:
HFC-134a, HFC-407C ili HFC-410A
- temperature isparavanja $> 0^{\circ}\text{C}$ u tehnici klimatizacije.
- pregrijanje na izlazu iz izmjenjivača se kontinuirano održava unutar zadanih granica od 3 do 6 K.
- temperatura zraka na izlazu iz izmjenjivača je obično oko 7 do 10 K veća od temperature isparavanja.



Hladnjak i odvlaživač

Karakteristike i učinak

- Temperatura suhog termometra ulaznog zraka: 18 do 38°C
Temperatura vlažnog termometra ulaznog zraka: 15 do 30°C
- Brzina nastrujavanja zraka: 1 do 4 m/s
- Temperatura zasićenja radne tvari direktnog isparivača: -1 do 13°C na izlazu izmjenjivača
- Ulazna temperatura rashladne vode u izmjenjivač: 2 do 18°C
- Brzina vode: 0.3 do 2.4 m/s
- Za hladnu otopinu etilen glikola: 0.3 do 1.8 m/s, 18 do 32°C ulazna temperatura suhog termometra, 15 do 27°C ulazna temperatura vlažnog termometra, 10 do 60% masena koncentracija glikola u vodenoj otopini.

Hladnjak i odvlaživač

Karakteristike i učinak (nastavak)

- omjer osjetne i ukupne topline odvedene odvlaživanjem na strani zraka u praksi se mijenja od oko 0.6 do 1.0 (osjetna toplina je od 60 do 100% ukupne, ovisno o primjeni).
- odvlaživači za komfornu primjenu se često odabiru s brzinom nastrujavanja zraka od 2.0 do 2.5 m/s (ograničenje radi sprječavanja prijenosa vodenih kapljica niz klima jedinicu i zračne kanale).
- učinak izmjenjivača daje pregrijanu radnu tvar za 3 do 6 K za odgovarajuću bilancu pri 7°C zasićenog usisa.
- pri tom bi, za izmjenjivače voda-zrak, cirkulacijski krug vode radio pri 1.2 m/s, s temperaturom polazne vode od 5.5°C, i porastom temperature od 6.7 K.
- iza hladnjaka ugrađuje se eliminator kapljica radi sprječavanja prijenosa vodenih kapljica niz struju zraka.

Ovlaživač

- učinak ovlaživanja je količina vode/vodene pare koju je potrebno ovlaživačem predati zraku kako bi se održavala određena relativna vlažnost zraka u prostoru. Primarno ovisi o količini vanjskog zraka koji ulazi u prostor prirodnom infiltracijom ili se ubacuje mehaničkom ventilacijom.
- moraju se uzeti u obzir i ostali izvori vlage unutar prostora. Dobici vlage u prostoru (unutarnji) uključuju latentno opterećenje od osoba, uređaja, opreme i proizvoda (tehnologije).

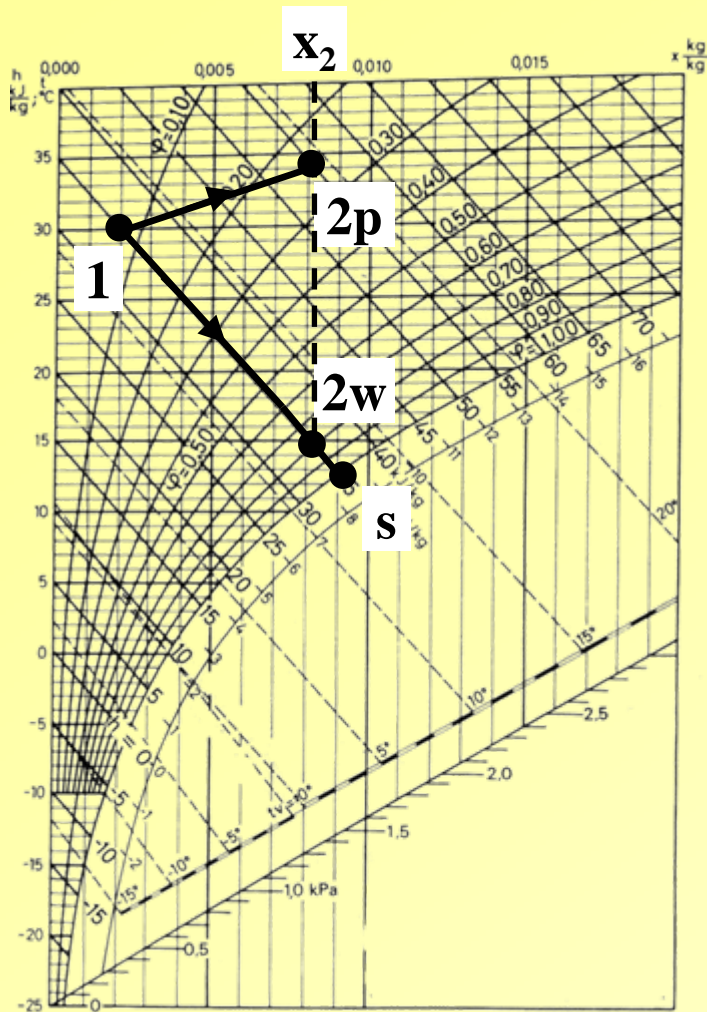
$$\dot{m}_h = (\dot{V}_{VZ} + \dot{V}_{inf}) \rho_o (x_i - x_o) - \dot{m}_{w,i} \quad [\text{kg/s}]$$

Unutarnji izvori vlage

- kada se vanjski zrak s niskim sadržajem vlage x_o uvodi u GViK sustav (u zimskom režimu), sadržaj vlage dobavnog zraka treba biti oko 4 do 8 $\text{g}_w/\text{kg}_{sz}$ iznad te vrijednosti.

Ovlaživač

- Ovlaživanje ubrizgavanjem vode (kapljevine ili pare):



- voda:

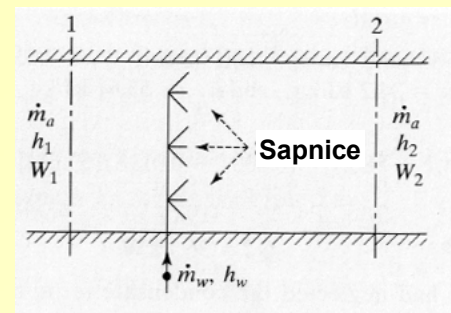
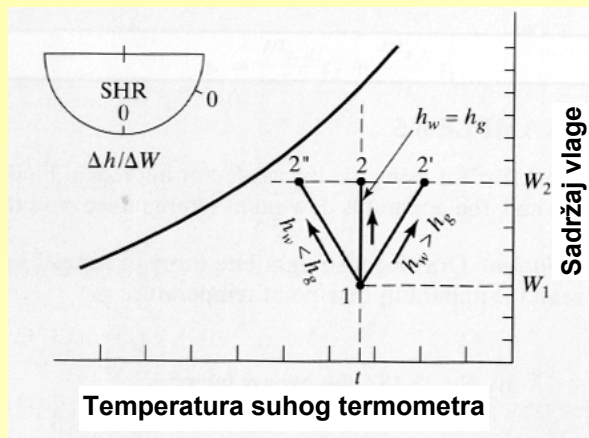
$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (x_2 - x_1)$$

$$\frac{dh}{dx} = h_w = c_w t_w = \frac{h_{2w} - h_1}{x_2 - x_1}$$

- vodena para: $\dot{m}_p = \dot{m}_a (x_2 - x_1)$

iz tablica za zasićenu paru [kJ/kg]

$$\frac{dh}{dx} = h_p = \frac{h_{2p} - h_1}{x_2 - x_1}$$

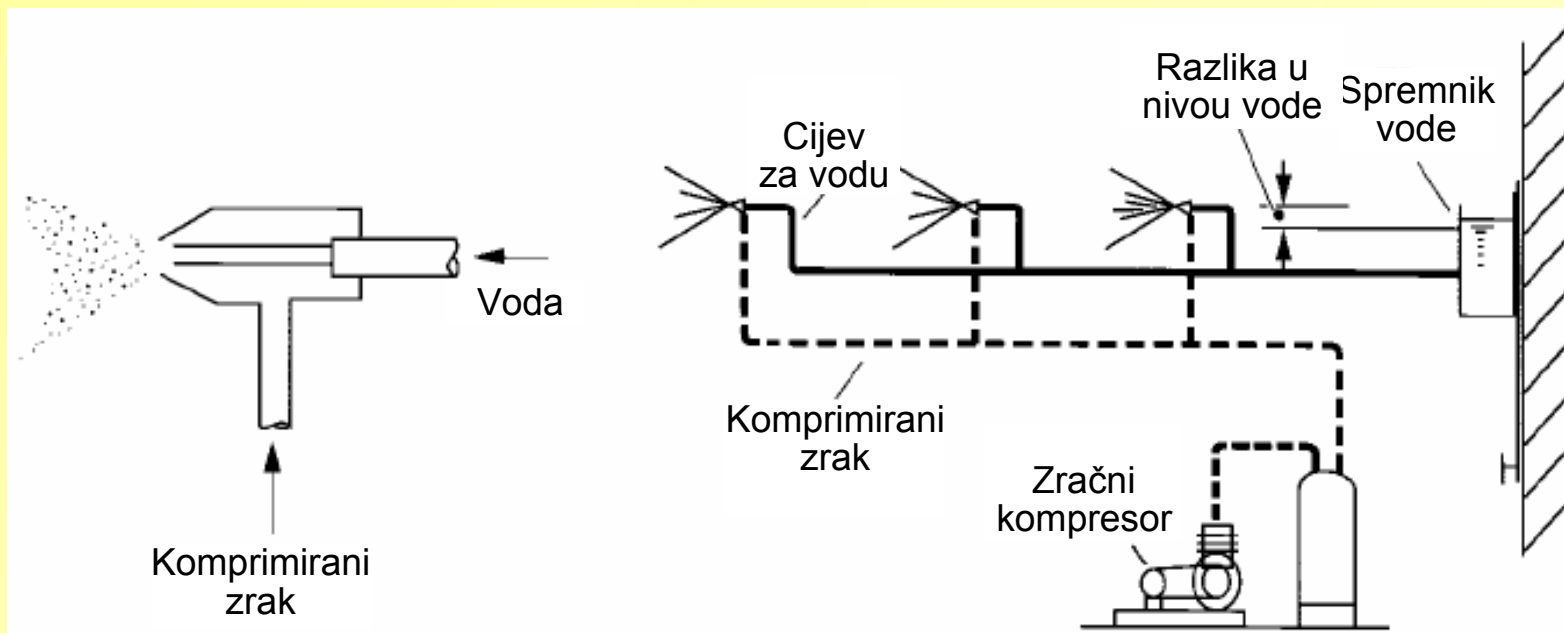


Ovlaživač

- Ovlaživanje vodom:

1. Ovlaživač s raspršivanjem

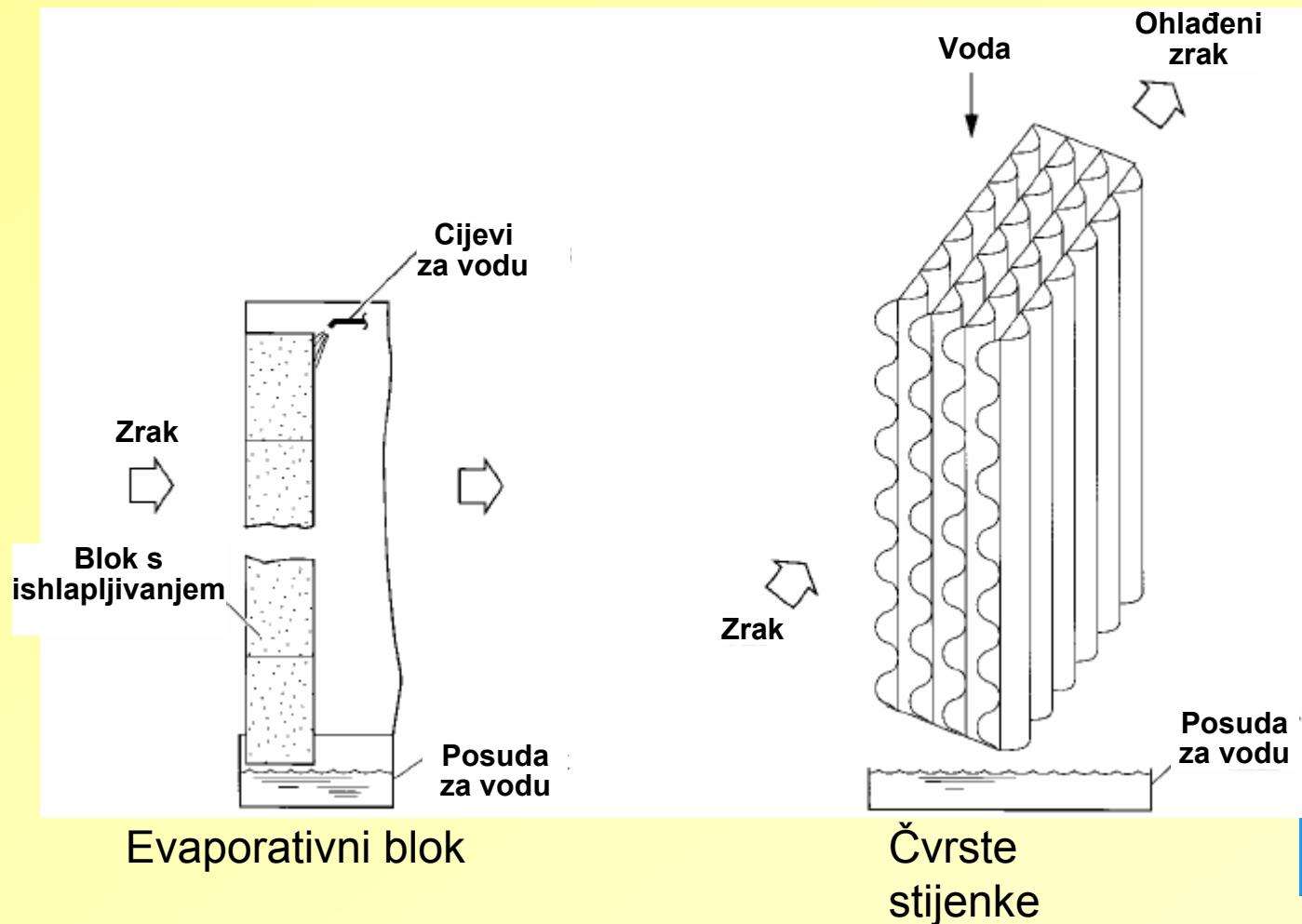
- centrifugalni (brzorotirajući disk)
- sapnice za raspršivanje (komprimirani zrak, voda pod tlakom)
- ultrazvučne vibracije



Ovlaživač

- Ovlaživanje vodom:

2. Ovlaživač s vlažnim medijem



Ovlaživač

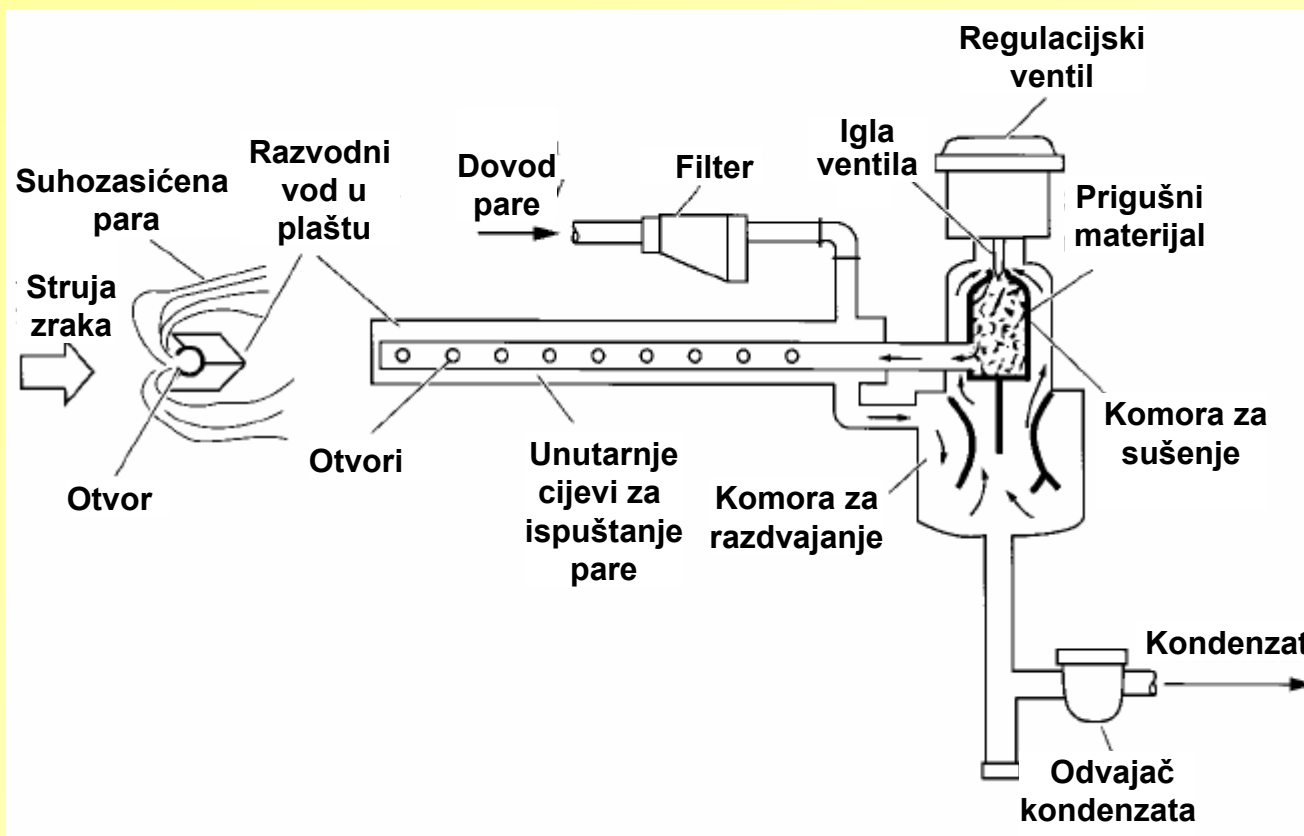
- Ovlaživanje vodom:
- u pravilu se projektira za brzine zraka između 2 i 4 m/s kroz površinu presjeka sa sapnicama za vodu.
- uobičajena dužina sekcije ovlaživača je 1.5 do 3 m.
- veličina vodenih kapljica je do 100 μm .
- iza ovlaživača vodom ugrađuje se eliminator kapljica radi sprječavanja prijenosa vodenih kapljica niz struju zraka.
- ukupni pad tlaka struje zraka pri prolazu kroz ovlaživač uglavnom ovisi o obliku eliminатора kapljica i brzini struje zraka kroz njih. Vrijednosti se kreću između 65 i 250 Pa, a najčešće je oko 125 Pa.
- za ovlaživanje i evaporativno hlađenje, omjer toplinskih kapaciteta vode i zraka je u pravilu $(m_w c_w)/(m_a c_a) = 0.3 - 0.6$. Za 1.5 m dugu sekciju sa $(m_w c_w)/(m_a c_a) = 0.45$, to znači 0.5 L/s vode po 1000 L/s zraka, uz $\epsilon_{zas} = 0.85$ do 0.9.

Ovlaživač

- Ovlaživanje parom:

1. S direktnim ubrizgavanjem pare

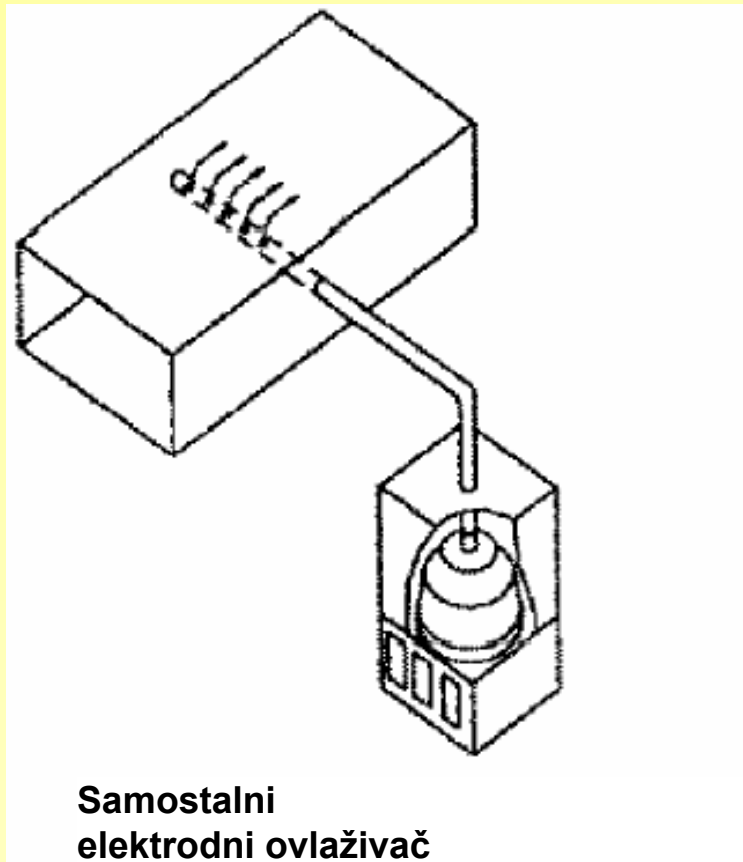
- s razvodnim kopljem pare u struji zraka



Ovlaživač

- Ovlaživanje parom:

2. Samostalan (vlastito generiranje pare), električno grijani
- elektrodnog ili otporničkog tipa

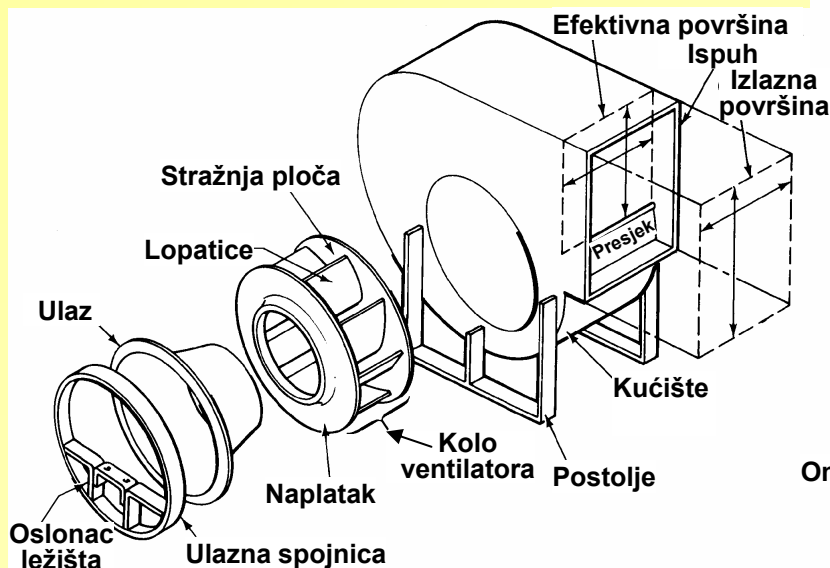


Ovlaživač

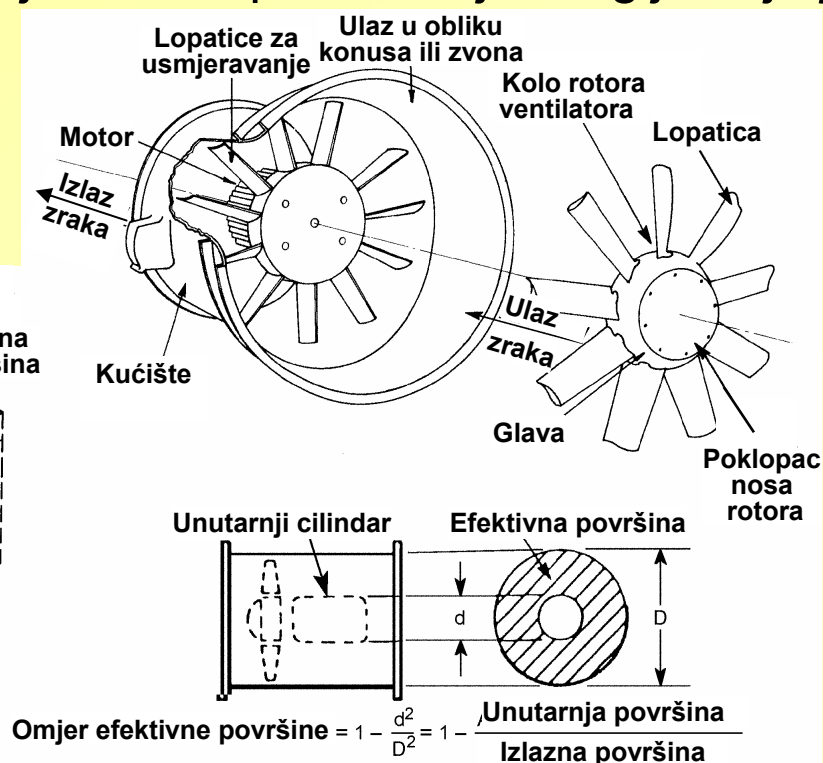
- Ovlaživanje parom:
- temperatura okolišnjeg zraka ili struje zraka u koju je dodana vlaga ostaje približno nepromjenjena.
- kod direktnog ubrizgavanja pare, izvor pare je najčešće niskotlačni parni kotao u kotlovnici.
- kapacitet se uglavnom regulira mikroprocesorskim regulatorom koji pomiče iglu regulacijskog ventila prema signalu osjetnika vlage, odnosno određuje protok pare.
- preciznost regulacije vlage kod standardnih ovlaživača je ± 5 do 7% za on/off regulaciju i ± 3 do 5% za modulirajuću regulaciju.
- ovlaživač mora biti ugrađen na mjesto gdje zrak može apsorbirati ispuštenu paru prije nego ona dođe u dodir sa ostalim elementima sustava, poput izmjenjivača ili zaklopki. U suprotnom može doći do kondenzacije u kanalskom razvodu.

Ventilator

- povećanje statičkog tlaka zraka se postiže pretvorbom dinamičkog u statički tlak.
- ukupni porast tlaka na ventilatoru je stvarni pokazatelj energije koju je ventilator predao struji zraka.



Centrifugalni ventilator



Aksijalni ventilator

Ventilator

Pad tlaka u zračnom sustavu

- ukupni pad tlaka:

$$\Delta p_T = \Delta p_F + \Delta p_L \quad [\text{Pa}]$$

- gubici trenja uslijed površinske hrapavosti unutarnjih stijenki kanala:

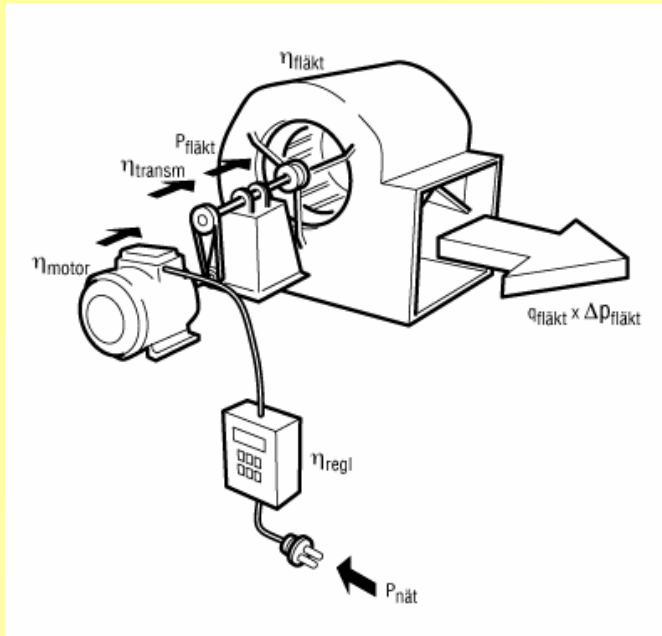
$$\Delta p_F = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho w^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

- lokalni gubici u dijelovima sustava poput komponenata klima jedinice, ulaza, izlaza, zaklopki, koljena, T-spojeva... :

$$\Delta p_L = \zeta \frac{\rho w^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

Ventilator

- ventilator – komponenta sustava pripreme zraka koja dobavlja i odsisava zrak za ventilaciju prostora.



- povećanje tlaka na ventilatoru:

$$\Delta p_{VENT} = \Delta p_{STAT} + \Delta p_{DIN} \geq \Delta p_{INT} + \Delta p_{EXT}$$

- potrošnja električne energije za pogon ventilatora:

$$P_{EL} = \frac{\dot{V}_{KL} \Delta p_{VENT}}{\underbrace{\eta_{VENT} \cdot \eta_{TRANSM} \cdot \eta_{MOT} \cdot \eta_{REG}}_{\eta_{TOT}}} \quad [W]$$

η_{TOT}
0,3 - 0,8

- zagrijavanje struje zraka od ventilatora:

$$\Delta t \approx \frac{\Delta p_{VENT}}{\rho c_p \eta_{TOT}} \quad [^{\circ}C]$$

Ventilator

- odabir:

Tlak i volumenski protok – pogonske karakteristike. Vrlo važan je pravilan odabir ventilatora koji će osigurati traženi protok i kompenzirati ukupni pad tlaka zračnog sustava ili sustava ventilacije. Poddimensionirani ventilator ne može osiguravati uvjete ugodnosti u prostoru.

Predimensionirani ventilator rasipa energiju i novac.

Moduliranje učinka ventilatora. Pri djelomičnom opterećenju, sustavi s promjenjivim volumenom zraka rade sa smanjenim protokom. Učinkovito i ekonomično podešavanje snage ventilatora je važan čimbenik koji utječe na pogon zračnog sustava.

Iskorištenje ventilatora. Iskorištenje ventilatora je usko povezano s potrošnjom energije u zračnom sustavu. Ventilator treba izabrati tako da radi s visokom iskoristivošću najveći mogući dio vremena pogona.

Ventilator

- odabir (nastavak):

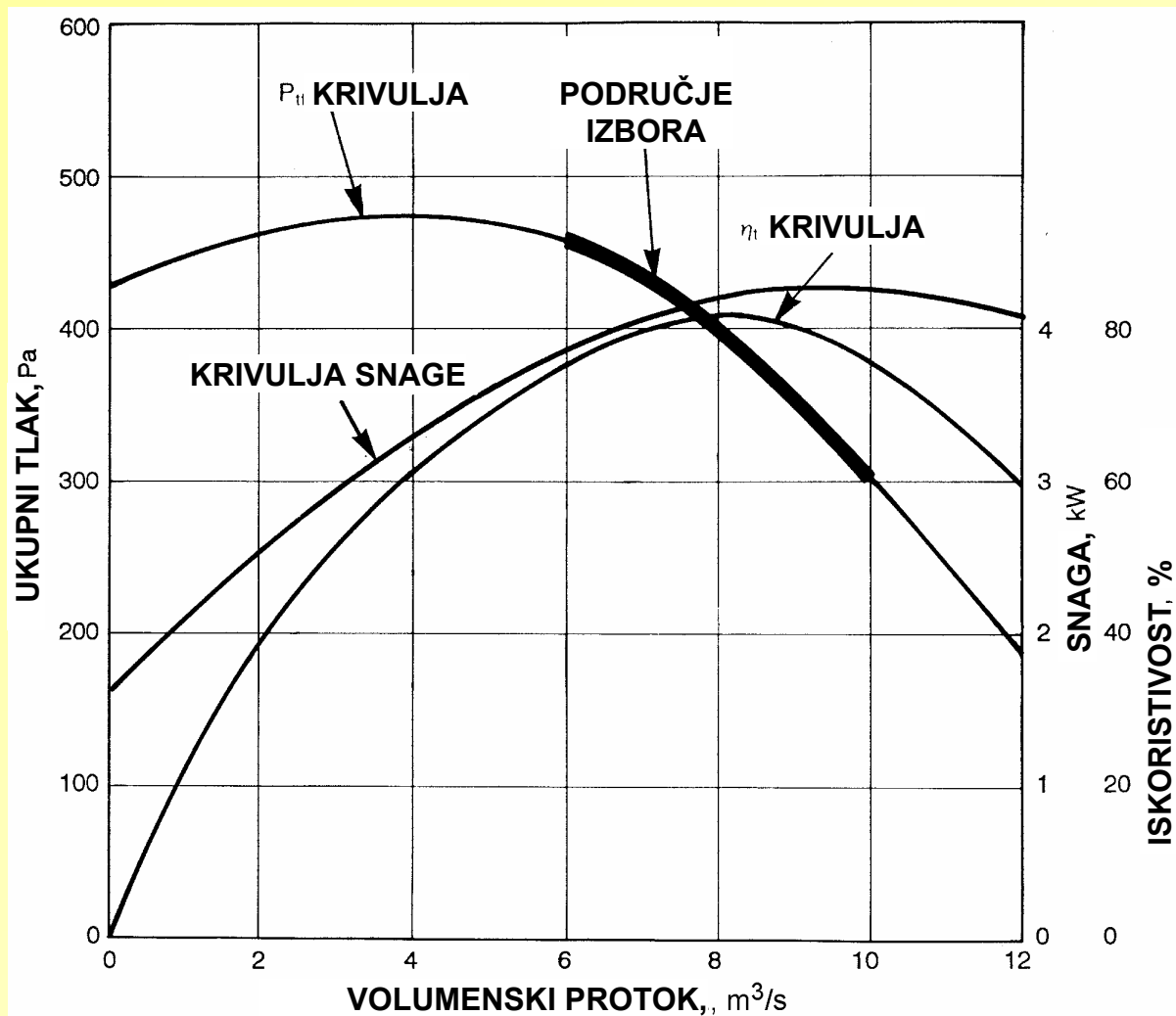
Razina buke. U većini poslovnih i javnih zgrada te za mnoge industrijske primjene potrebno je tiho unutarnje okruženje. Ventilatori su izvor buke u zračnim sustavima. Obično ventilatori s većom ukupnom iskoristivošću proizvode nižu razinu buke. Zvukovi visokih frekvencija se lakše prigušuju od niskofrekventnih zvukova.

Smjer strujanja zraka. Kod mnogih primjena, jednosmjerno ili linijsko strujanje zauzima manje prostora i pojednostavljuje raspored opreme.

Investicijski troškovi. Uz cijenu samog ventilatora treba uzeti u obzir i investicijske troškove uređaja za moduliranje učinka ventilatora, prigušivača buke te potreban prostor za smještaj pojedinog tipa ventilatora.

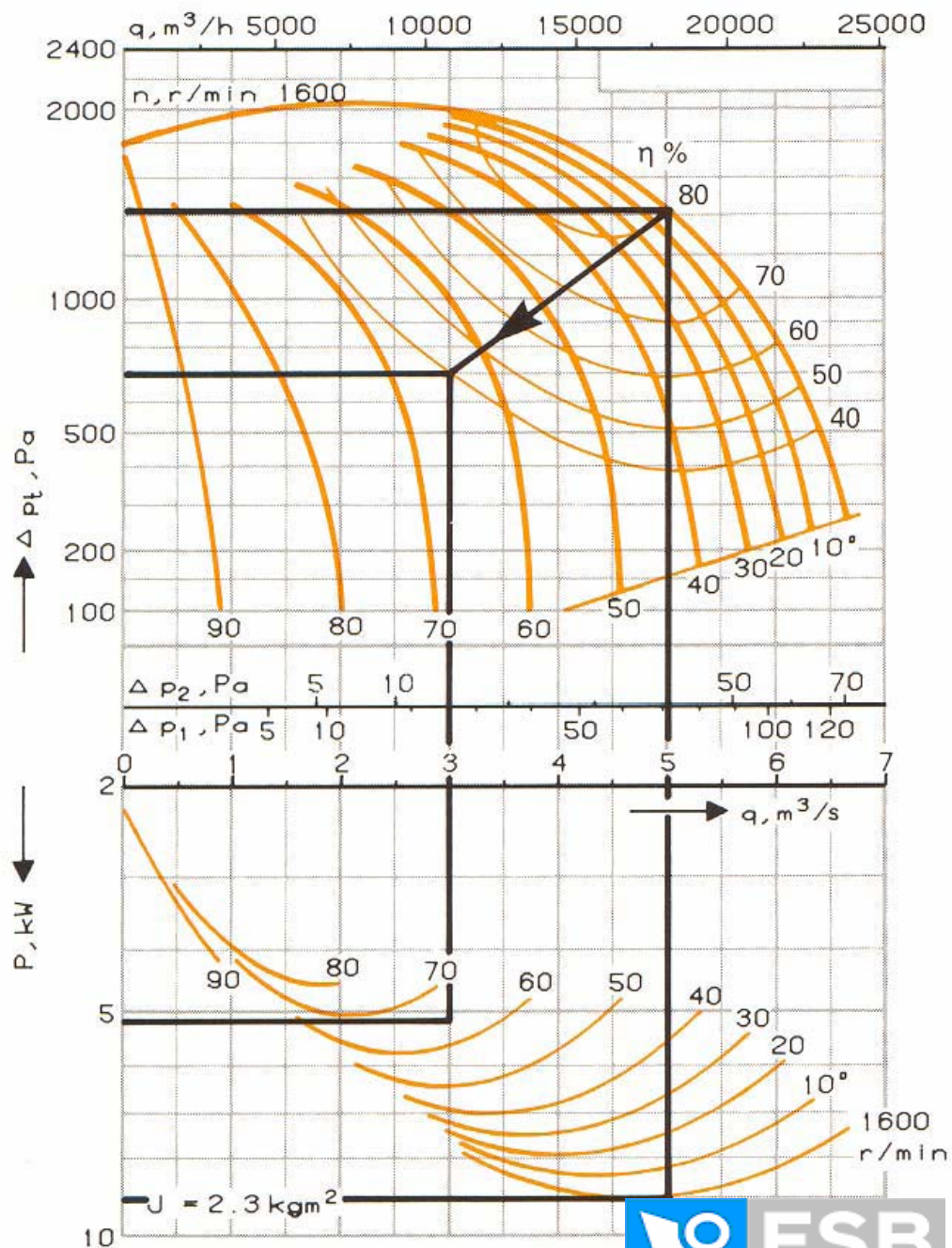
Ventilator

- ventilator se odabire prema zahtjevima sustava pripreme zraka.
- odabir se vrši iz tabličnih ili grafičkih podataka proizvođača.
- optimalan izbor je u području najviše iskoristivosti.



Ventilator

- komercijalni dijagram za odabir ventilatora – primjer
- karakterstike tlaka ventilatora moraju odgovarati karakteristikama tlaka u sustavu
- treba vrednovati sustav u cjelini i moraju biti poznati potrebni protoci, otpori i čimbenici koji utječu na sustav na ulazu i izlazu ventilatora.
- kanali trebaju biti povezani s ventilatorom jedrenim platnom ili drugim fleksibilnim materijalom.
- od proizvođača bi trebalo dobiti podatke o razini buke.



Automatska regulacija

- automatska regulacija u GViK sustavima se koristi za:
 - osiguravanje toplinske ugodnosti ili drugih uvjeta neophodnih za odvijanje proizvodnog procesa
 - zaštita od nepotrebnih kvarova ili oštećenja sustava
 - upravljanje pogonom (uklj./isklj., moduliranje) i odabir parametara od strane korisnika.
- GViK sustav obično uključuje regulaciju:
 - temperature
 - relativne vlažnosti
 - tlaka
 - protoka.

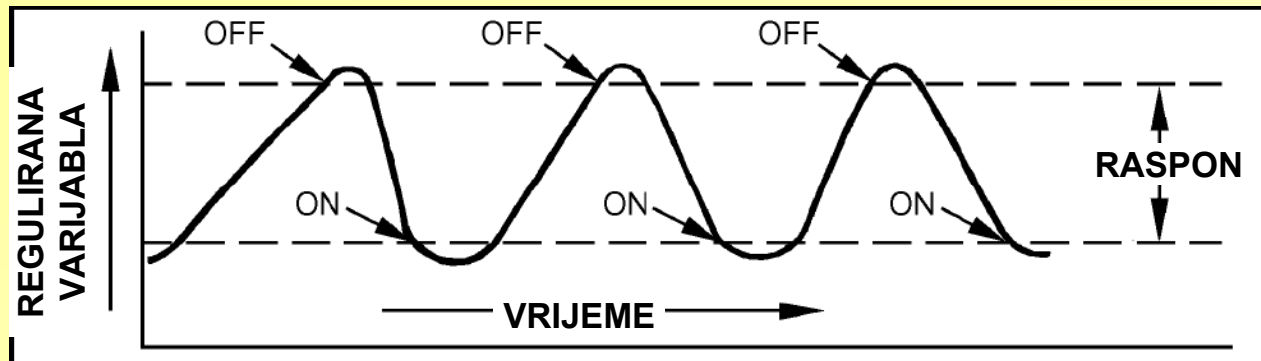
Automatska regulacija

- regulacijsko djelovanje:

1. Dvopoložajno djelovanje (uklj./isklj., nisko/visoko)

- tipičan primjer – termostat koji pokreće i zaustavlja uređaj

- regulacijski raspon u dvopoložajnom regulacijskom djelovanju, je razlika između uvjeta pri kojima regulator prelazi u jedan položaj i uvjeta pri kojima prelazi u drugi.



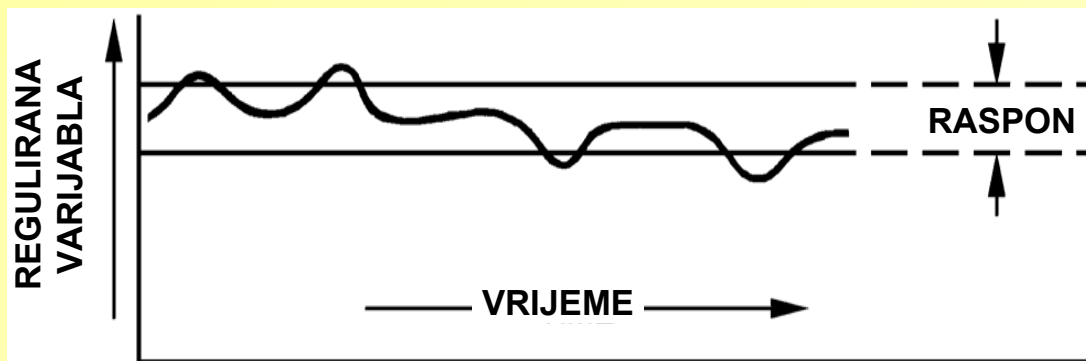
Automatska regulacija

- regulacijsko djelovanje (nastavak):

2. Plutajuće (eng. *floating*) djelovanje

- regulator može izvoditi samo dvije radnje - pomicanje upravljanog uređaja ili prema otvorenom ili prema zatvorenom položaju, najčešće konstantnom brzinom.

- neutralno područje između ta dva položaja omogućuje upravljanoj uređaju da se zaustavi u bilo kojem položaju kada se regulirana varijabla nalazi unutar regulacijskog raspona.



Automatska regulacija

- regulacijsko djelovanje (nastavak):

3. Modulirajuće djelovanje

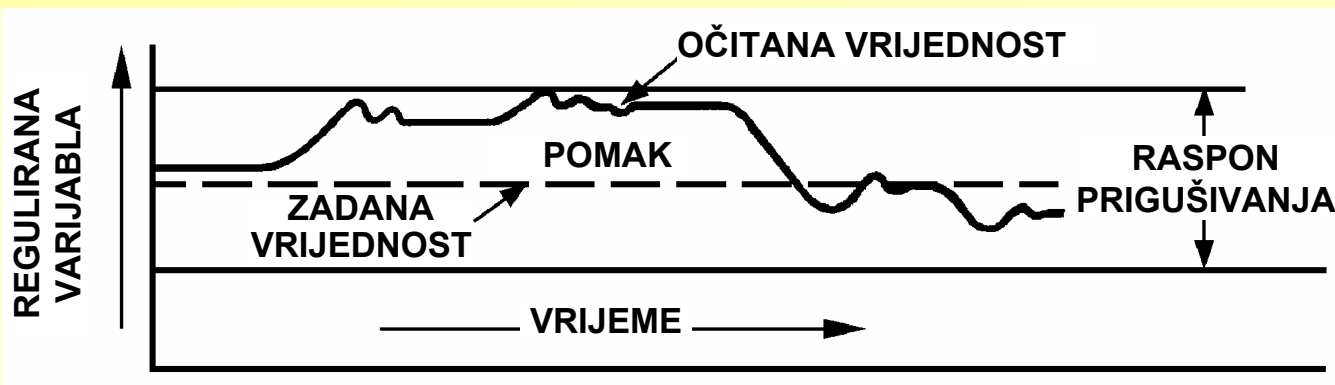
- izlaz iz regulatora može beskonačno varirati nad rasponom upravljačke jedinice.

- 3 osnovna načina:

a) Proporcionalni (P)

- upravljani uređaj je u proporcionalnom položaju u odnosu na promjenu regulirane varijable.

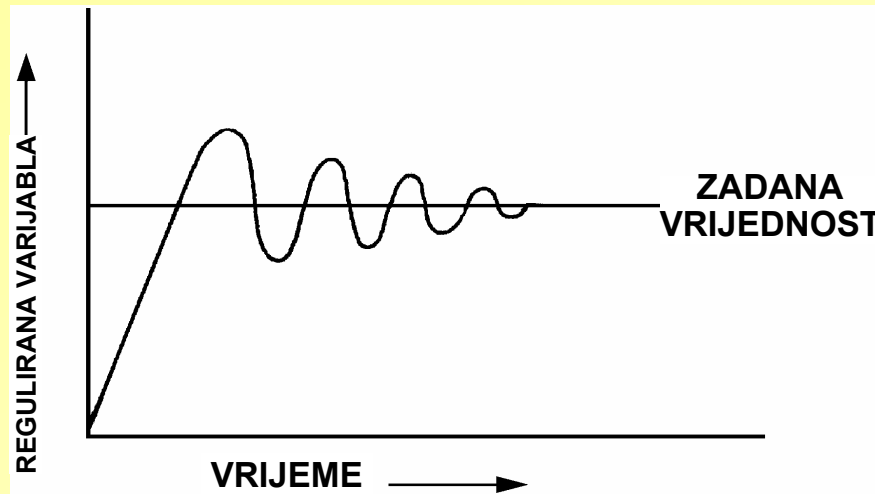
- izlazni signal iz regulatora je proporcionalan razlici vrijednosti izmjerene osjetnikom, regulirane varijable i njene zadane vrijednosti.



Automatska regulacija

b) Proporcionalno-Integralni (PI)

- dodavanje druge komponente u proces regulacije da bi se eliminiralo pomak uobičajen kod proporcionalne regulacije.
- povećava stabilnost i eliminira pomak, omogućujući veću pouzdanost regulacije. PI regulacija može poboljšati energetska učinkovitost u primjeni GViK sustava.



c) Proporcionalno-Integralno-Derivacijski (PID)

- regulacija s derivacijskim članom dodanim u regulator koji se mijenja s vrijednostima derivacije pogreške.
- brži odziv i veća stabilnost, ali osjetljiviji na šumove i složeniji za ugoditi od PI.

Automatska regulacija

- regulacijsko djelovanje (nastavak):

4. Fuzzy logika

- alternativa tradicionalnim regulacijskim algoritmima.
- regulator koristi niz “if-then” (“ako-onda”) petlji koje simuliraju način na koji bi čovjek mogao upravljati procesima.
- “fuzzy” element se uvodi kada se funkcije preklapaju i temperatura prostorije je npr. 70% previsoka, a 30% u redu.
- primjer:

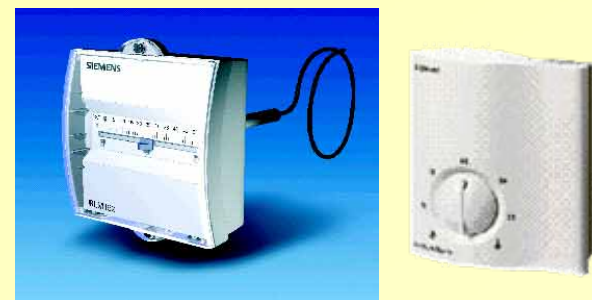
IF (Ako) je temperatura prostorije visoka AND (i) brzina promjene se smanjuje, THEN (onda) treba malo pojačati hlađenje.

ili

IF (Ako) je temperatura prostorije visoka AND (i) brzina promjene se povećava, THEN (onda) treba jako pojačati hlađenje.

Automatska regulacija

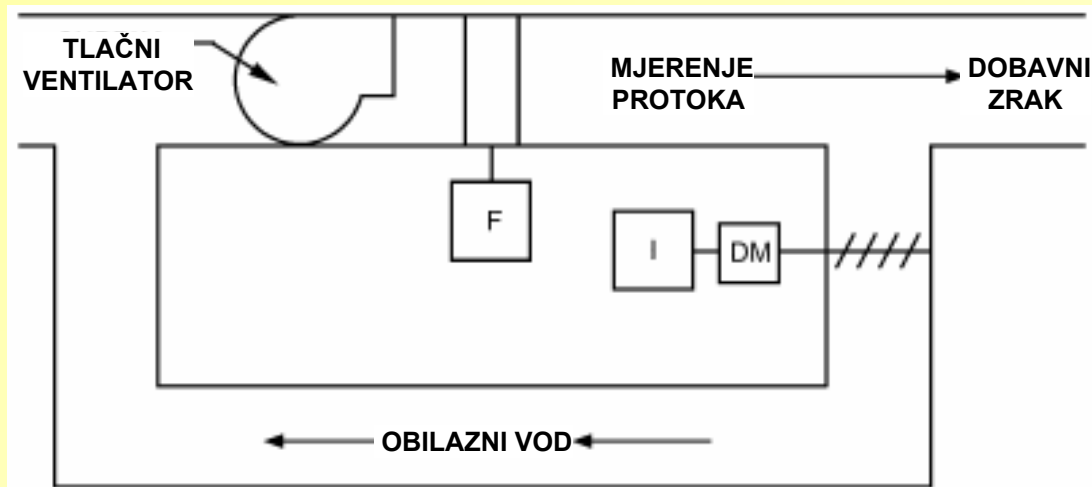
- osjetnici:
- uređaji koji reagiraju na promjene regulirane varijable. Iz njih se signal šalje u regulator.
- Temperaturni osjetnici
- Osjetnici vlažnosti zraka
- Odašiljači i mjerni pretvarači za tlak
- Protokomjeri
- Osjetnici koncentracije (CO, CO₂,...)
- Osjetnici snage i prijenosa



Automatska regulacija - GViK

Regulacija ventilatora:

- najefikasniji način promjene kapaciteta ventilatora je promjena brzine vrtnje.
- pogoni s frekvencijskom regulacijom su u širokoj primjeni.
- aksijalni ventilatori se mogu regulirati promjenom nagiba lopatica.
- zaklopkama i kanalima se dio zraka može jednostavno vratiti obilaznim vodom od tlačne na usisnu stranu ventilatora. Obilazni vod ne mijenja kapacitet ventilatora, ali omogućava prilagođavanje sustava ventilacije promjenama protoka u distribucijskom sustavu bez nestabilnosti u radu ventilatora.



Automatska regulacija - GViK

Regulacija ventilatora:

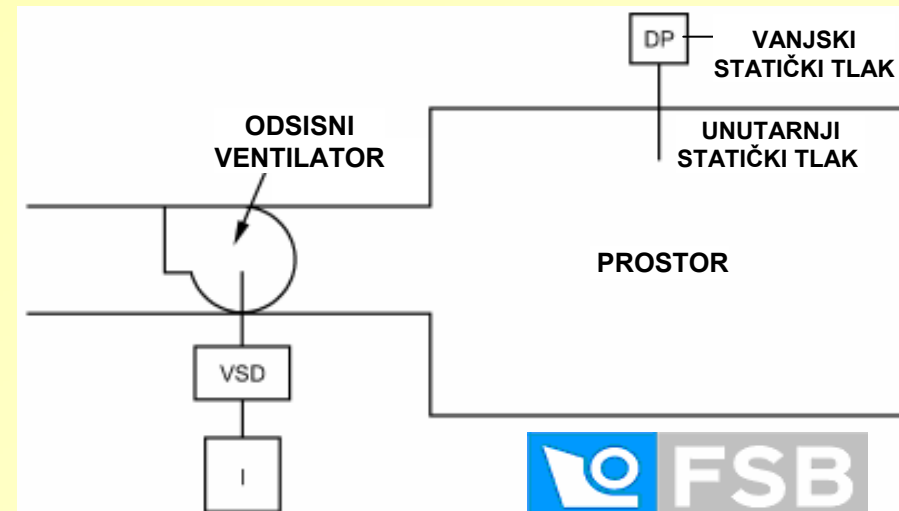
- **Regulacija preko razlike statičkog tlaka** se koristi za održavanje tlaka u zgradi ili prostoru različitog od okolnih prostorija ili vanjskog okoliša.

Tipične primjene su: za čiste prostore (pozitivna razlika tlaka kako bi se spriječila infiltracija), laboratorije (pozitivna ili negativna ovisno o namjeni), i kod raznih proizvodnih prostora poput lakirnica.

- regulator tlaka obično upravlja zaklopkama u dobavnom kanalu kako bi se održao traženi tlak pri promjenama odsisnog volumena zraka.

- metoda regulacije odsisnog ventilatora traži mjerenje unutarnjeg i vanjskog (referentnog) statičkog tlaka.

- lokacija mjerenja statičkog tlaka mora biti na mjestu udaljenom od vrata i vanjskih otvora, dizala, a ako se koristi osjetnik treba ga smjestiti u prostrano reprezentativno područje zaštićeno od propuha.



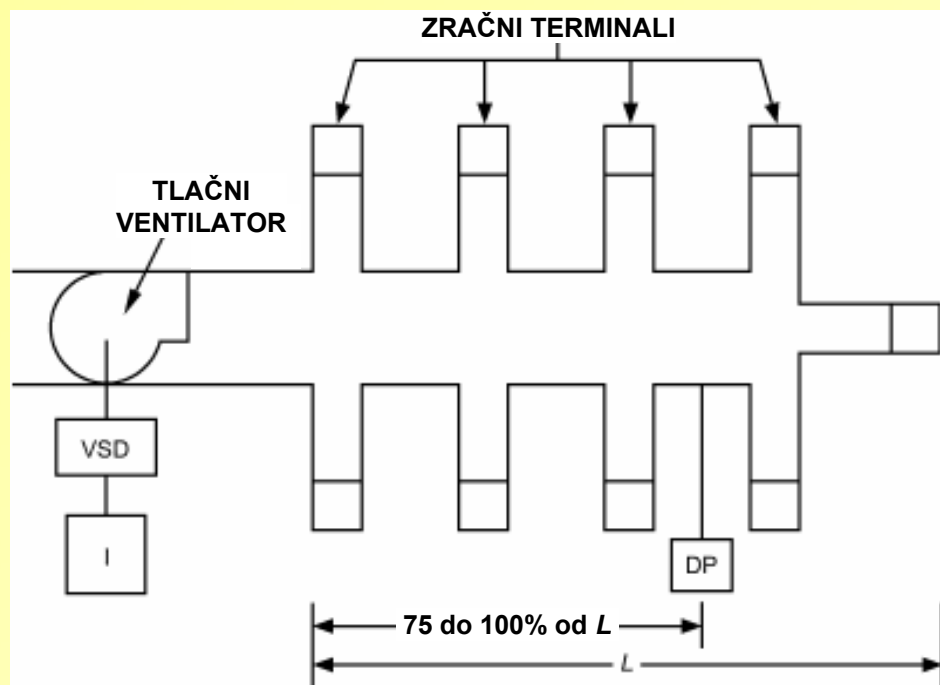
Automatska regulacija - GViK

Regulacija ventilatora:

- **Regulacija preko razlike statičkog tlaka u kanalima** za sustave s promjenjivim volumenom zraka (eng. *Variable Air Volume*) i ostale sustave s terminalima održava statički tlak na mjernom mjestu. Najčešća primjena regulacije preko statičkog tlaka je regulacija kapaciteta ventilatora u VAV sustavima.

- potrebno je više osjetnika statičkog tlaka u slučaju kada se nakon

vlačnog ventilatora dobavni kanal razdijeli u više ogranaka. Osjetnik s najstrožim zahtjevom na statički tlak upravlja radom ventilatora.



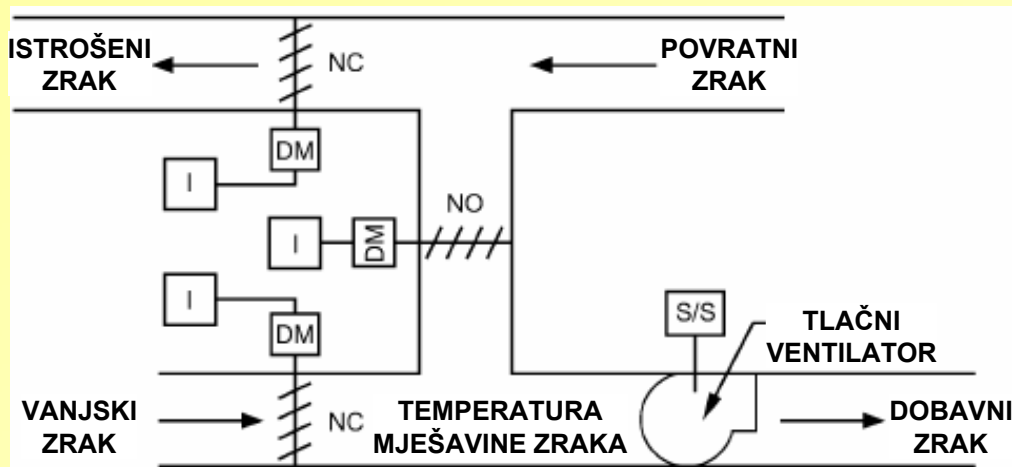
Automatska regulacija - GViK

Regulacija kruga ekonomajzera (mješališta):

- smanjuje troškove hlađenja pri odgovarajućim vanjskim uvjetima, tj. kada je vanjski zrak dovoljno hladan da bi se koristio kao rashladni medij.
- ako je vanjski zrak ispod visokotemperaturne granice (obično 18°C) zaklopke povratnog, istrošenog i vanjskog zraka se moduliraju da bi se održala zadana vrijednost hlađenja ventilacijom, obično 13 do 16°C .
- kada temperatura vanjskog zraka premašuje zadanu granicu, zaklopka vanjskog zraka se zatvara na zadani minimum, a zaklopke istrošenog i povratnog zraka se otvaraju i zatvaraju prema potrebi.
- kod entalpijske regulacije mješališta izbacuje se i “interlock” sustav visokotemperaturne granice iz kruga ekonomajzera u cilju dodatnog

smanjivanja energetske troškova u slučajevima sa značajnim latentnim opterećenjem.

- moguće je zagrijavanje bez vanjskog zraka i ohlađivanje noću sa 100% vanjskog zraka (ako je stanje tog zraka zadovoljavajuće).



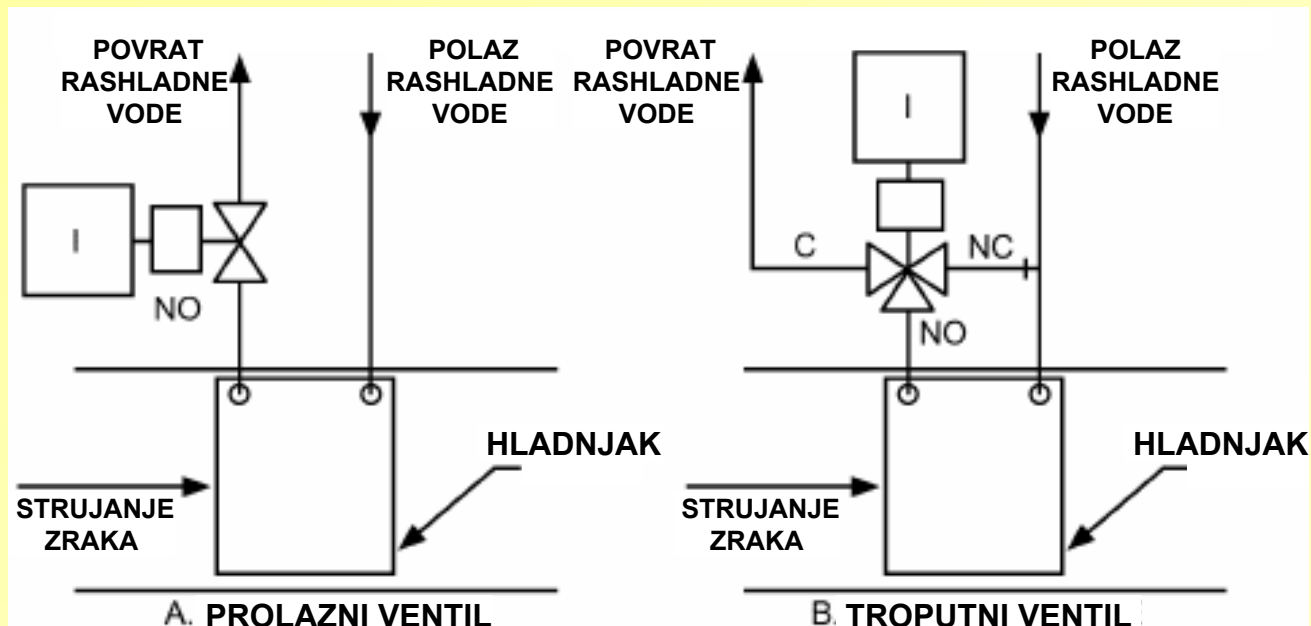
Automatska regulacija - GViK

Regulacija hladnjaka:

1. Hladnjak s rashladnom vodom

- regulacija se vrši preko prolaznih ili troputnih regulacijskih ventila, koji su obično zatvoreni da bi se spriječilo hlađenje kada je ventilator isključen.

Ventil se podešava u ovisnosti o temperaturi zraka na izlazu iz hladnjaka ili temperaturi prostora (na ulazu povratnog kanala).

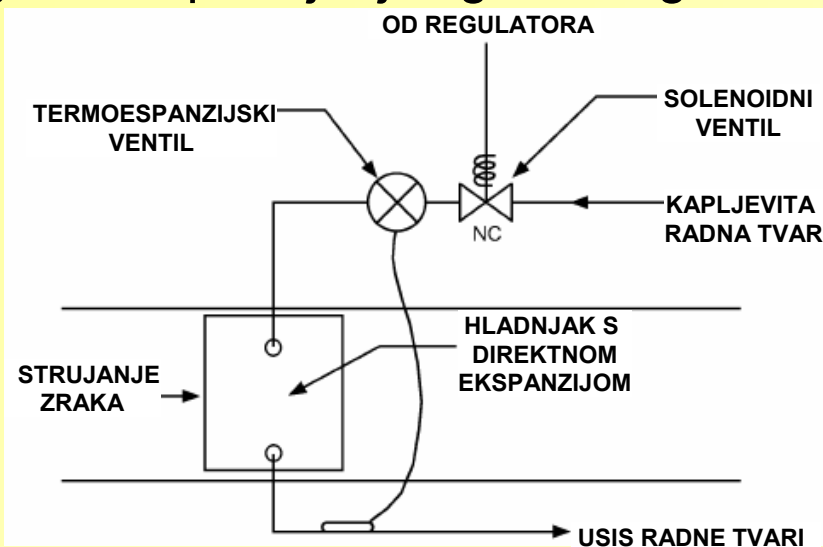


Automatska regulacija - GViK

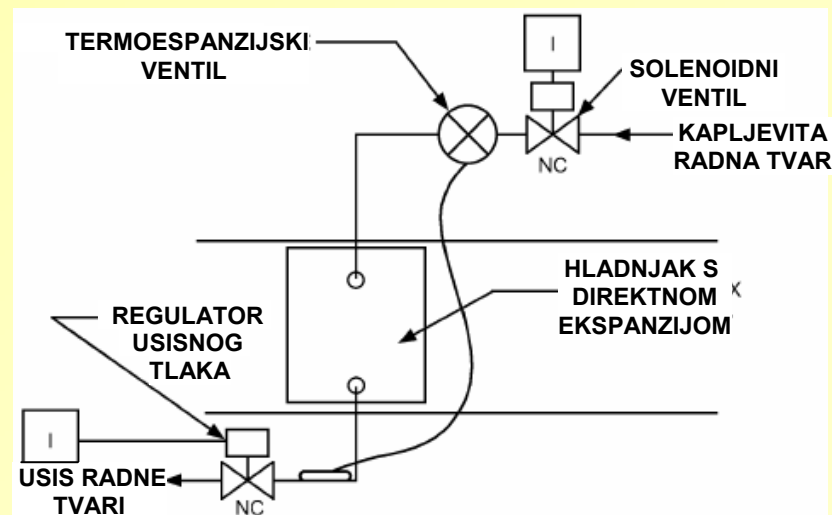
Regulacija hladnjaka:

2. Hladnjak s direktnim isparavanjem

- regulira se solenoidnim ventilima na cijevima kapljevite faze radne tvari.
- Čelna zaklopka i zaklopka obilaznog voda se ne preporučuju, jer omogućuju stvaranje leda na izmjenjivaču kod smanjenog protoka zraka.
- Regulacija se može poboljšati ukoliko se vrši u dva ili više stupnjeva.
- modulirajuća regulacija (nije česta) se može postići korištenjem regulatora promjenjivog usisnog tlaka.



Dvopoložajna

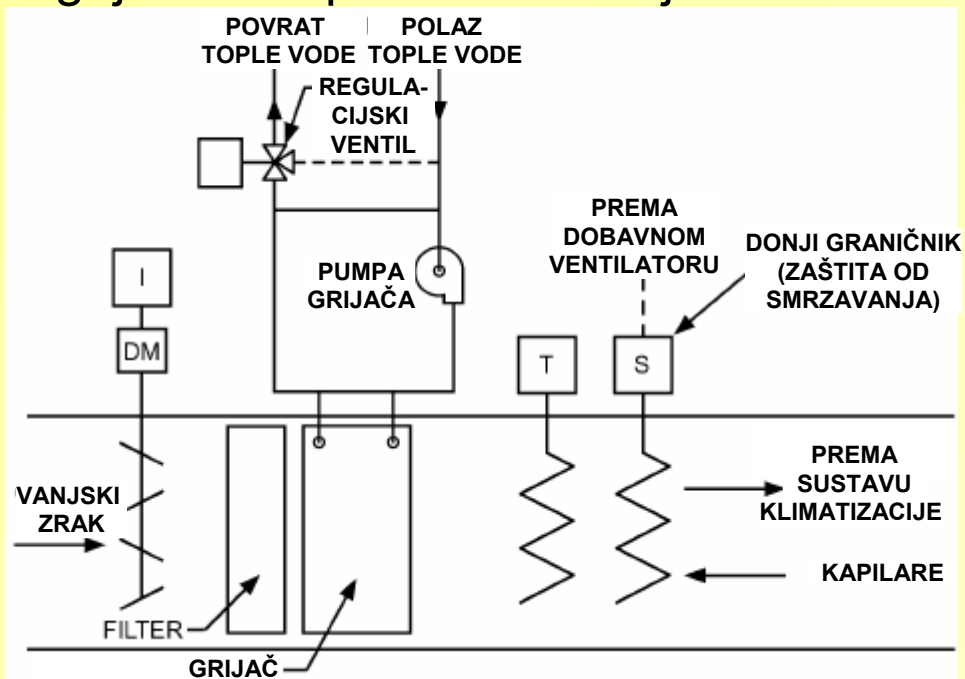


Modulirajuća

Automatska regulacija - GViK

Regulacija grijača:

- grijači kod kojih ne postoji opasnost od smrzavanja, mogu se regulirati jednostavnim prolaznim ili troputnim ventilima.
- ventilom se upravlja preko temperature zraka na izlazu iz grijača ili temperature prostora. Ventili su podešeni da se otvore za grijanje ukoliko dođe do prekida napajanja regulacijskog sklopa.
- grijači u centralnim klima jedinicama predgrijavaju, dogrijavaju ili zagrijavaju, ovisno o stanju i minimalno potrebnoj količini vanjskog zraka.
- grijači za toplu vodu moraju održavati minimalnu brzinu vode u cijevima



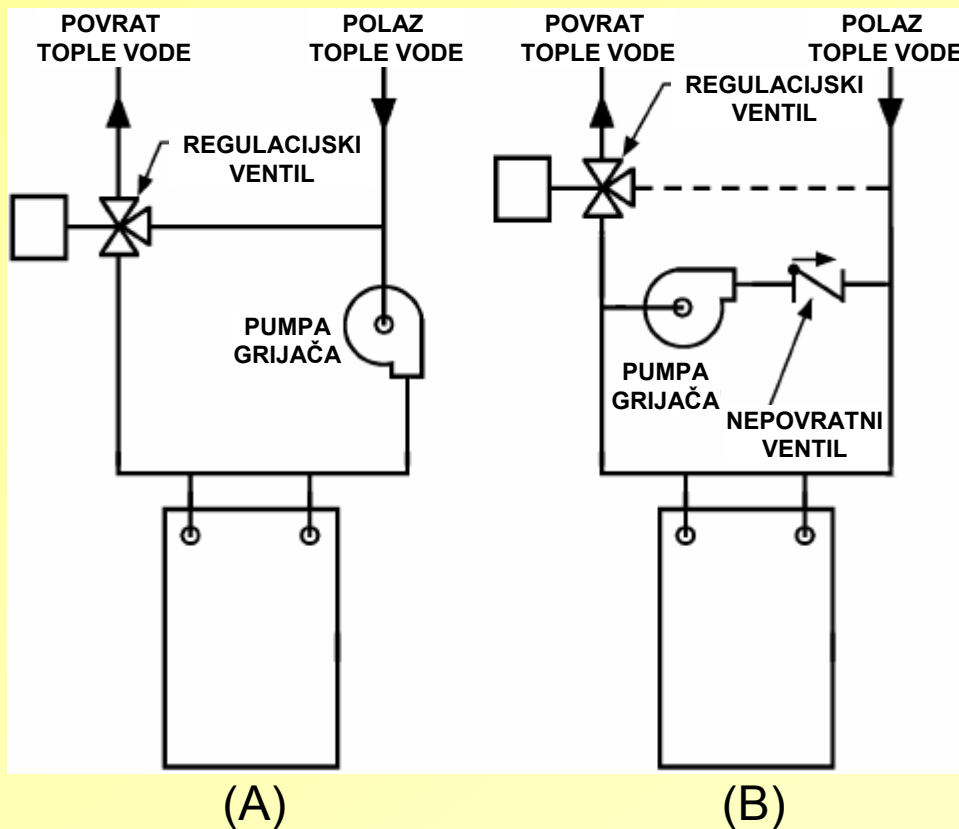
(reda veličine oko 0.9 m/s) da bi se spriječilo smrzavanje (uobičajena je pumpa grijača).

- u konvencionalnom rasporedu primarnog/sekundarnog kruga, pumpa grijača i pumpa sustava su hidraulički neovisne. Rezultat su konstantni protoci kroz grijač i kroz primarnu petlju uz primjenu troputnog ventila.

Automatska regulacija - GViK

Regulacija grijača:

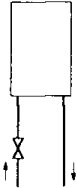
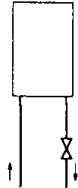
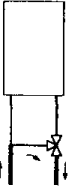
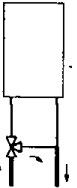
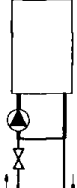
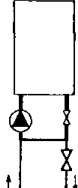
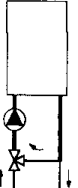
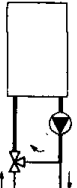
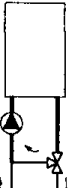
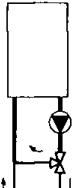
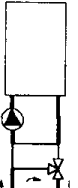
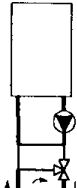
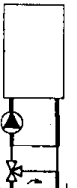
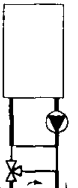
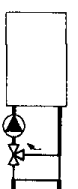
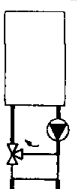
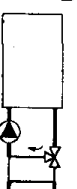
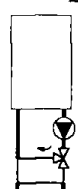

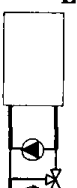
- pumpa grijača se može ugraditi u seriji (A) s primarnim pumpama kada je troputni ventil otvoren prema grijaču. U tom slučaju je protok kroz grijač približno konstantan, ali može rasti i padati ovisno o razlici tlaka raspoloživoj s primarnih pumpi.



- pumpa grijača se može ugraditi i paralelno (B) s primarnim pumpama. Prednost ovakvog rasporeda je što se protok tople vode može ostvariti kroz grijač čak i u slučaju kvara pumpe grijača. Primarna pumpa se mora dimenzionirati i za pad tlaka u grijaču pri nazivnom protoku.

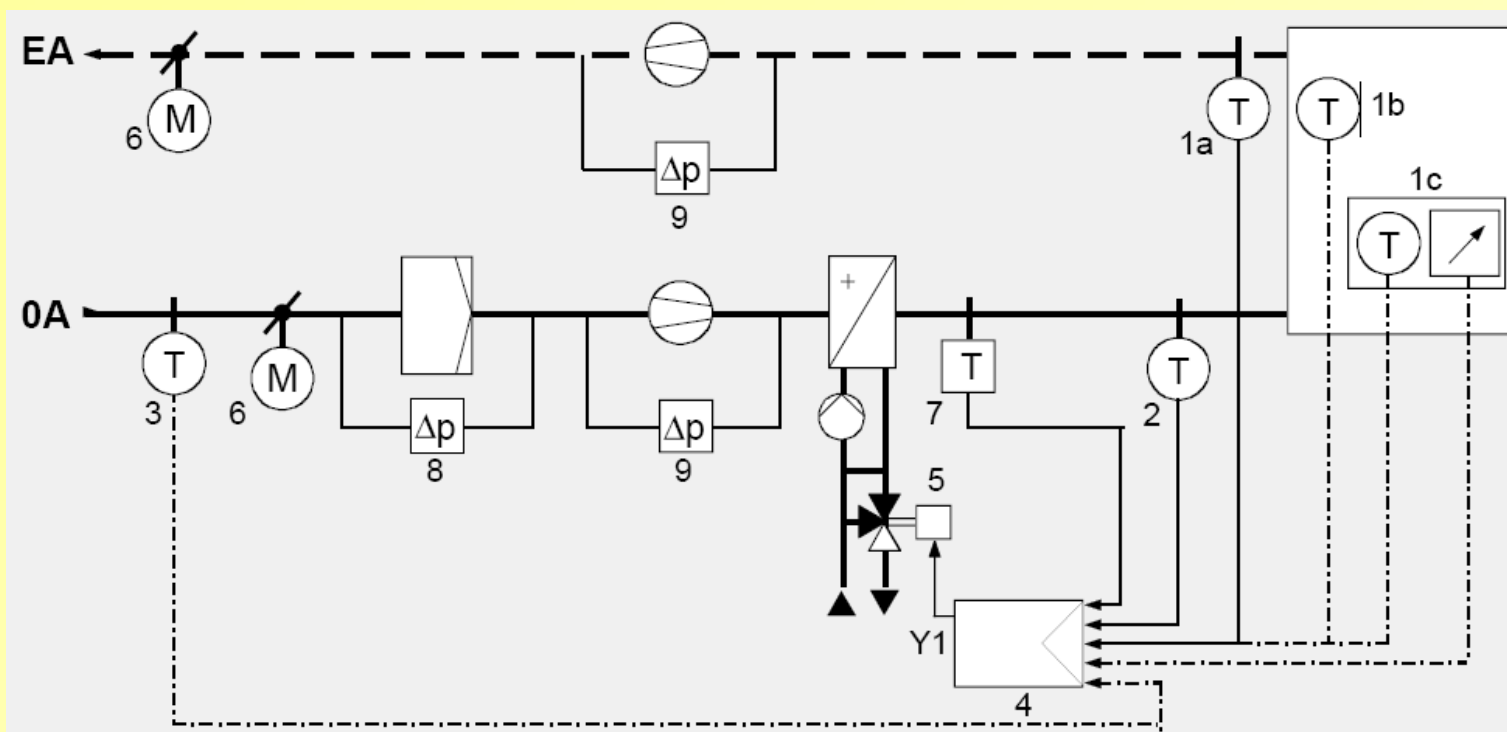
Automatska regulacija - GViK

Regulacija grijača/hladnjaka:
- smještaj pumpe izmjenjivača

		PROLAZNI VENTIL		TROPUTNI MJEŠAJUĆI VENTIL		TROPUTNI RAZDJELNI VENTIL		
		1	2	3	4	5	6	
BEZ SEKUNDARNE PUMPE	A	A1 	A2 	A3 		A4 		
	B	B1 	B2 	B3 	B4 	B5 	B6 	
SA SEKUNDARNOM PUMPOM	S MIJEŠANJEM			C3 	C4 	C5 	C6 	
		S UBRIZGAVANJEM			D3 	D4 	D5 	D6 
	E				E3 		E5 	

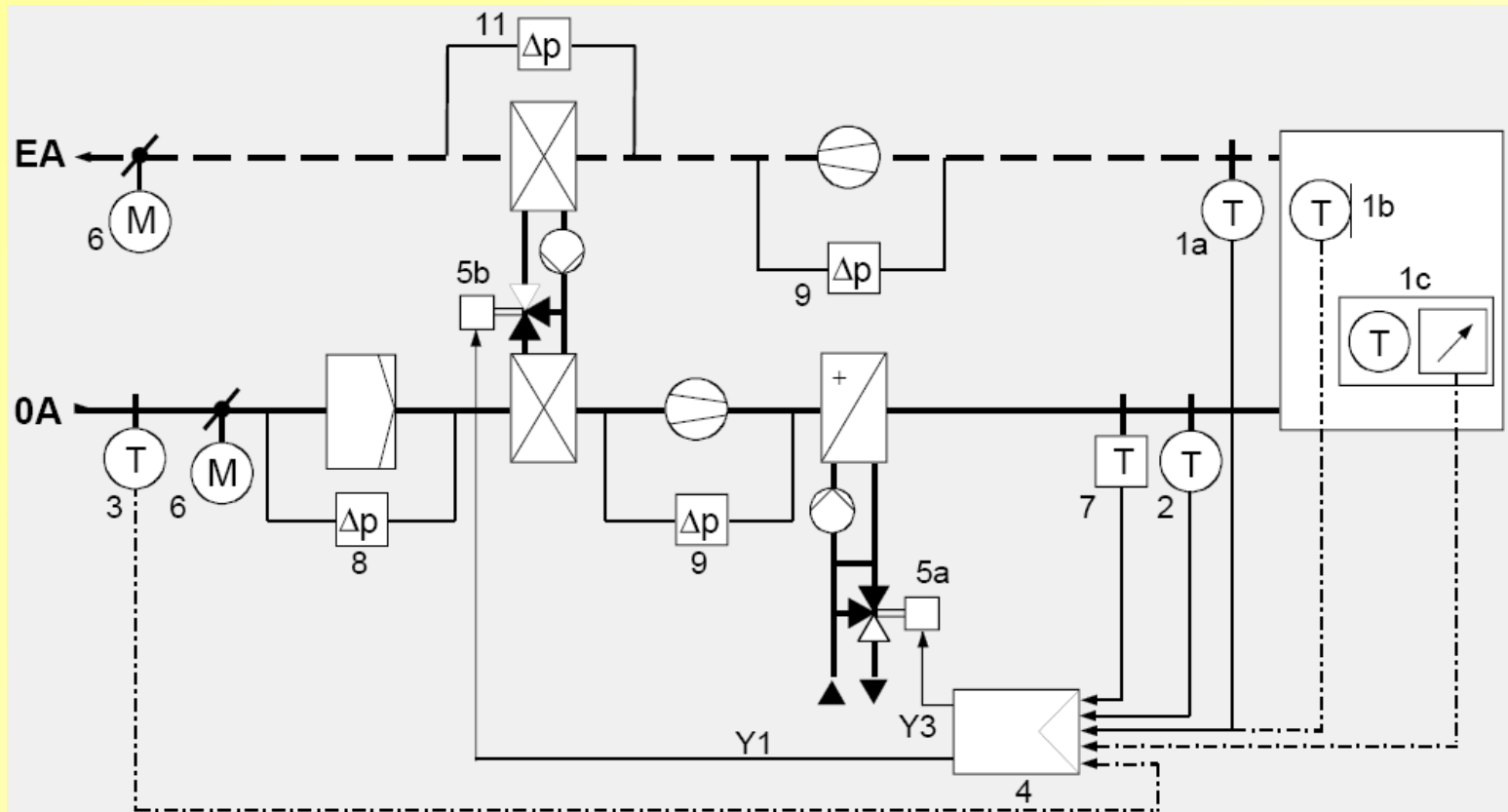
Automatska regulacija - GViK

- funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava ventilacije i toplozračnog grijanja sa 100% vanjskim zrakom – regulacija temperature:



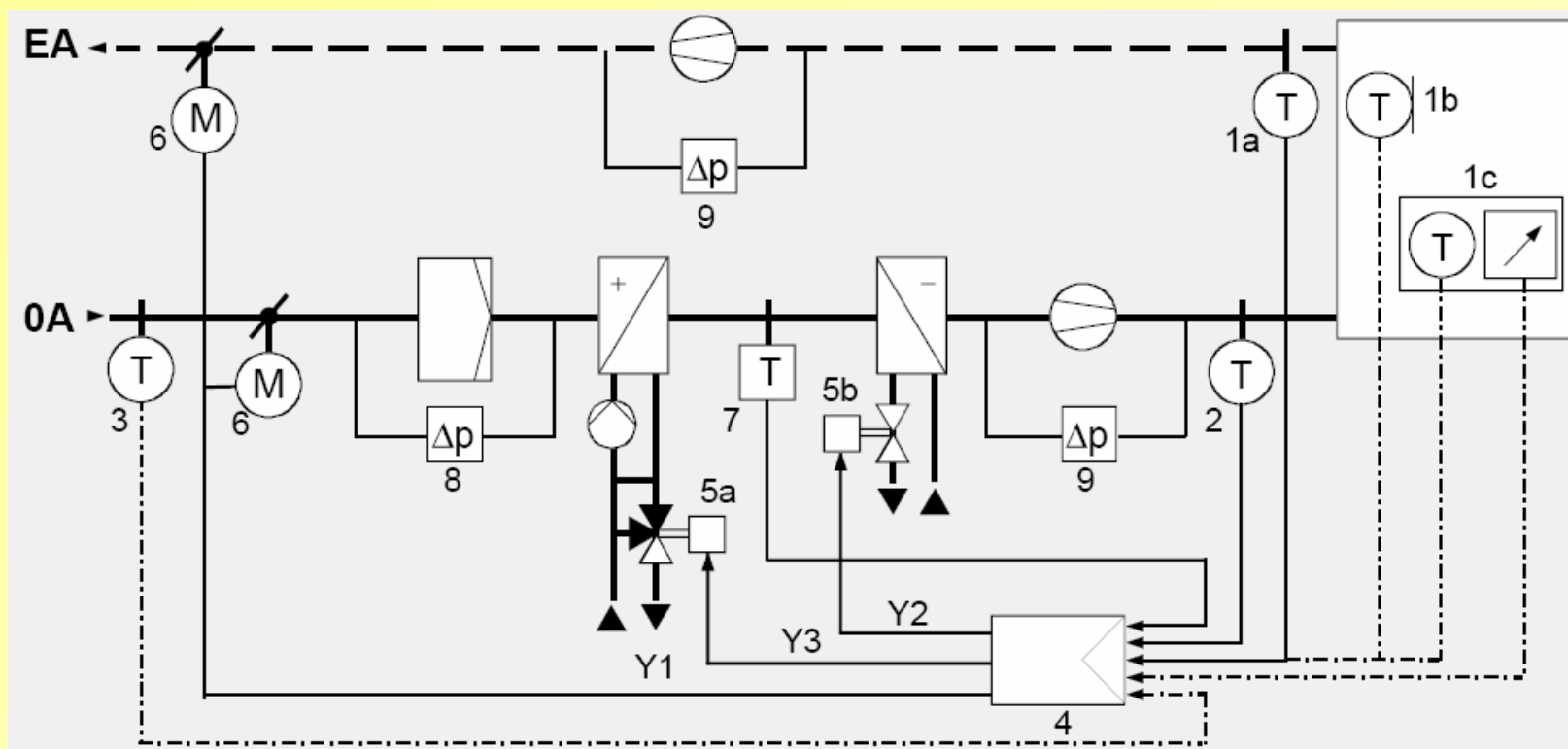
Automatska regulacija - GVİK

- funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava ventilacije i toplozračnog grijanja sa 100% vanjskim zrakom i sustavom povrata topline – regulacija temperature:



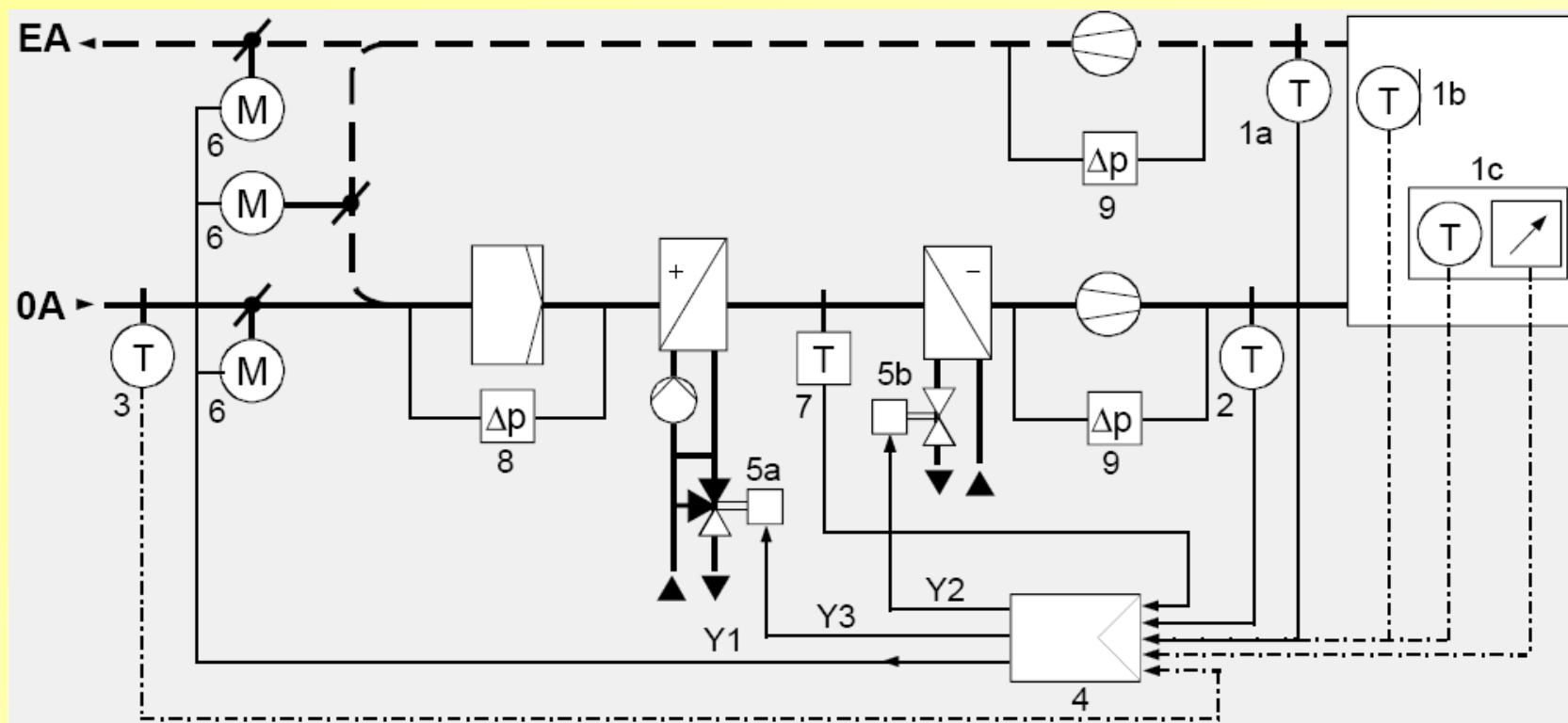
Automatska regulacija - GVİK

- funkcionalna shema spajanja i regulacije zračnog sustava grijanja i hlađenja sa 100% vanjskim zrakom – regulacija temperature:



Automatska regulacija - GViK

- funkcionalna shema spajanja i regulacije zračnog sustava grijanja i hlađenja – regulacija temperature:



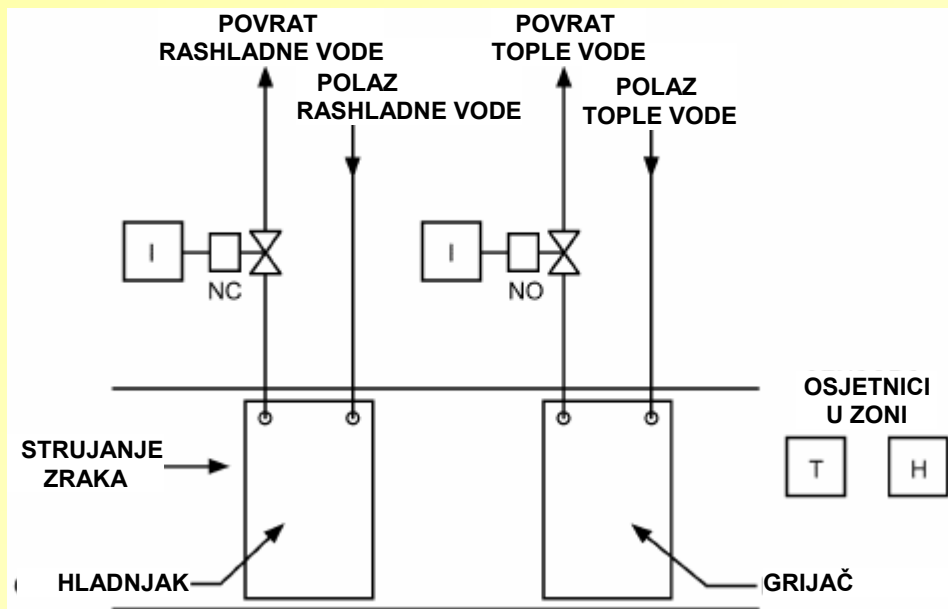
Automatska regulacija - GViK

Regulacija vlažnosti:

- temelji se na izlaznim signalima osjetnika vlage smještenog u prostoru ili u odsisnom kanalu.

- **Odvlaživanje.** Jedan od načina je preko regulacije hladnjaka.

Temperatura hladnjaka se smanji na vrijednost pri kojoj se odvaja dovoljna količina vlage iz dobavnog zraka tako da se postiže zadana vrijednost relativne vlažnosti. Dogrijač se može koristiti za održavanje temperature prostora kada, uslijed procesa odvlaživanja, temperatura dobavnog zraka postane preniska.

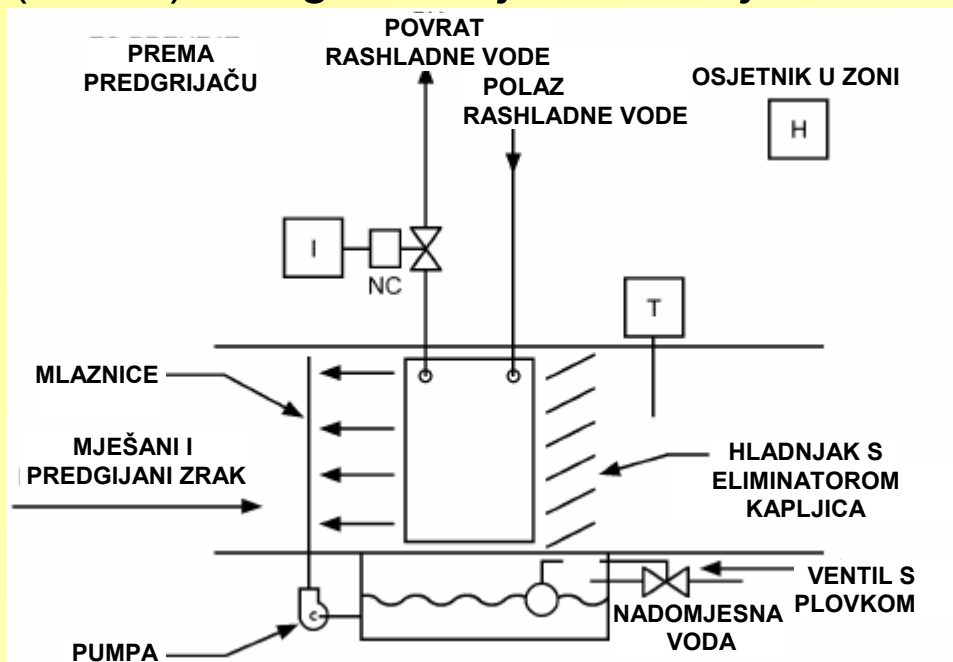


Automatska regulacija - GViK

Regulacija vlažnosti:

- **Odvlaživanje.** Ako se vlaga kondenzirana iz struje zraka ledi na površini hladnjaka, strujanje zraka je otežano, a u težim slučajevima može biti i prekinuto. U praksi je granica rosišta na oko 5°C na površini izmjenjivača. Na taj način se dobiva relativna vlažnost od oko 30% pri temperaturi prostora od 24°C , što je prikladno za većinu komercijalnih primjena. Kada je potrebna manja relativna vlažnost, potreban je kemijski odvlaživač (sušač). Drugi način je korištenjem orošavanog hladnjaka za sušenje, ali

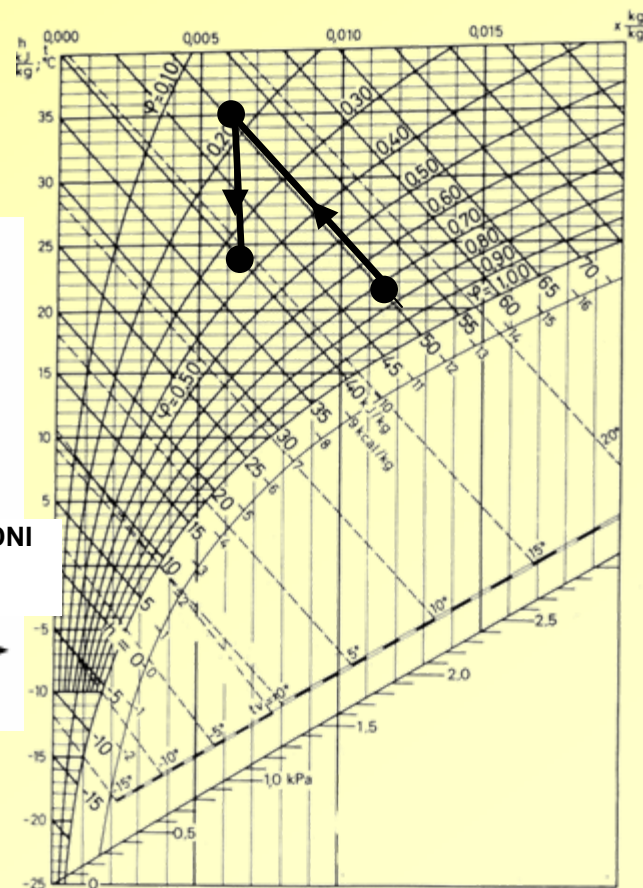
se pritom javlja problem troškova održavanja, dogrijavanja i uklanjanja krutih naslaga s izmjenjivača.



Automatska regulacija - GVİK

Regulacija vlažnosti:

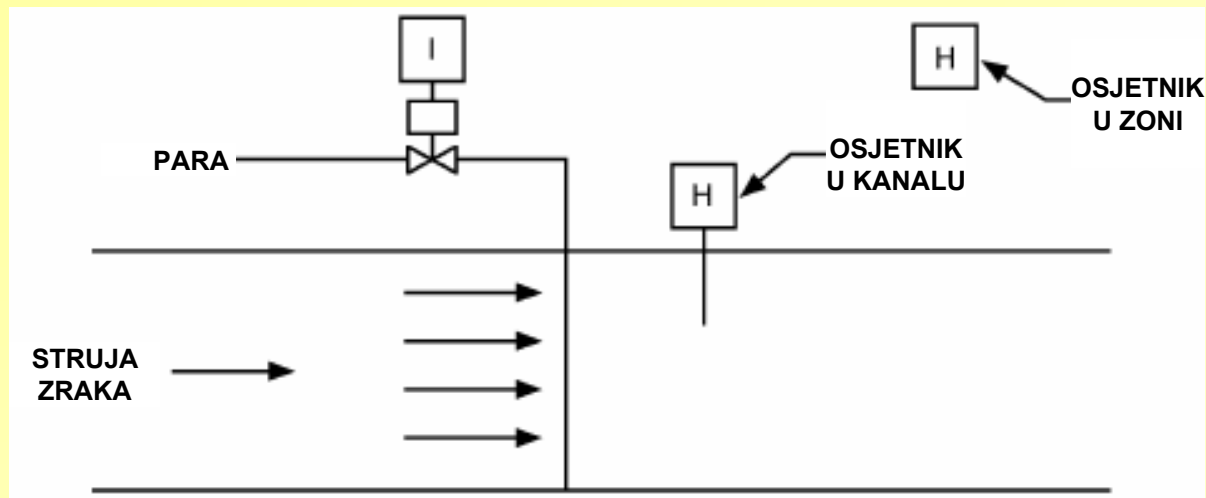
- **Odvlaživanje.** Odvlaživač koji radi na osnovi kemijskog sredstva za sušenje, može smanjiti relativnu vlažnost na niže vrijednosti no što se to može pomoću hladnjaka. Ovaj uređaj apsorbira vlagu koristeći silikagel ili sličan materijal. Pri kontinuiranom pogonu, dovode se toplina i zrak za regeneraciju tog materijala.



Automatska regulacija - GViK

Regulacija vlažnosti:

- **Ovlaživanje.** Osjetnik relativne vlažnosti zraka smješten u prostoru ili u odsisnom kanalu šalje potreban signal u regulator. Trebalo bi koristiti osjetnik u kanalu kako bi se na minimum smanjilo prijenos kapljica ili kondenzaciju u kanalu. Cilj je održavanje minimalne projektne relativne vlažnosti tijekom razdoblja grijanja.

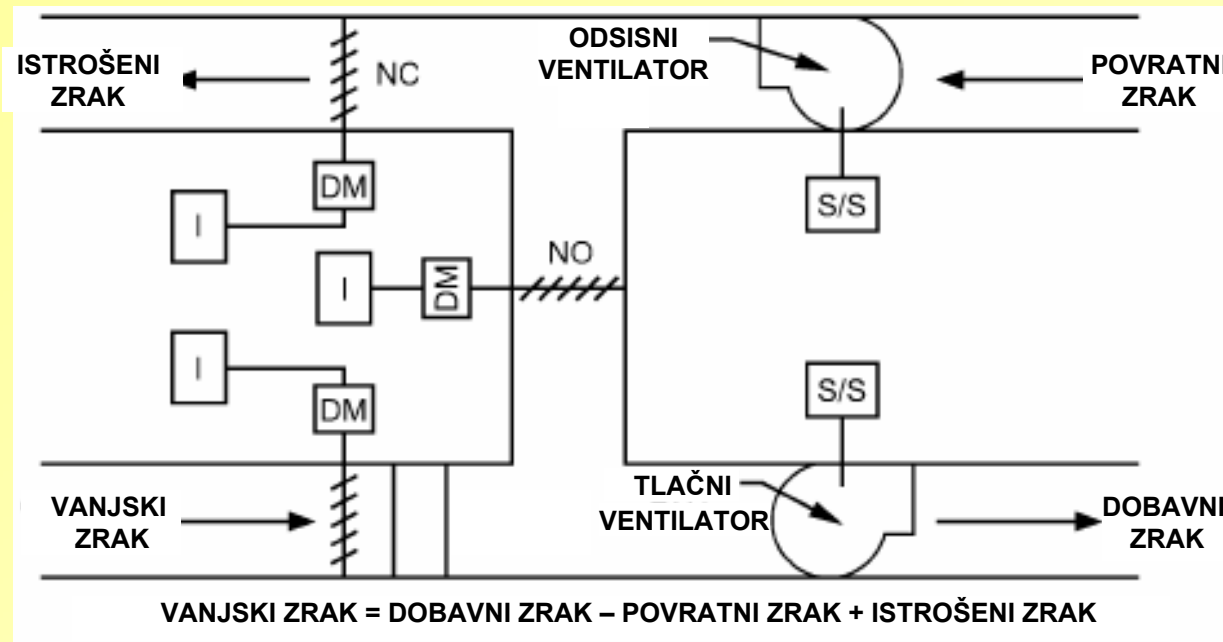


Ovlaživač s mlazom pare

Automatska regulacija - GViK

Regulacija protoka vanjskog zraka:

- osigurava zrak za ventilaciju, zrak potreban za održavanje tlaka u prostoru (eksfiltraciju) i nadomješta istrošeni zrak.



Regulacija minimalnog protoka vanjskog zraka s
odsisnim ventilatorom

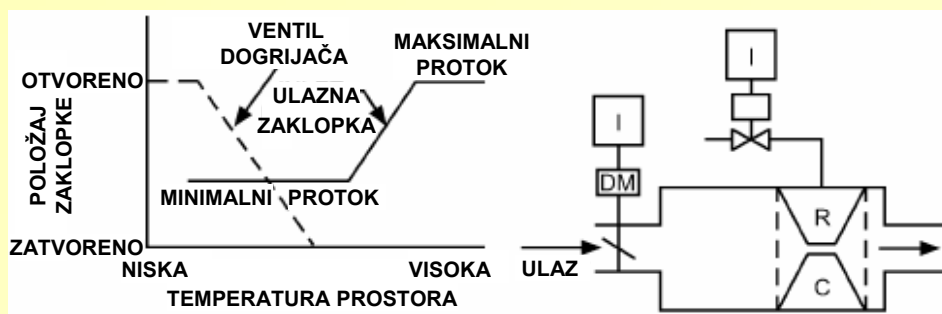
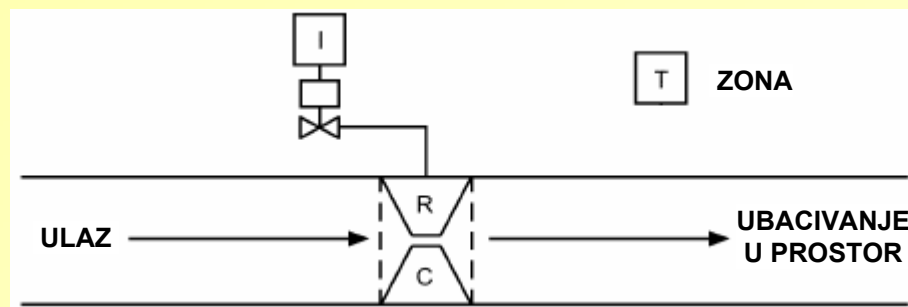
Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

- **Terminalni uređaji za dogrijavanje.** Koristi se jedan sustav ventilacije s konstantnim protokom koji opslužuje više zona. Sav pripremljeni zrak je ohlađen tako da zadovoljava potrebe zone s najvećim toplinskim opterećenjem. Zrak koji se dobavlja u ostale zone, dogrijava se na grijačima (toplovodnim, parnim, električnim) u kanalima pojedinih zona.

- **Prigušni VAV terminalni uređaj.**

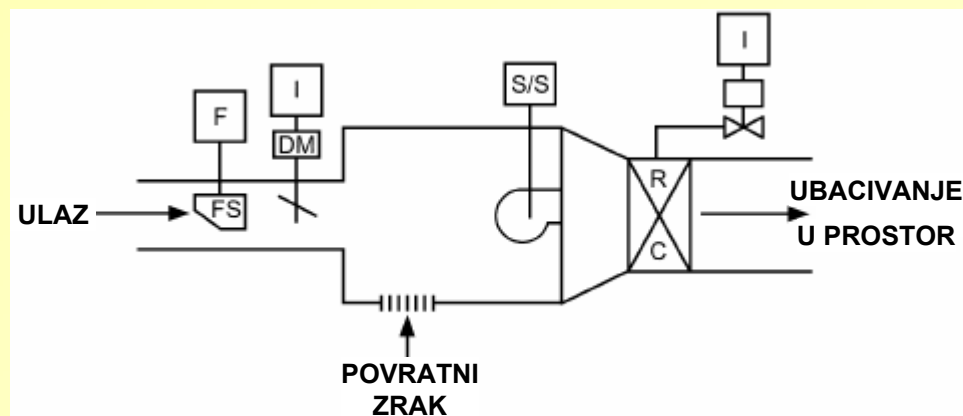
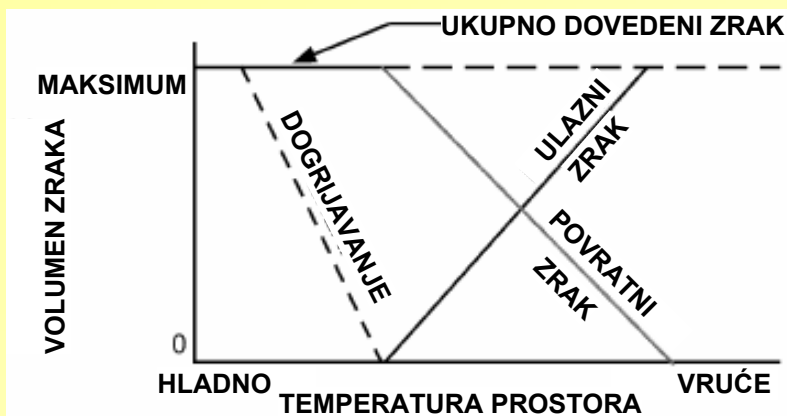
Zaklopka na ulazu regulira protok dobavnog zraka. Kad temperatura u prostoru padne ispod zadane vrijednosti, zaklopka se počinje zatvarati i smanjuje protok zraka u prostor. Kad protok zraka dosegne minimum, počinje se otvarati ventil dogrijača.



Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

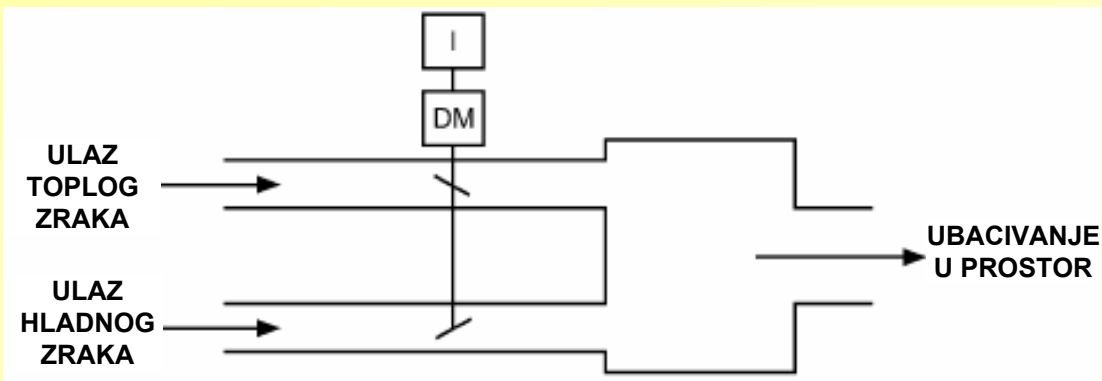
- **VAV terminalni uređaj s ventilatorom.** Integrirani ventilator dobavlja konstantnu količinu zraka u prostor. Kada u prostoru netko boravi, ventilator radi neprekidno dobavljajući zrak u prostor. Ventilator može usisavati zrak kroz povratnu rešetku da bi se kompenziralo smanjenu dobavu zraka na ulazu u uređaj. Kako se temperatura u prostoru spušta ispod zadane vrijednosti, zaklopka dobavnog zraka se počinje zatvarati i ventilator usisava više zraka kroz povratnu rešetku. Kada protok dobavnog zraka dosegne minimum, počinje se otvarati ventil dogrijača.



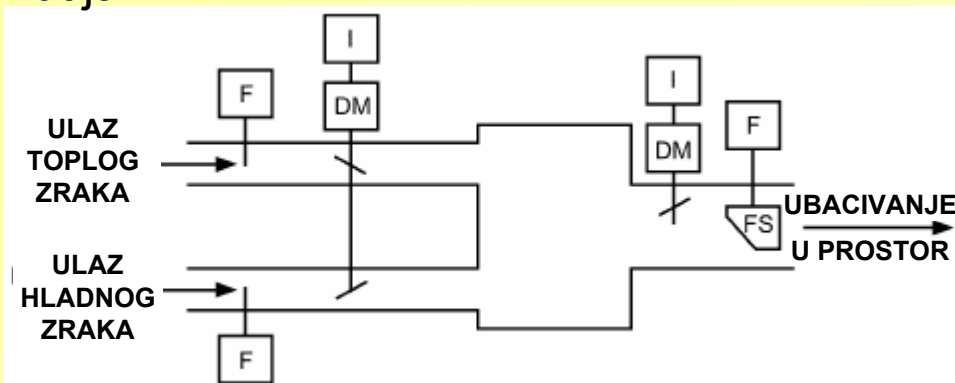
Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

- **Miješajuća kutija.** Ima ulazne zaklopke u dobavnim kanalima za grijanje i hlađenje. Te zaklopke su međusobno povezane tako da se zakreću u suprotnim smjerovima, a termostatski koji je smješten u prostoru, namještanjem zaklopki preko pokretača regulira omjer miješanja toplog i hladnog dobavnog zraka. Kod VAV sustava, regulator protoka zraka upravlja zaklopkom za promjenu protoka.



Dvokanalna VAV miješajuća kutija

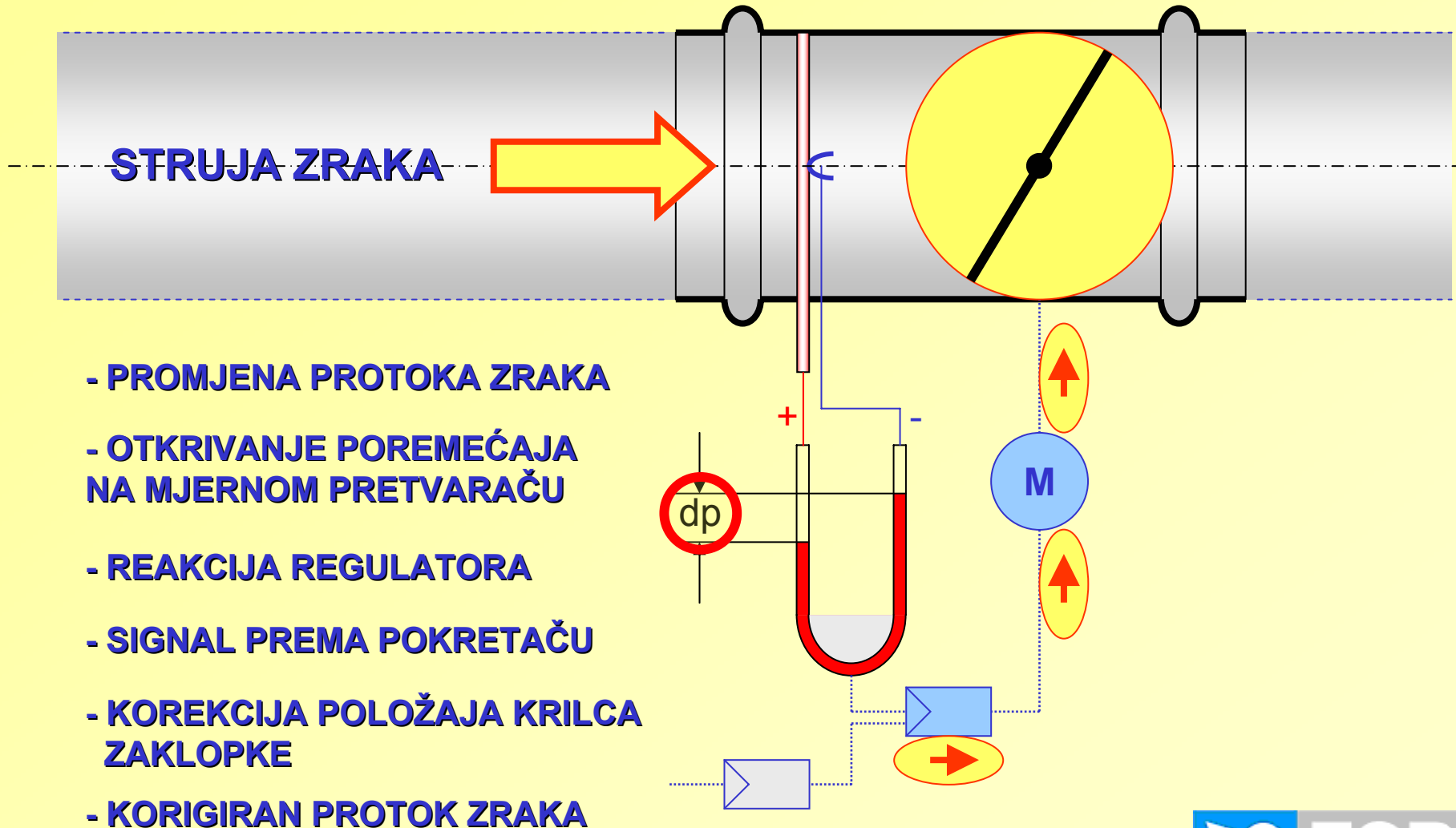


Dvokanalna miješajuća kutija s konstantnim protokom zraka

Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

- primjer prigušenja VAV uređaja:



Automatska regulacija - GViK

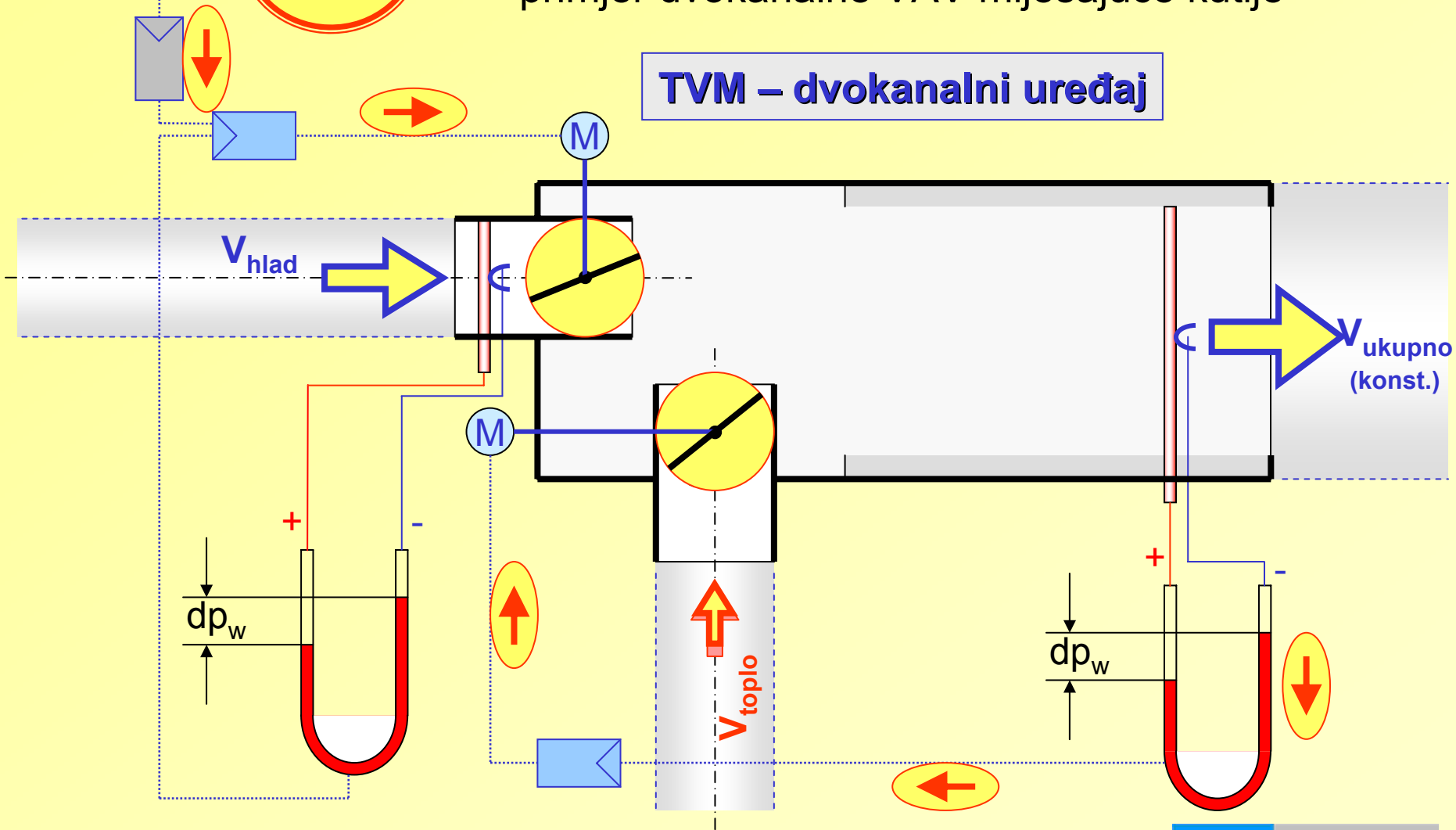
Regulacija terminalnih uređaja:

- primjer dvokanalne VAV miješajuće kutije

Sobna temp:

20°C

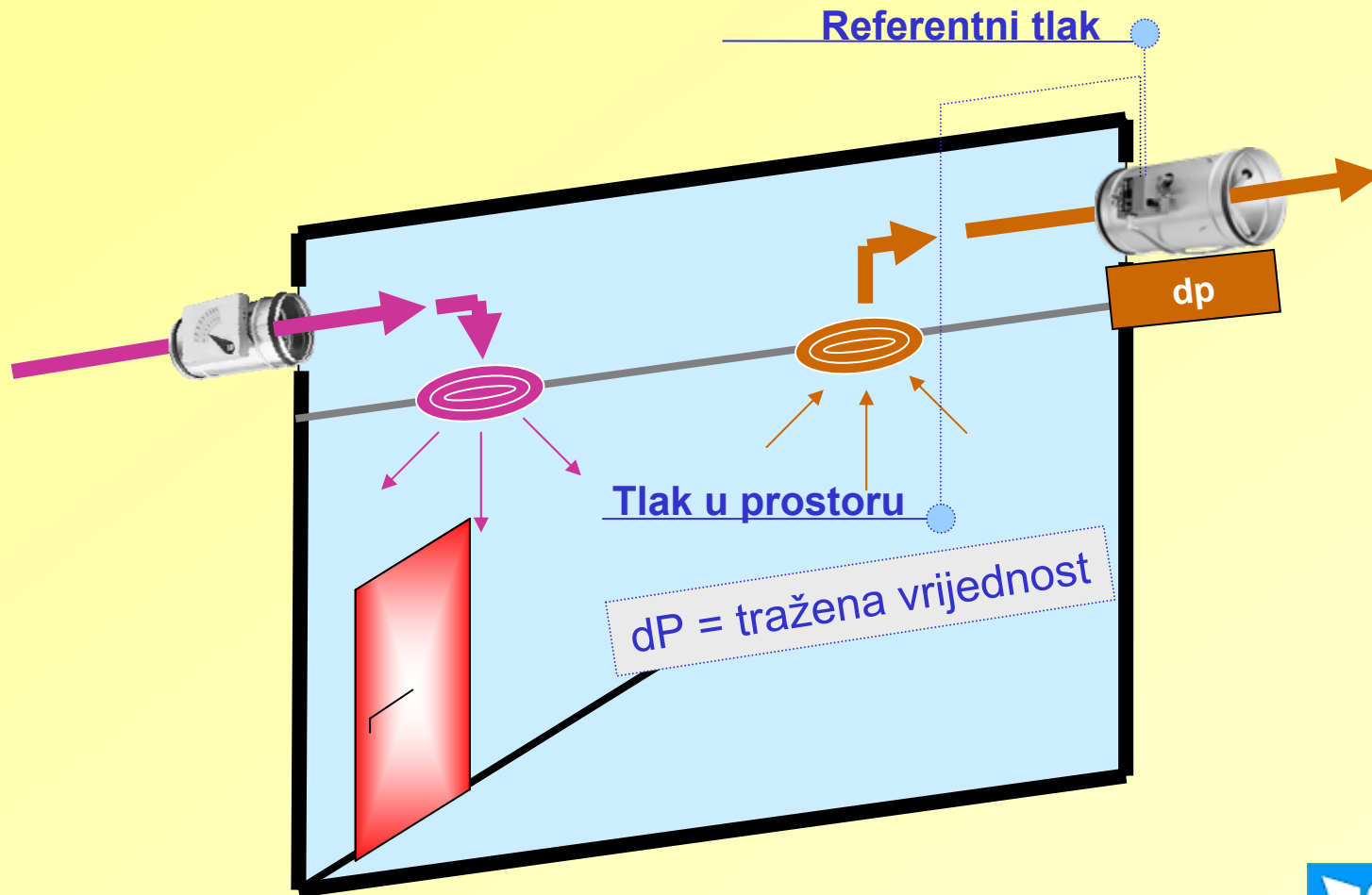
TVM – dvokanalni uređaj



Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

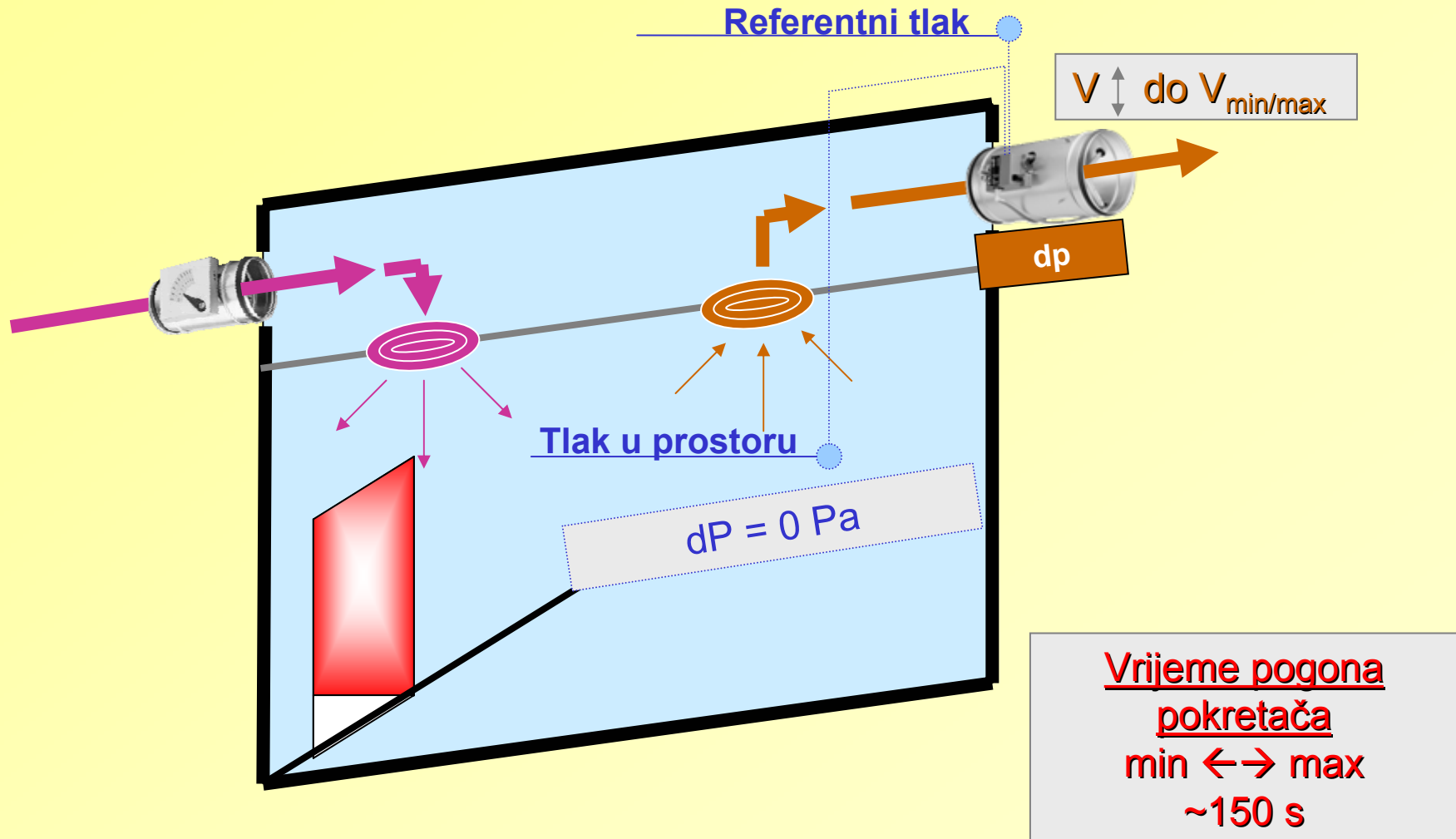
- primjer regulacije tlaka laboratorijskih prostorija: (1)



Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

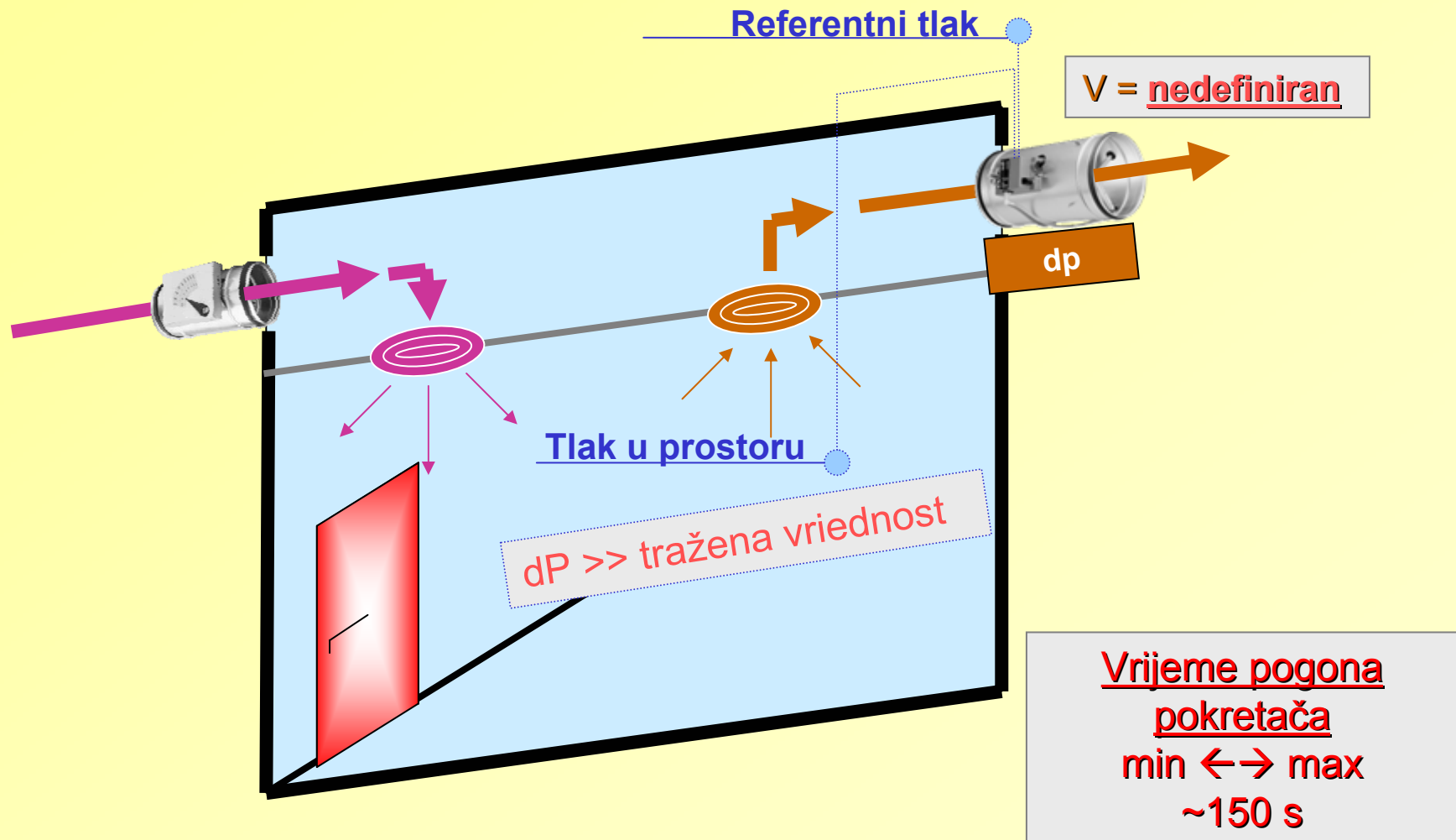
- primjer regulacije tlaka laboratorijskih prostorija: (2)



Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

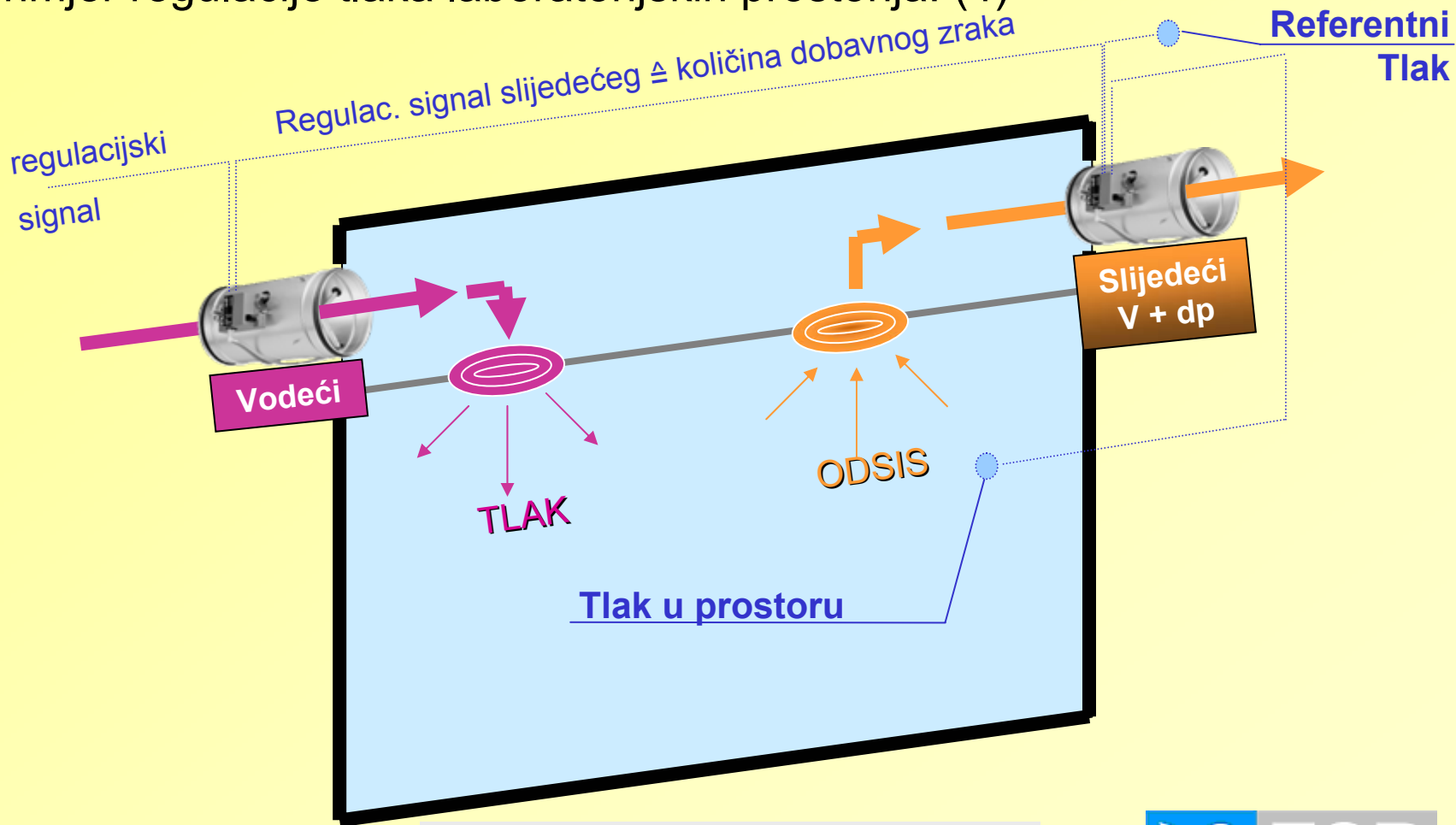
- primjer regulacije tlaka laboratorijskih prostorija: (3)



Automatska regulacija - GViK

Regulacija terminalnih uređaja:

- primjer regulacije tlaka laboratorijskih prostorija: (4)



ISPRAVNO RJEŠENJE

Automatska regulacija - GViK

Regulacija sustava:

- na primjeru GViK sustava za grijanje, hlađenje i ovlaživanje

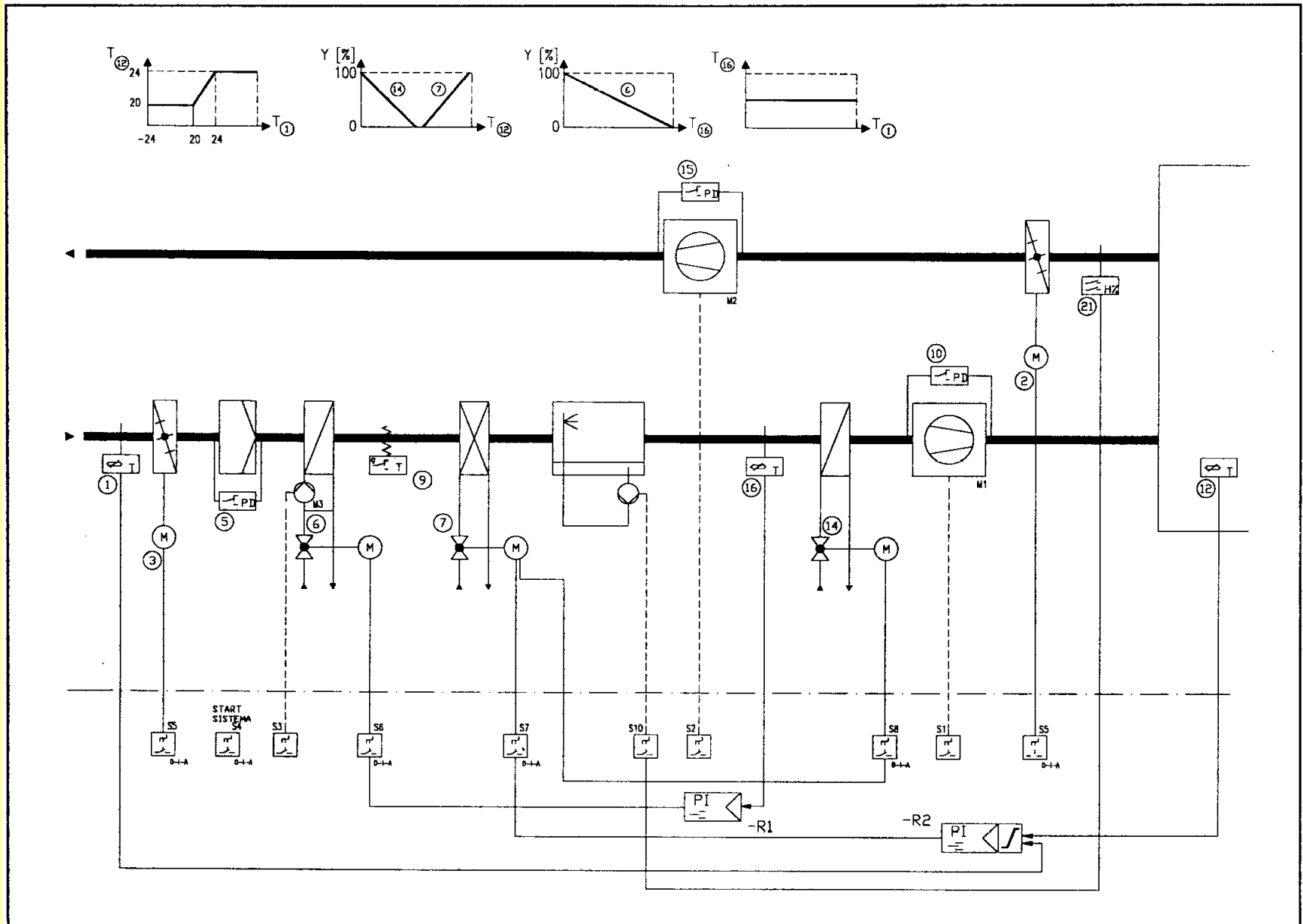
Zadatak. Regulacija temperature za vrijeme sezone grijanja i hlađenja i regulacija relativne vlažnosti za vrijeme sezone grijanja. Sustav radi sa 100% vanjskim zrakom. Klima jedinica se sastoji od ventilatora, grijača, hladnjaka, dogrijača i ovlaživača. Sustav je jednokanalni, jednozonski, s konstantnim volumenskim protokom zraka. Sustav distribucije vode ima promjenjivi protok.

Regulacija. Izvodi se sa tri regulacijske petlje.

Prva regulacijska petlja upravlja radom (pred)grijača održavajući temperaturu rosišta konstantnom. Temperaturni osjetnik (16), smješten nakon ovlaživača, šalje signal PI regulatoru (R1). Ovisno o promjeni temperature, regulator R1 pokreće pogon ventila mijenjajući učinak izmjenjivača prema PI karakteristici.

Automatska regulacija - GViK

Regulacija na primjeru GViK sustava za grijanje, hlađenje i ovlaživanje



Automatska regulacija - GViK

Regulacija. (nastavak)

Druga regulacijska petlja upravlja radom hladnjaka i dogrijača održavajući zadanu vrijednost temperature prostora. Osjetnik temperature prostorije (12) mjeri promjenu temperature u prostoriji u ovisnosti o temperaturi vanjskog zraka. Temperatura vanjskog zraka se mjeri osjetnikom u usisnom kanalu (1). PI regulator (R2) uspoređuje iznose tih temperatura. Kada se vanjska temperatura povisi, R2 zatvara ventil (14) smanjujući time protok vode kroz dogrijač. Ventili na polazu vode za dogrijač i za hladnjak djeluju u nizu – kada se ventil (14) potpuno zatvori, ventil (7) na polazu vode za hladnjak se počinje otvarati.

Treća regulacijska petlja upravlja radom ovlaživača. U odsisnom kanalu je smješten dvopoložajni higrostat (21) kojim se ograničava minimalna i maksimalna relativna vlažnost. Higrostat pokreće ili zaustavlja pumpu za vodu u ovlaživaču.

Automatska regulacija - GViK

Zaštita sustava.

Zaštita od smrzavanja je izvedena pomoću temperaturnog graničnika (9). Kada je temperatura nakon predgrijača ispod 5°C, tlačni i odsisni ventilator se zaustave, zaklopke u zračnim kanalima se zatvore, ventil na polazu vode za predgrijač se potpuno otvori, pokreće se pumpa predgrijača, a pumpa ovlaživača se zaustavlja.

Praćenje pada tlaka na filteru se izvodi pomoću osjetnika razlike tlaka. Osjetnici razlike tlaka na ventilatorima reagiraju u slučaju niskog protoka ili prestanka protoka i zaustavljaju ventilatore, zatvaraju ventile i zaklopke te zaustavljaju cirkulacijske pumpe.

Zaštita u slučaju požara izvodi se zaustavljanjem ventilatora i zatvaranjem svih zaklopki na strani zraka.