

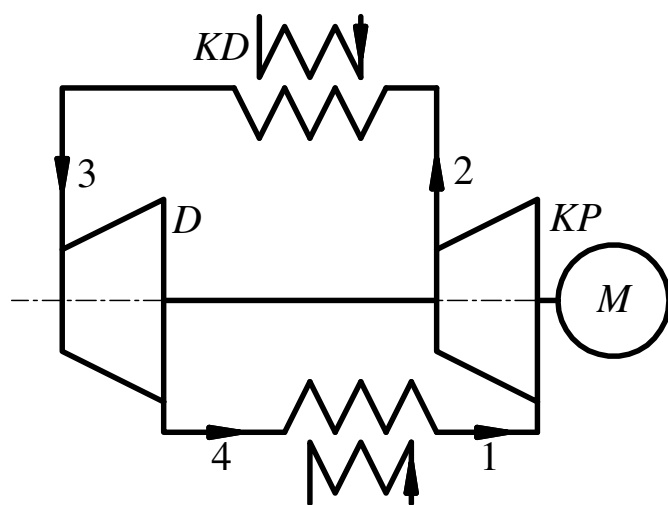


SISTEMI VENTILACIJE, HLAĐENJA I KLIMATIZACIJE U ZGRADAMA

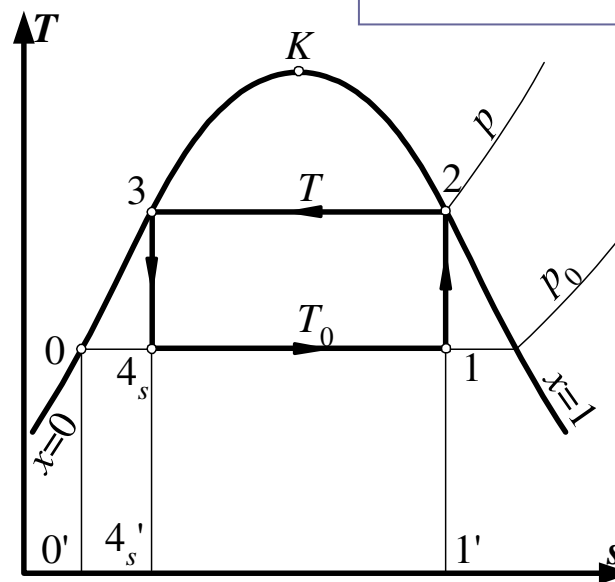
Mašine za hlađenje (1)

Levokretni procesi sa utroškom rada (1)

$$\varepsilon_h (EER) = \frac{q_0}{w} = \frac{q_0}{w_c - w_d} = \frac{q_0}{q - q_0}$$



a)



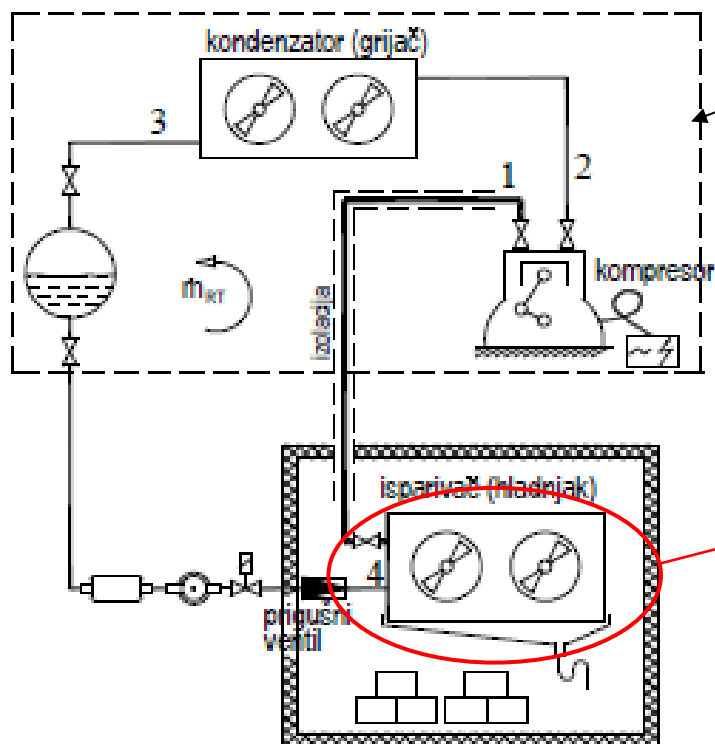
b)

*Parna kompresorska mašina koja radi po ciklusu **Carnot**:*

a) šema (KP - kompresor; KD - kondenzator; D – detander; R - isparivač); b) T-s dijagram

Mašine za hlađenje (3)

Šema kompresorske rashladne instalacije i izgled hlađenog prostora sa isparivačem (hladnjakom)

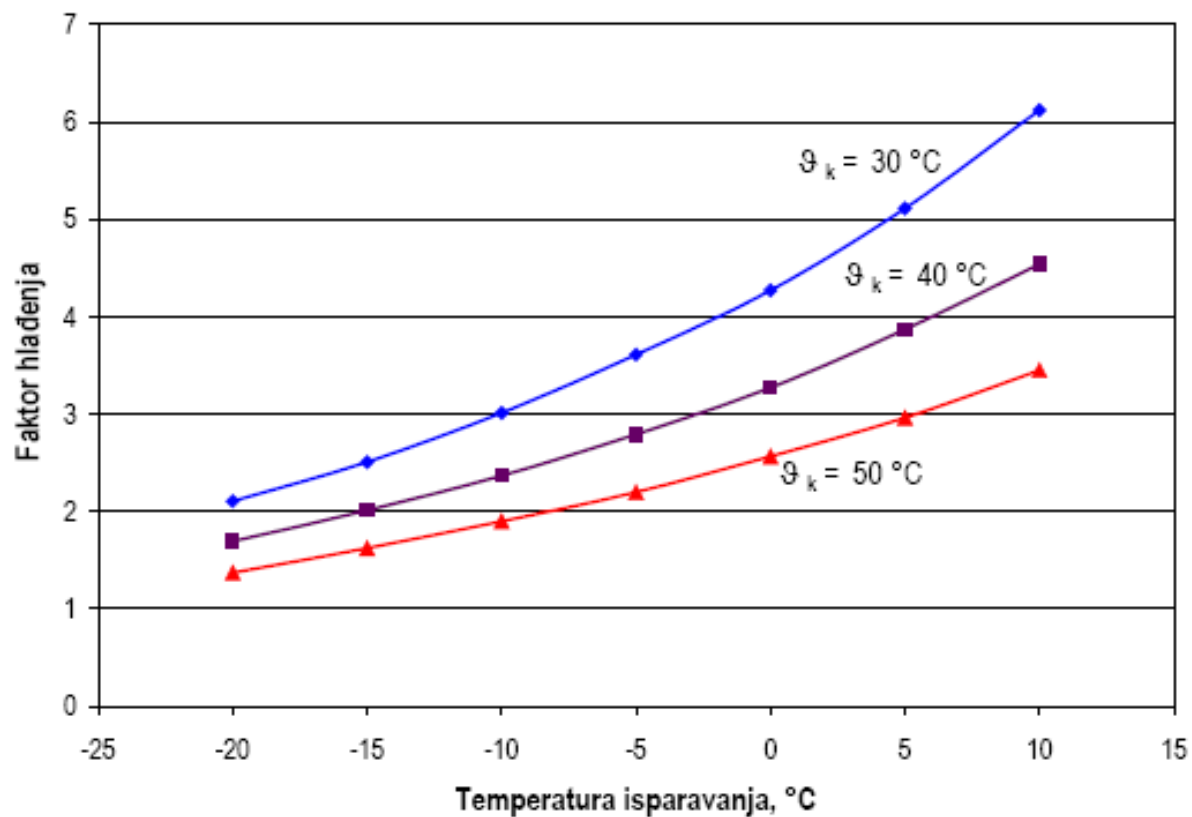


Okolina – spoljašnji vazduh



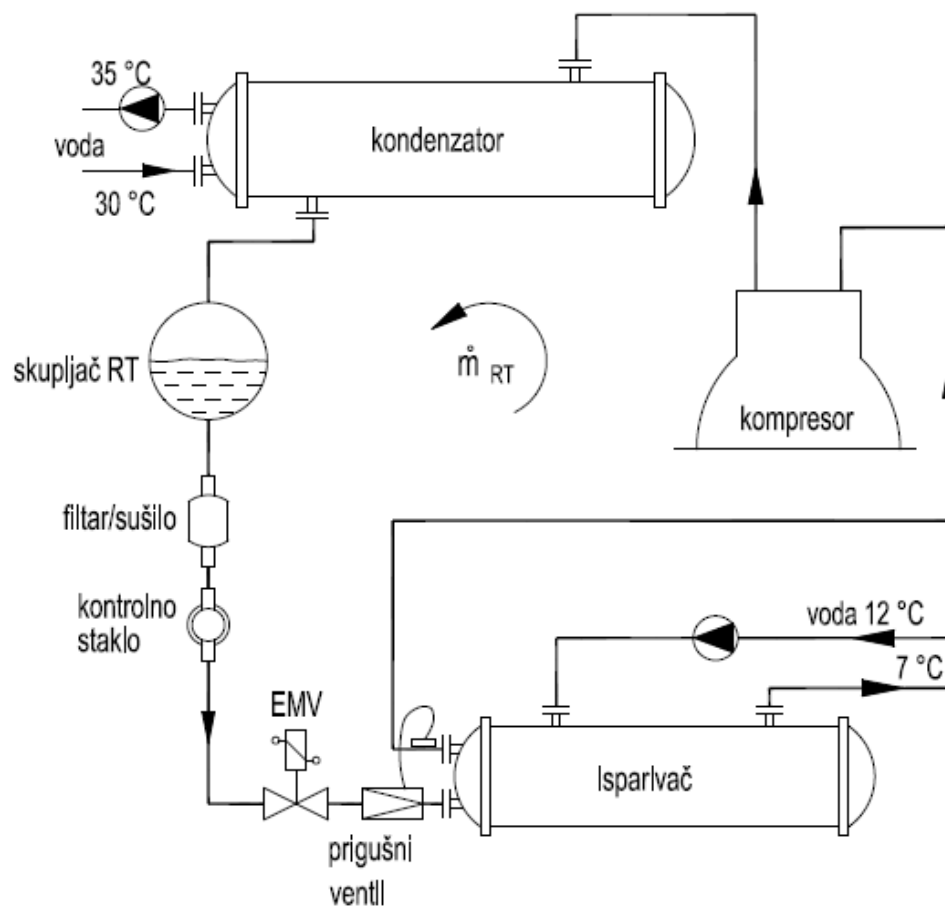
Mašine za hlađenje (4)

Zavisnost **koeficijenta hlađenja** u funkciji temperature isparavanja i kondenzacije za rashladni fluid R134a



Mašine za hlađenje (5)

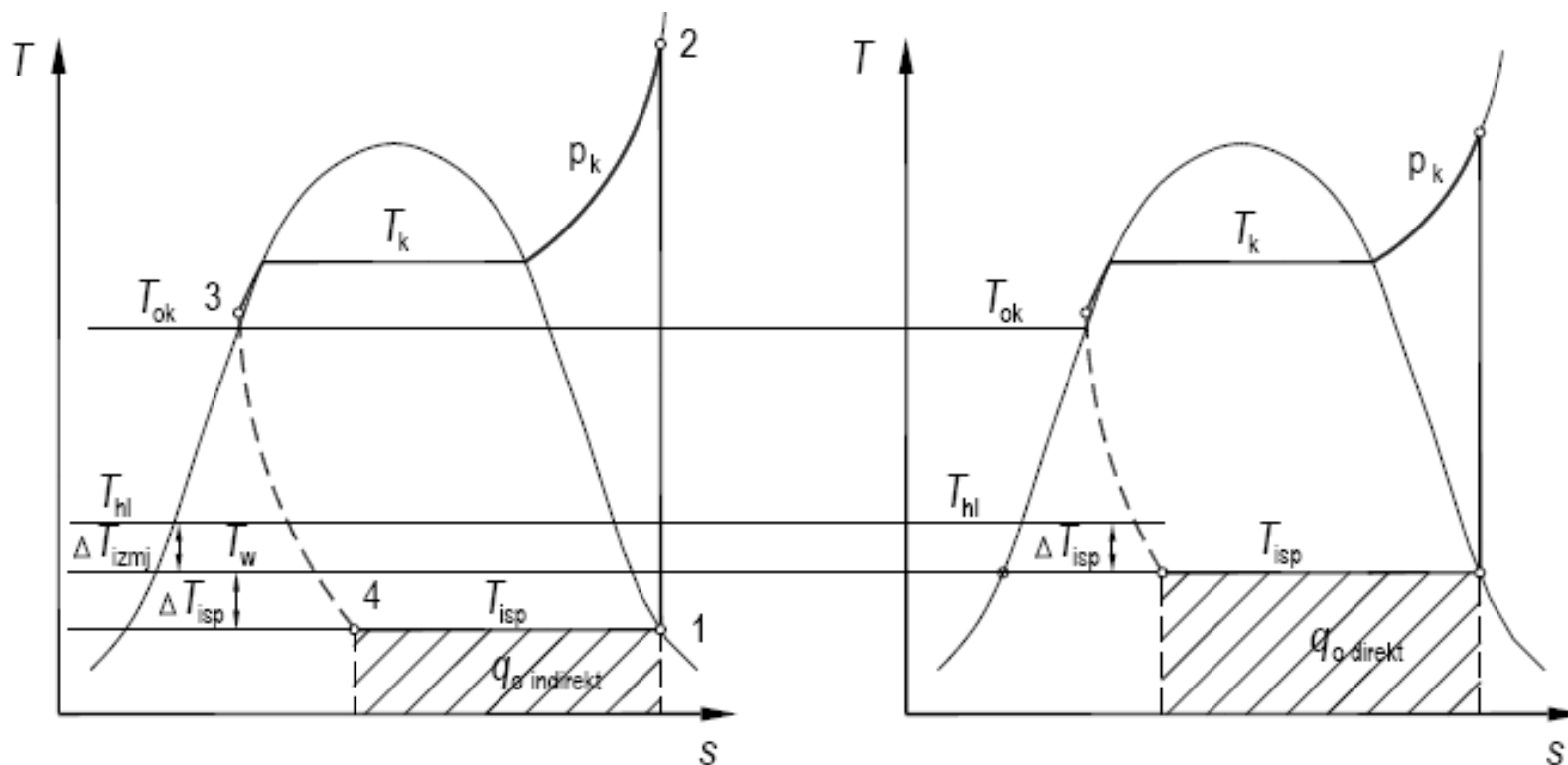
Indirektni sistemi hlađenja (1)



Šema čilera sa vodom hlađenim kondenzatorom

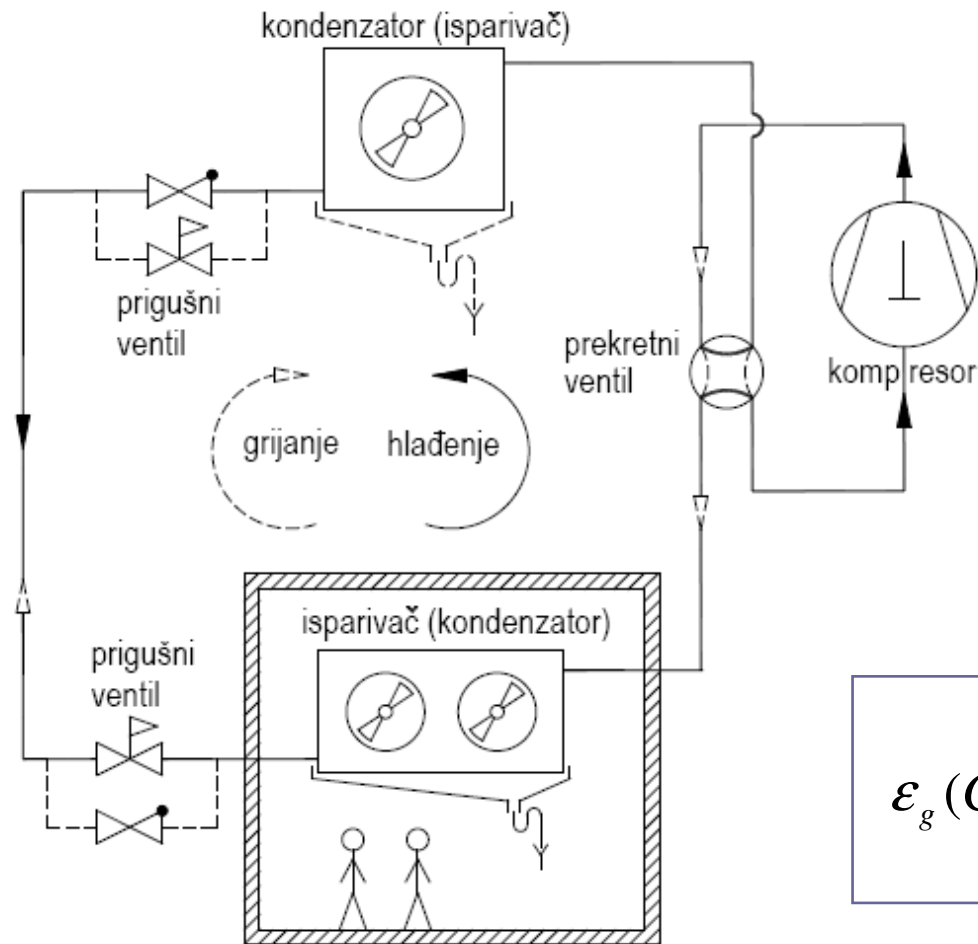
Mašine za hlađenje (6)

Indirektni sistemi hlađenja (2)



Prikaz poređenja indirektnog i direktnog sistema hlađenja

Toplotne pumpe (1)



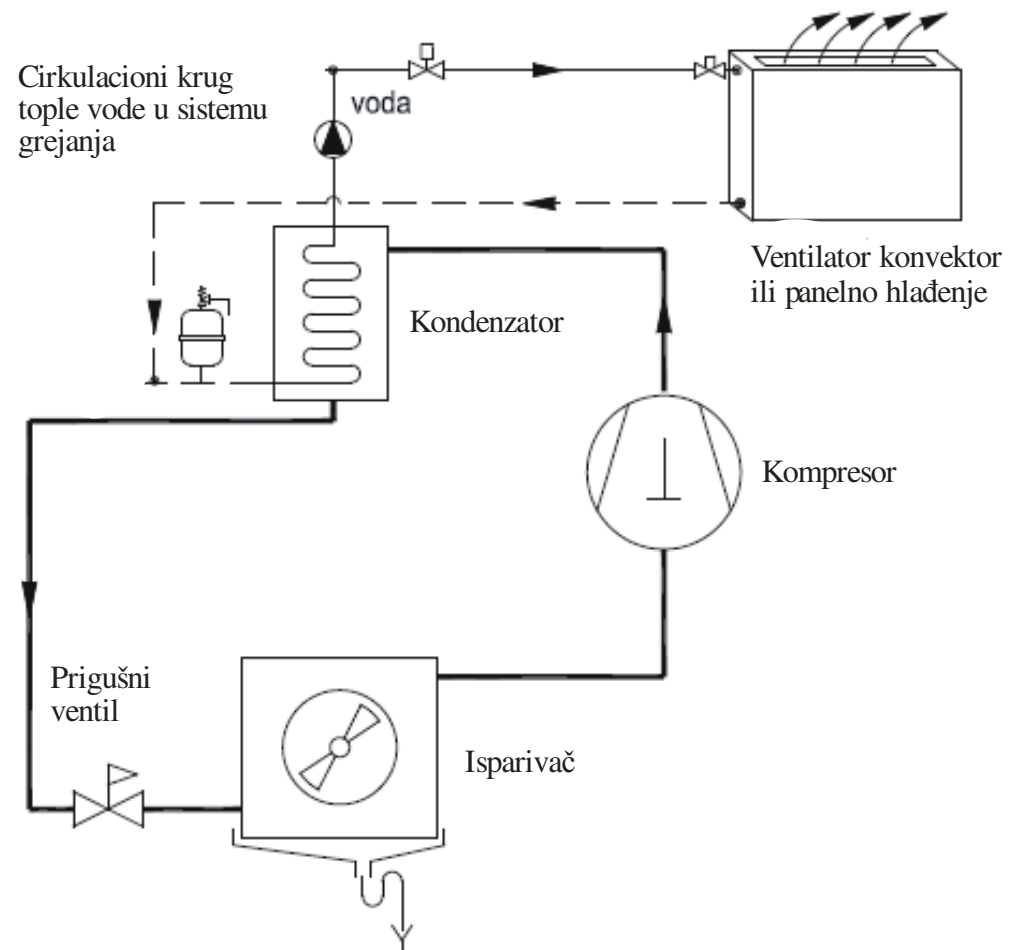
$$\varepsilon_g (COP) = \frac{q_{kond}}{w} = \frac{\dot{Q}_{kond}}{P_{komp}}$$

Prikaz rada rashladnog uređaja u režimu toplotne pumpe

Toplotne pumpe (2)

Izvori toplote toplotnih pumpi

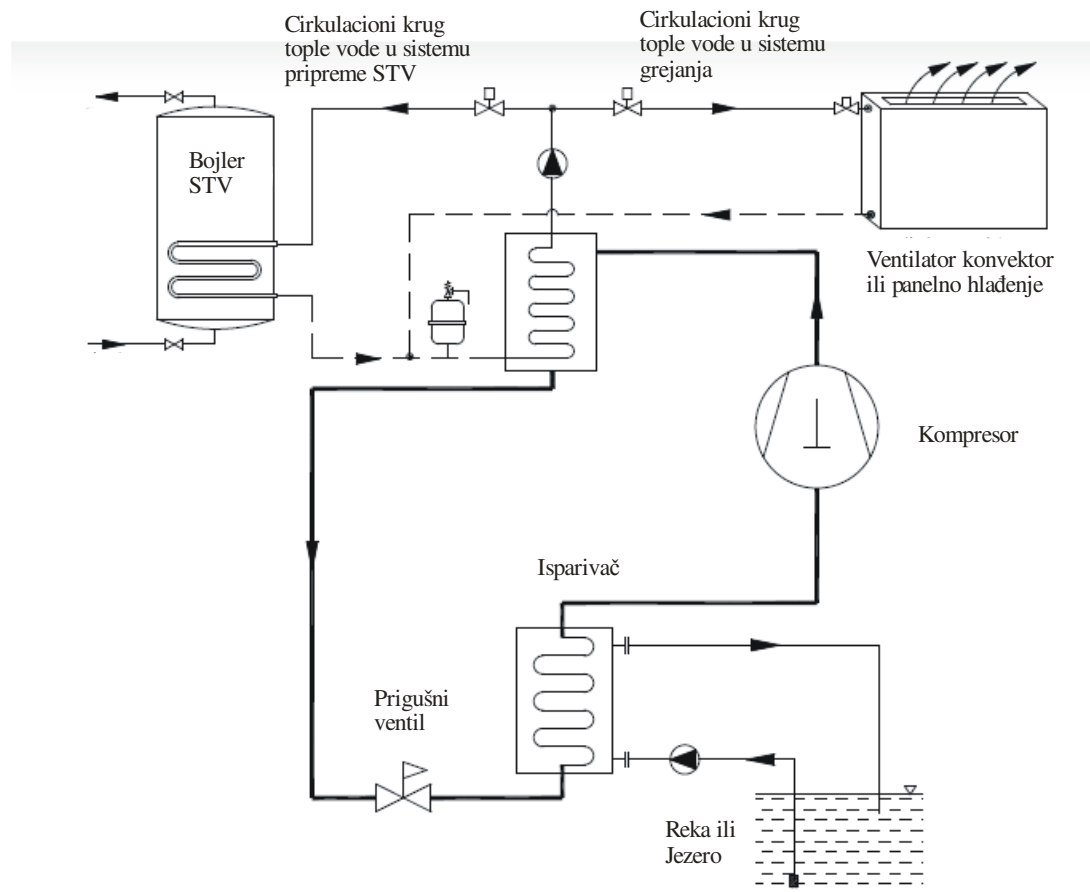
Vazduh kao izvor toplote:



Toplotne pumpe (3)

Izvori toplote toplotnih pumpi

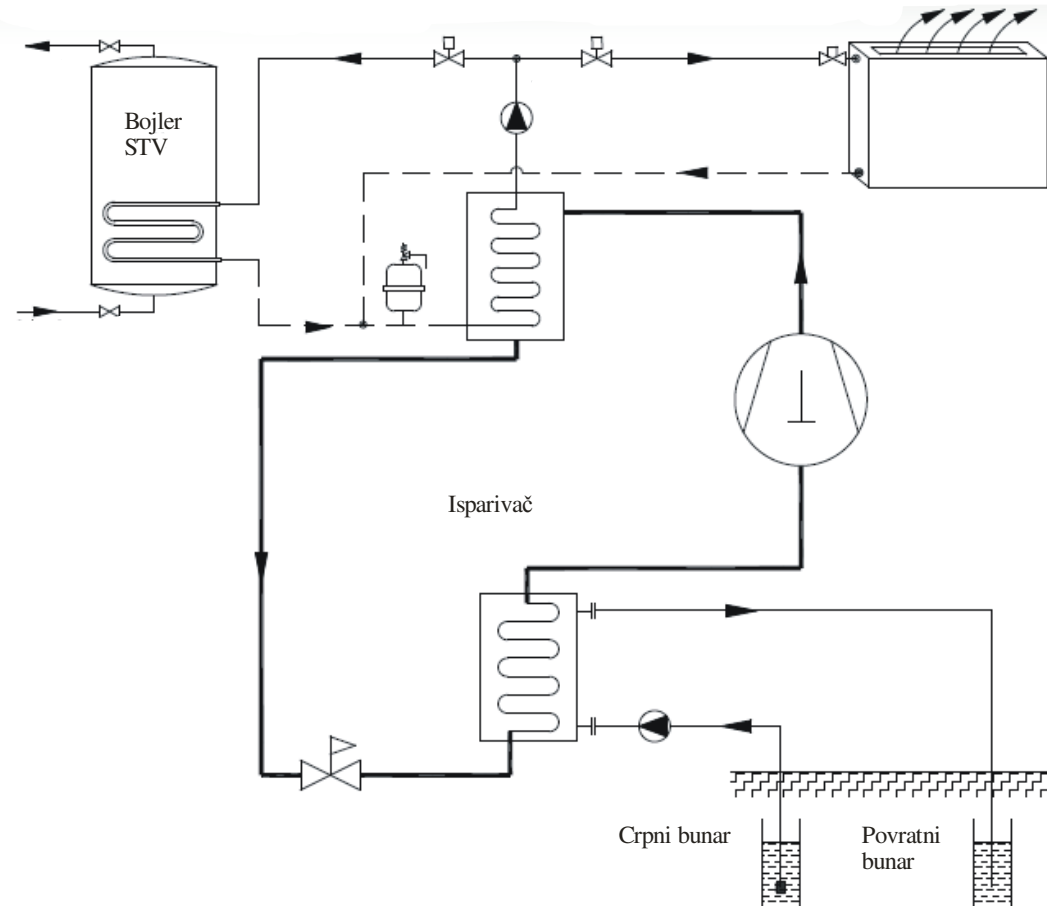
Nadzemne vode kao izvor toplote:



Toplotne pumpe (4)

Izvori toplote toplotnih pumpi

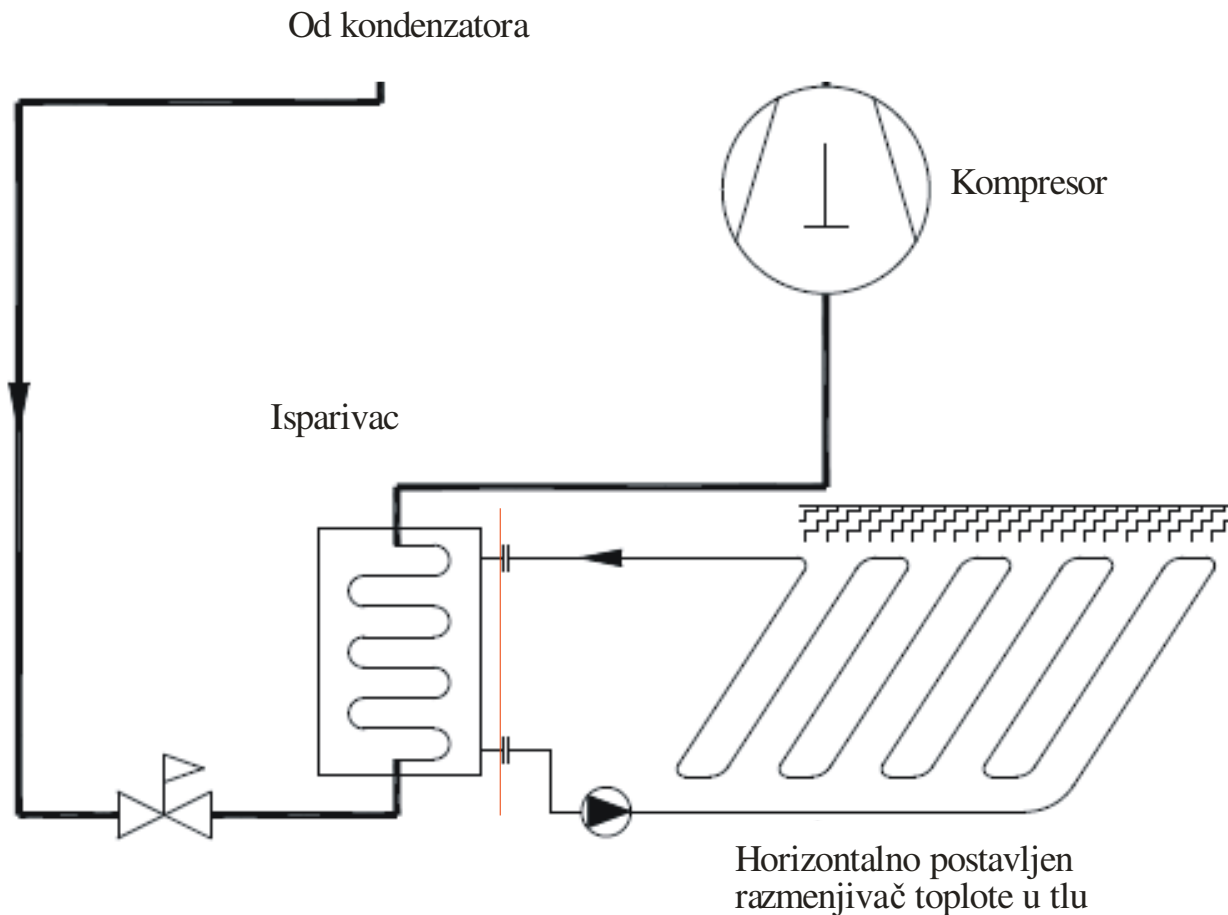
Podzemne vode kao izvor toplote:



Toplotne pumpe (5)

Izvori toplote toplotnih pumpi

Tlo kao izvor toplote (horizontalna izvedba razmenjivača toplote):



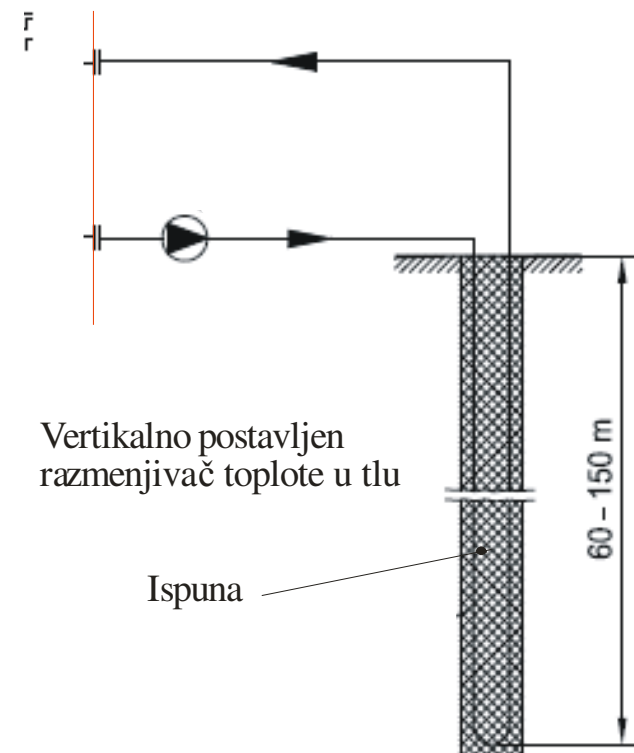
Toplotne pumpe (6)

Izvori toplote toplotnih pumpi

Tlo kao izvor toplote (vertikalna izvedba razmenjivača toplote):

Bušotina do dubina od 60 do 150 m (200 m) često je prihvatljiva u gusto naseljenim područjima, pogotovo na mestima gde je prostor uređen, pri čemu dolazi do minimalnih promena spoljnog izgleda okoline.

Razmenjivač (fabrički predmontiran) se u tlo polaže u dve osnovne izvedbe: kao dvostruka U cev ili kao koaksijalna cev pri čemu kroz unutrašnju PE cev struji hladni fluid (voda + glikol), dok se kroz spoljnu metalnu cev zagrejani fluid vraća na isparivač.





Vazdušni sistemi (1)

Ventilacioni sistemi

- Ventilacioni sistem podrazumeva zamenu vazduha u prostoriji spoljnim vazduhom. Uobičajen je naziv **svež vazduh** za spoljni vazduh koji se u prostoriju uvodi centralnim sistemom.

Ventilacioni sistemi se mogu podeliti na:

- sisteme sa prirodnom ventilacijom i
- sisteme mehaničke (prinudne) ventilacije.

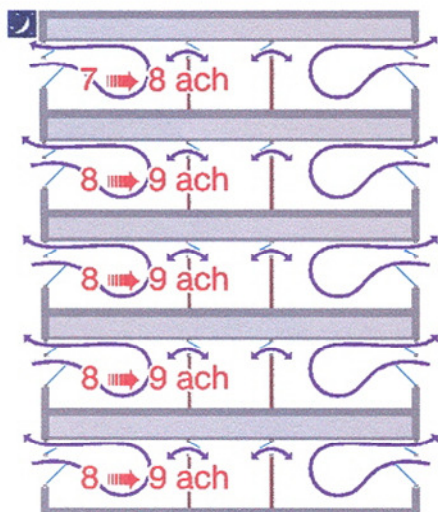
Kada se primenjuje prirodna ventilacija svakako treba uzeti u obzir brzinu i smer vetra, kao i izbor odgovarajućeg mesta na fasadi zgrade gde će biti postavljeni otvori za ventilaciju.

Vazdušni sistemi (2)

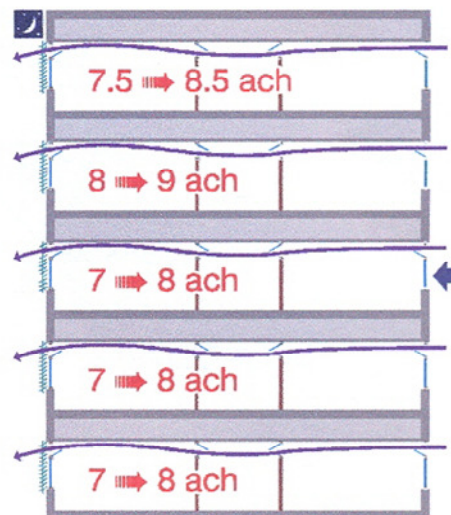
Ventilacioni sistemi

- Prirodna ventilacija najčešće se ostvaruje otvaranjem otvora na fasadi i može se postići:
 - ventilacija cirkulacijom vazduha u prostoriji (*single-sided ventilation*) ili
 - ventilacija prostrujavanjem vazduha (*cross-ventilation*)

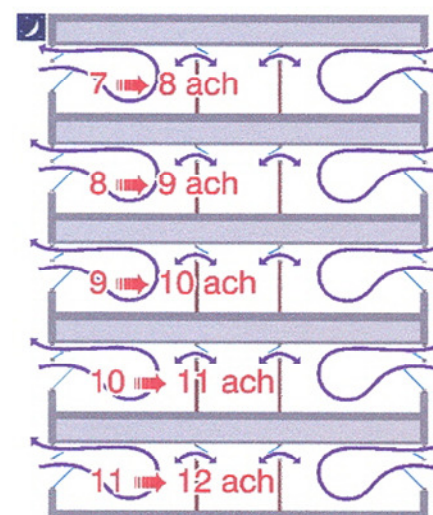
a



b

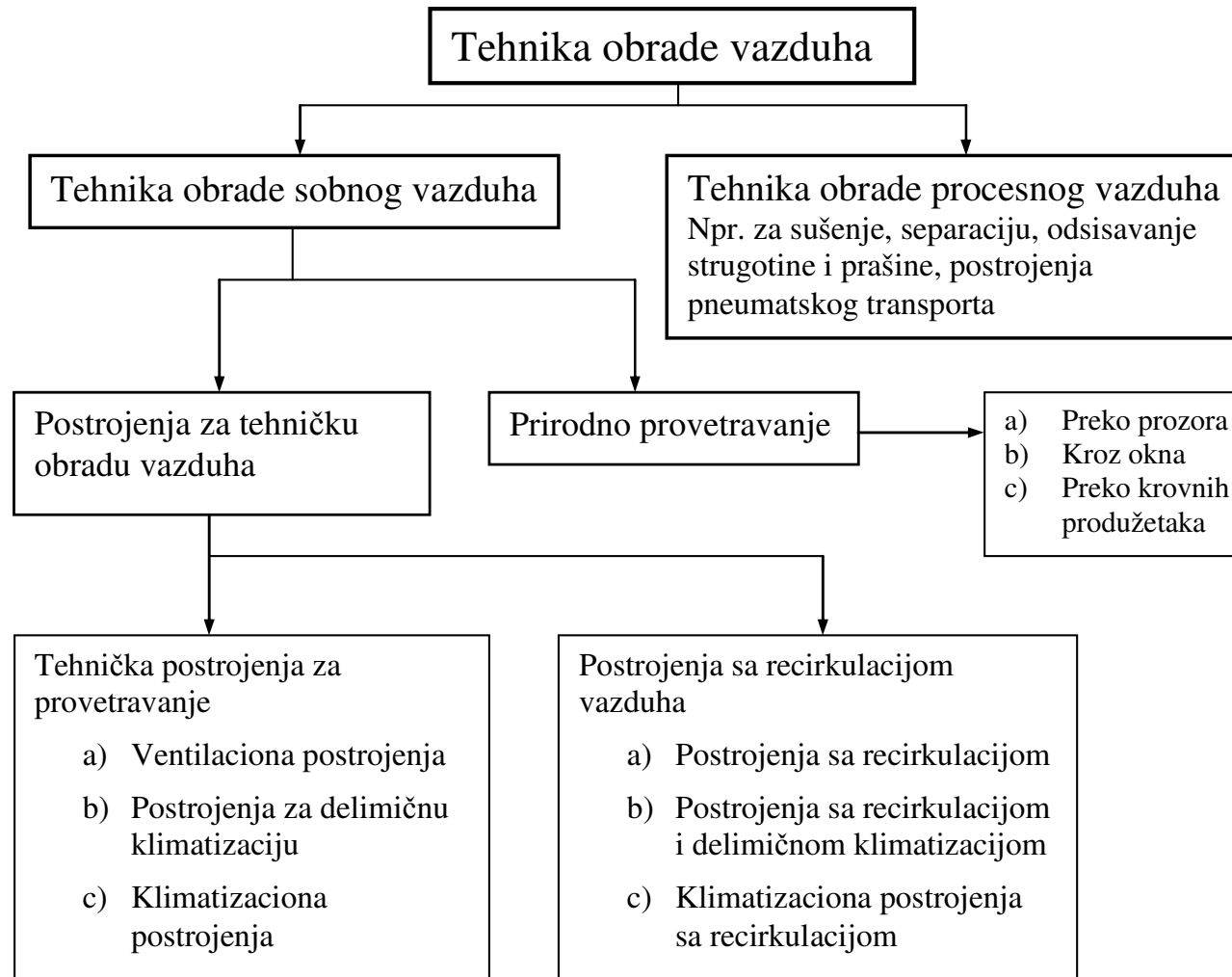


c



Vazdušni sistemi (3)

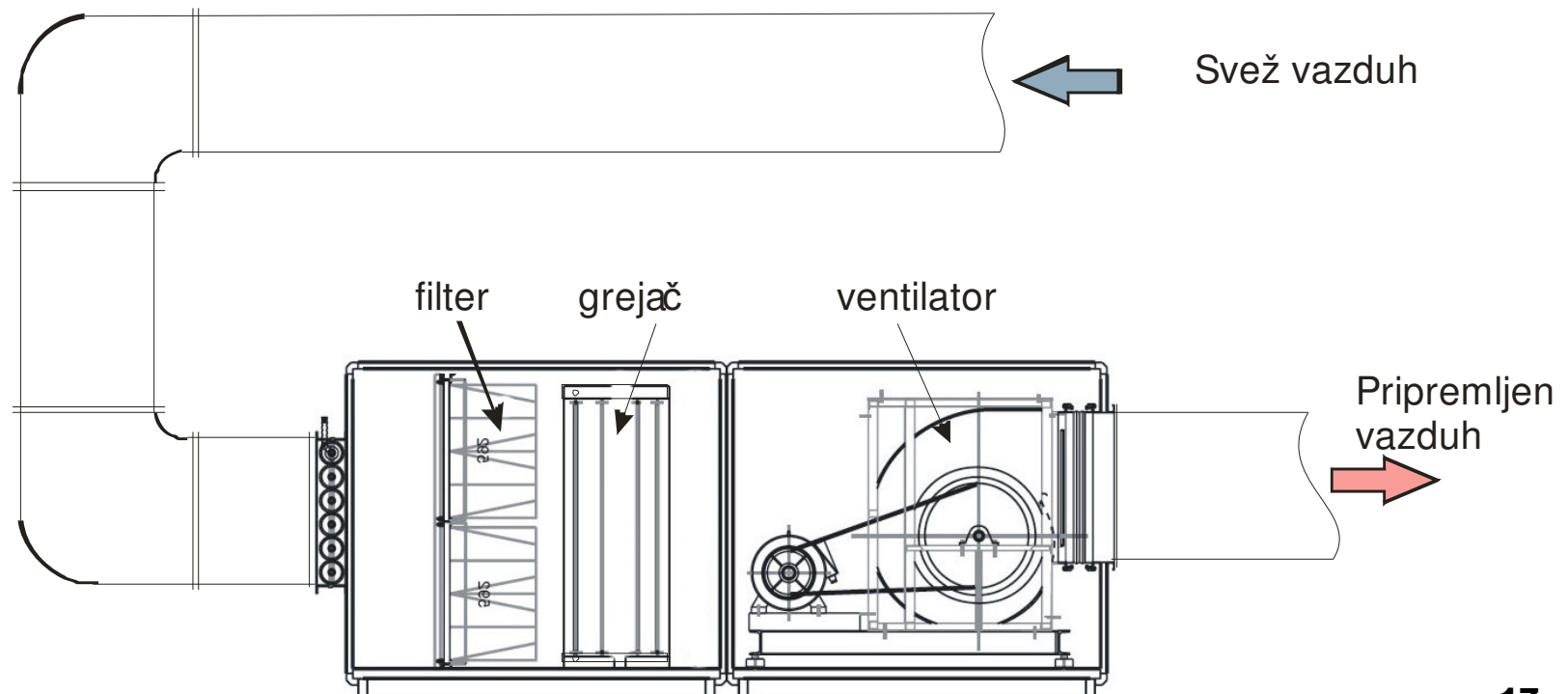
Podela vazdušnih sistema



Vazdušni sistemi (4)

Ventilacioni sistemi

- Centralna priprema vazduha se obavlja u KOMORI za pripremu vazduha (najčešće se koriste pojmovi *ventilaciona komora* i *klima komora*)





Vazdušni sistemi (5)

Ventilacioni sistemi

- Provetravanje (ventilacija) obavlja se svežim (spoljnim) vazduhom. Potrebna količina svežeg vazduha diktirana je uslovima obezbeđivanja kvaliteta vazduha u zatvorenim prostorijama. U komfornoj klimatizaciji zadatak klimatizacionog postrojenja je da ostvari povoljne uslove za disanje i eliminiše stvorene mirise i nečistoće.
- Količina svežeg vazduha može se odrediti jednim od sledećih načina:
 - preko “obroka” po čoveku;
 - preko dozvoljene koncentracije zagađivača;
 - preko broja izmena vazduha na sat.

Vazdušni sistemi (6)

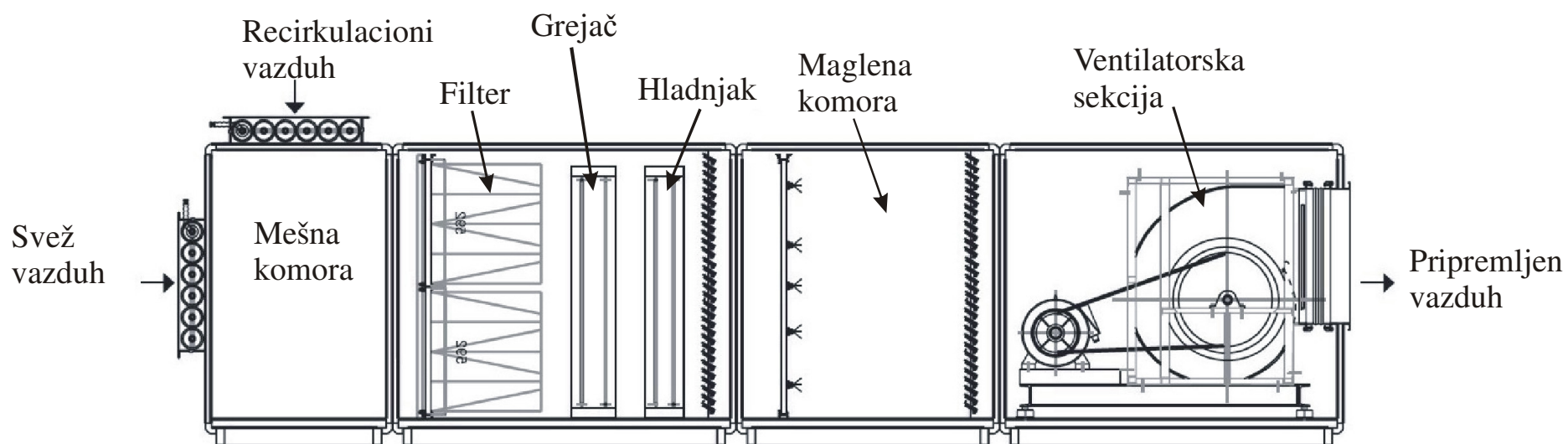
Ventilacioni sistemi

- Određivanje količine svežeg vazduha za klimatizaciju (ventilaciju) prema broju izmena vazduha na sat koristi se kad izvori zagađenja nisu dovoljni definisani i često se koristi u praksi (kontrola).

Namena objekta	n [1/h]
toaleti (u stanovima, ustanovama, javni)	4 – 6 – 15
kupatila	4 – 6
biblioteke	3 – 5
kancelarije	3 – 6
farbare	5 – 15
lakirnice (prostorije za prskanje bojom)	20 – 50
garaže	4 – 5
robne kuće	4 – 6
bolnice (zavisno od odeljenja)	3 – 20
laboratorije	8 – 15 (25)
komercijalne kuhinje	15 – 20
zatvoreni bazeni	3 – 6

Vazdušni sistemi (7)

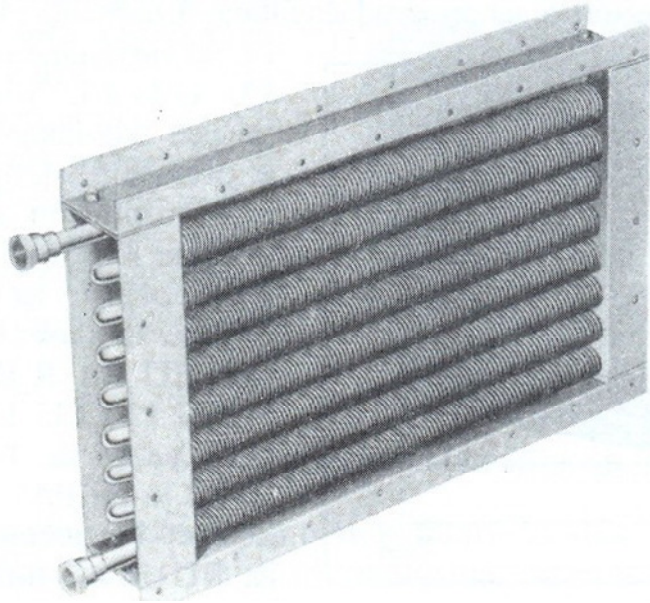
Klima komora



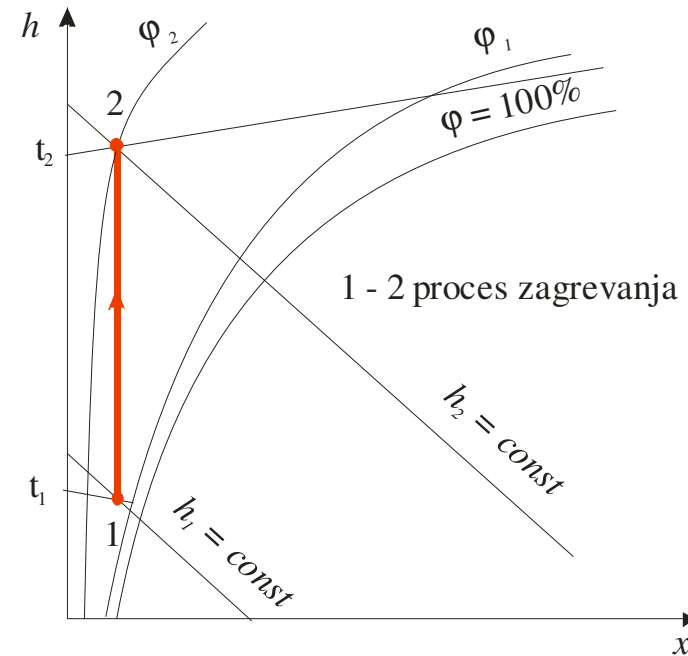
Šematski prikaz horizontalne klima komore

Vazdušni sistemi (8)

- **GREJAČ** služi za zagrevanje vazduha u zimskom i prelaznim periodima (mada se nekad i tokom leta može koristiti). Zagrevanje vazduha se kreće u granicama od -20°C do $+50^{\circ}\text{C}$.



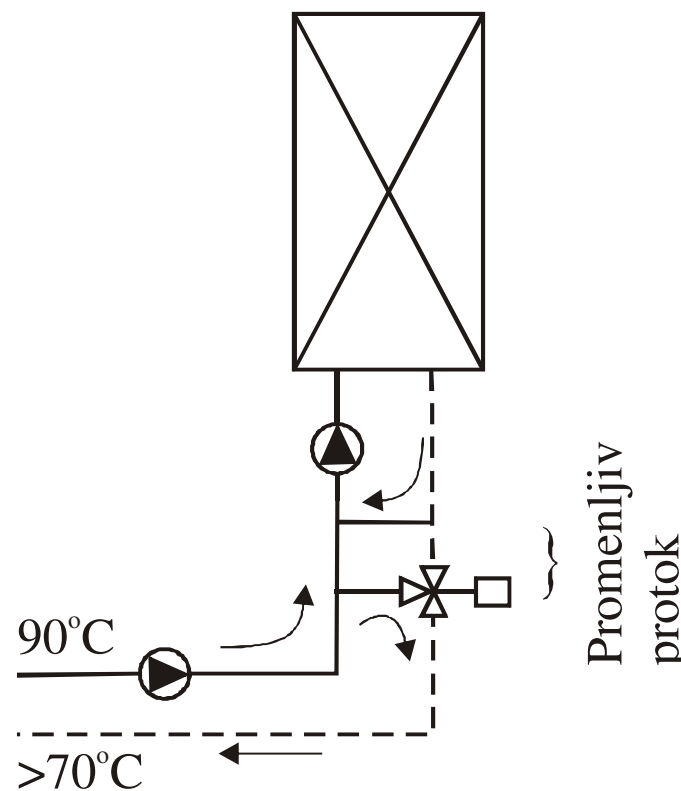
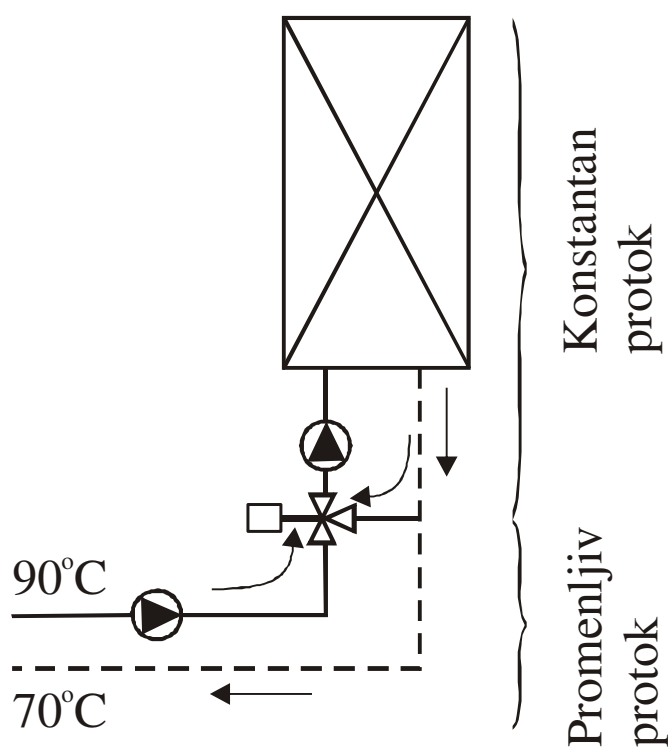
Spoljni izgled grejača sa spiralnim rebrima koji se postavlja u klima komoru



Priprema vazduha u h-x dijagramu

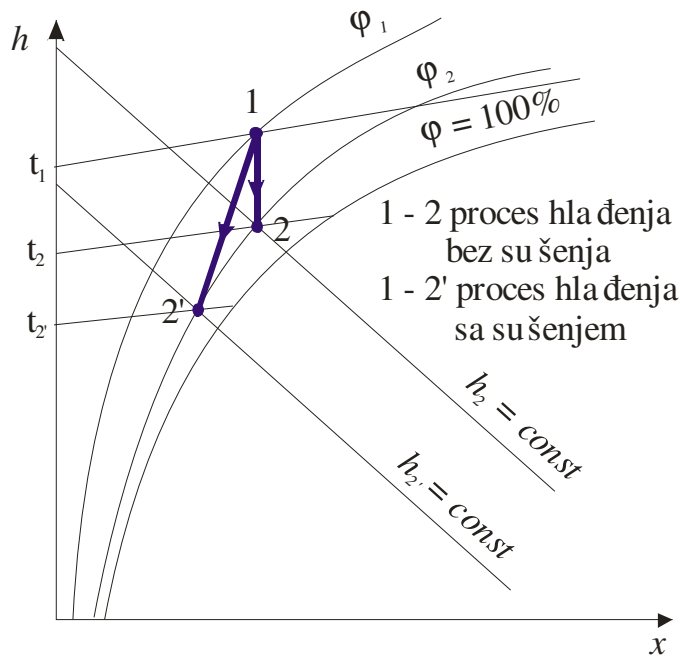
Vazdušni sistemi (9)

- Regulacija odavanja toplote grejača je **kvalitativna** – maseni protok grejnog fluida ostaje konstantan, dok se menja temperatura tople vode na ulazu u grejač. Regulacija se vrši pomoću trokrakog ventila koji je najčešće smešten u razvodnom vodu grejača i radi kao mešni.



Vazdušni sistemi (10)

- **HLADNJAK** služi za hlađenje vazduha u letnjem i prelaznim periodima. Konstruktivno se ne razlikuje od grejača. I hladnjaci su, kao i grejači izrađeni od orebrenih cevi.



Proces hlađenja u h-x dijagramu

Da li će doći do izdvajanja vlage prilikom hlađenja vazduha zavisi od:

- stanja vazduha koji struji preko površine hladnjaka (temperature tačke rose θ_{TR})
- temperaute površine hladnjaka θ_{PH} .

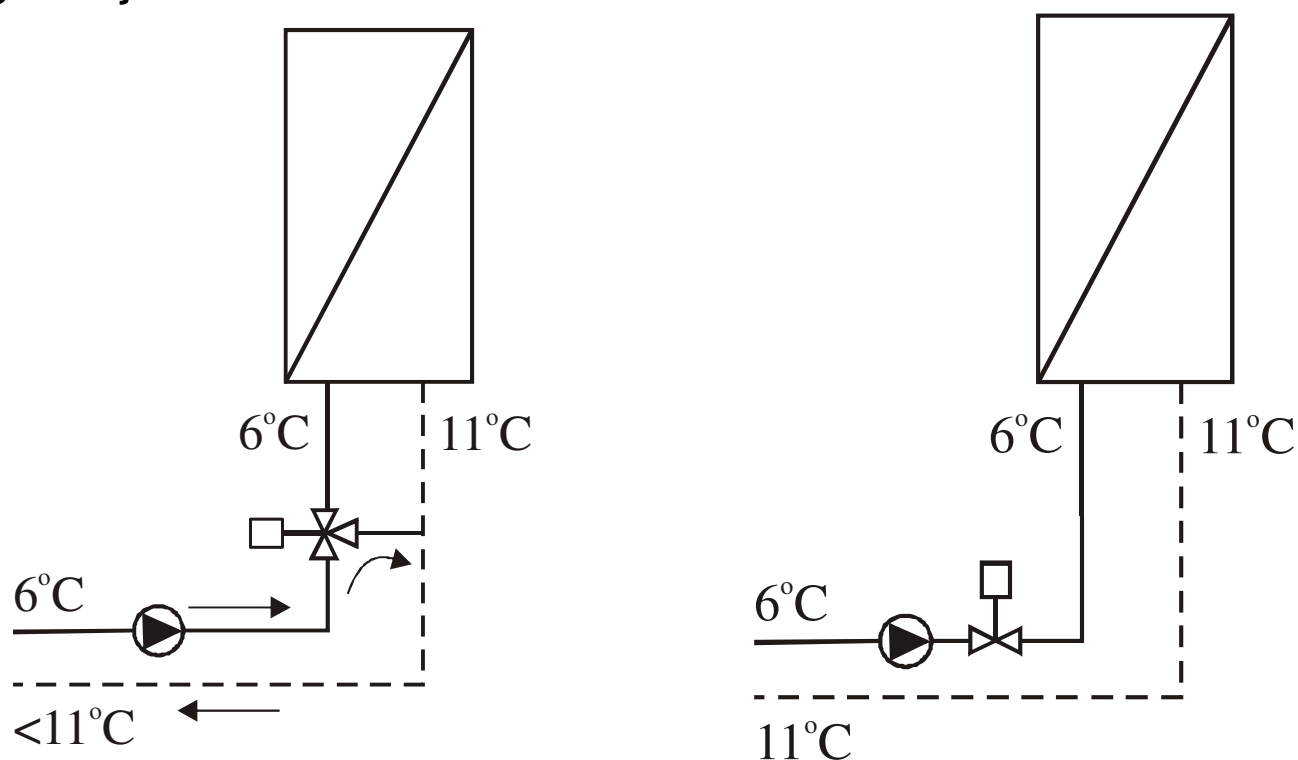
Kada je : $\theta_{TR} > \theta_{PH}$ doći će do izdvajanja vlage iz vazduha prilikom hlađenja.

Vazdušni sistemi (11)

- Prema vrsti rashladnog fluida hladnjaci se mogu podeliti na:
 - **Hladnjake sa direktnim isparavanjem**, kada je radni fluid neki od rashladnih fluida (freon, amonijak, CO₂...) Tada je isparivač rashladne mašine hladnjak u klima komori i tada je površina hladnjaka na konstantnoj temperaturi koja odgovara temperaturi isparavanja;
 - **Protočne hladnjake**, kada je radni fluid hladna voda (ili vodeni rastvor antifrizu ako su potrebne niže temperature radnog fluida). U ovom slučaju temperatura površine hladnjaka nije konstantna, već se menja kako se voda zagreva od temperature na ulazu u hladnjak do temperature na izlazu iz hladnjaka. Danas se u klima komora pretežno koristi ovaj tip hladnjaka (sa sekundarnim rashladnim fluidom). Voda potrebna za hlađenje celog objekta se priprema u rashlasnoj mašini. Na ovaj način se izbegava opasnost od curenja freona u klima komori i obezbeđuje centralna priprema hladne vode, čime je smanjena količina primarnog rashladnog fluida u sistemu.

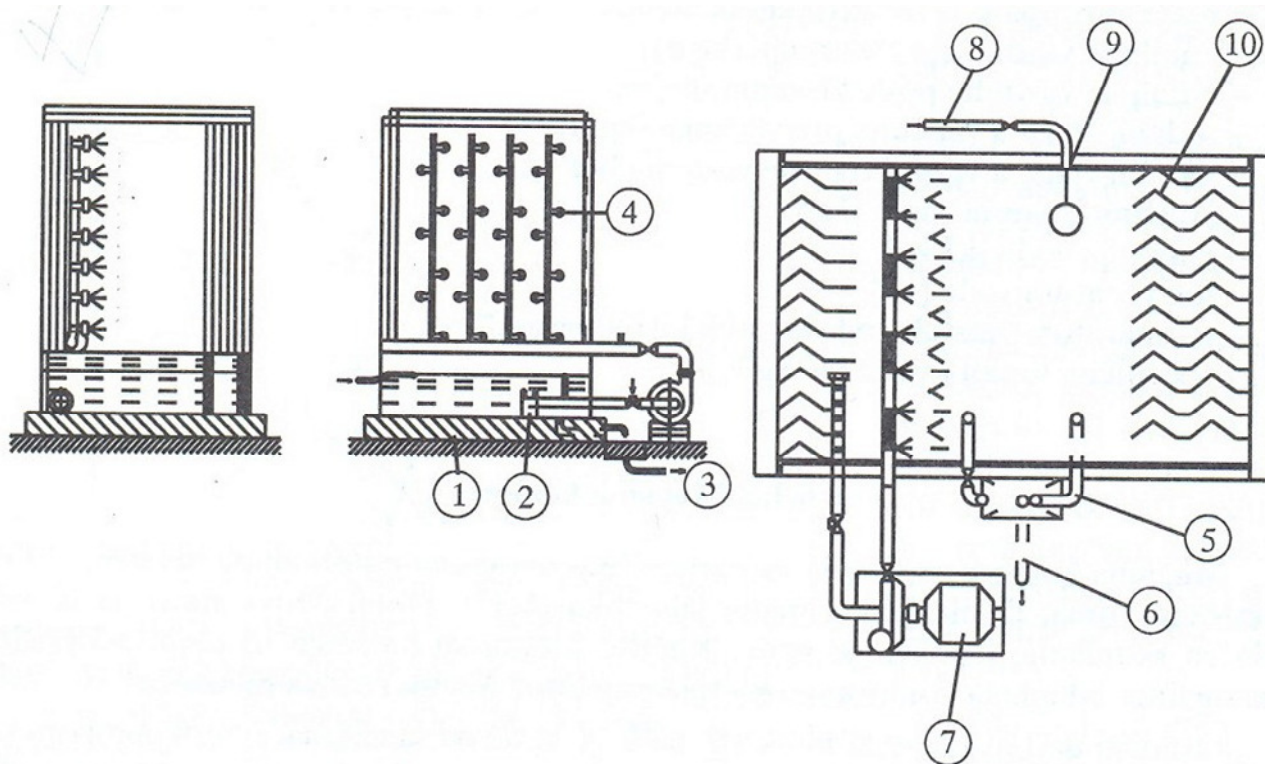
Vazdušni sistemi (12)

- Zbog malih razlika temperatura vode na ulazu i izlazu iz hladnjaka kvalitativna regulacija nije dobra - bila bi jako gruba - povišenjem temperature vode u razvodu za samo 1°C rezultovalo bi smanjenjem rashladnog učinka hladnjaka za 17%. Primenjuje se kvalitativna regulacija rada.



Vazdušni sistemi (13)

- **MAGLENA KOMORA** je deo klima komore u kome se vrši vlaženje vazduha vodom.

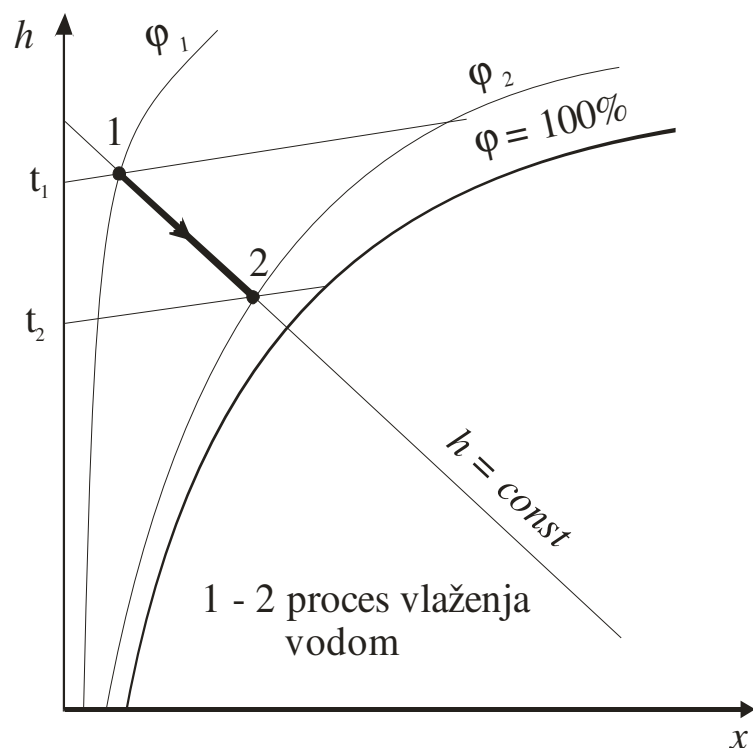


Osnovni elementi:

- 1 - kada za vodu
- 2 - korpa na usisnoj cevi
- 3 - ovod za pražnjenje
- 4 - cevni registar sa mlaznicama
- 5 - prelivna cev
- 6 - odvod viška vode
- 7 - cirkulaciona pumpa
- 8 - priključak za dolivanje
- 9 - plovak
- 10 - eliminator kapi

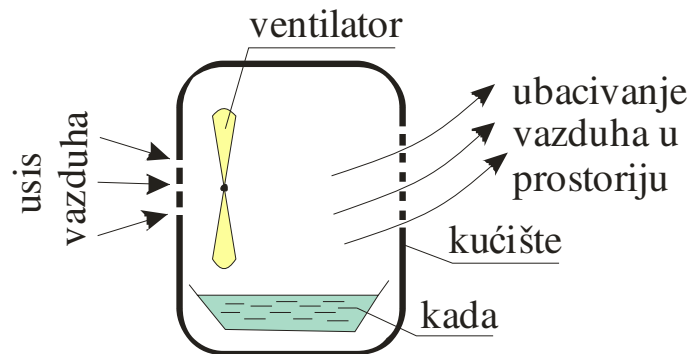
Vazdušni sistemi (14)

- Regulacija procesa vlaženja vrši se promenom protoka vode koja se raspršuje u struju vazduha, a na osnovu signala higrostata postavljanog u struju pripremljenog vazduha.



Proces vlaženja u h - x dijagramu

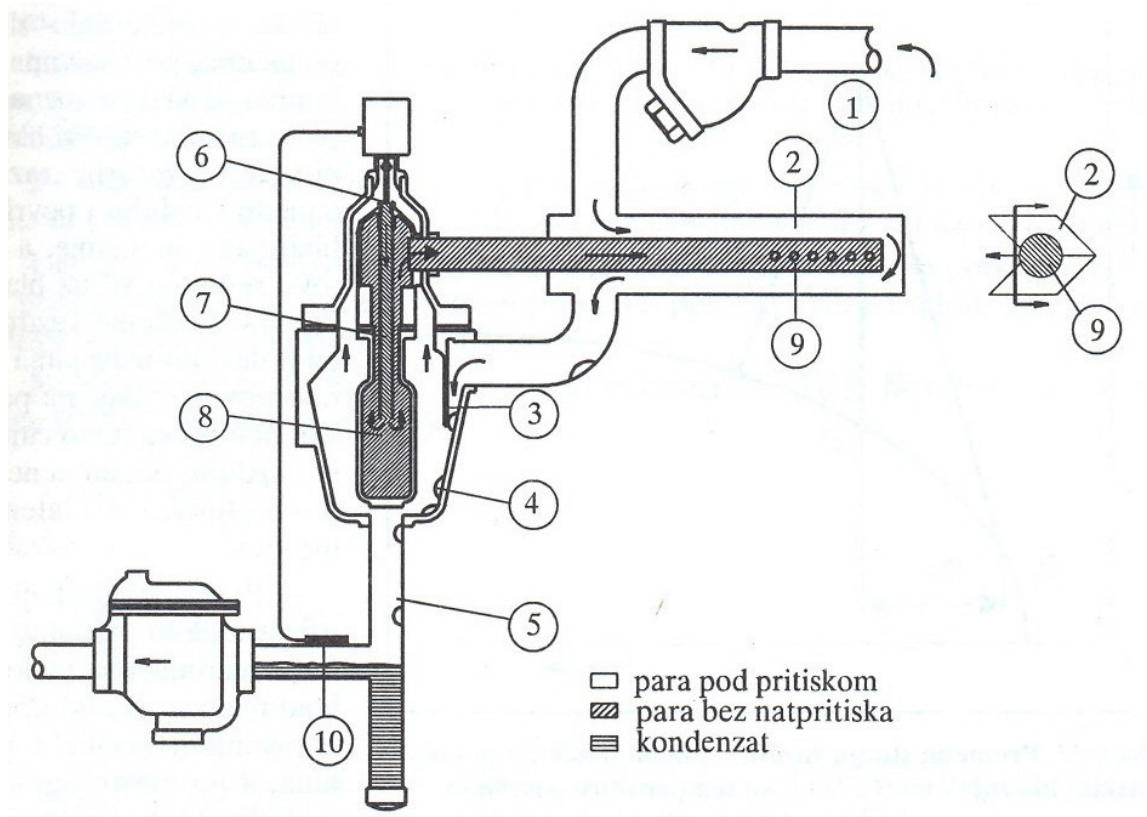
Pored maglene komore postoje i lokalni ovlaživači vazduha sa vodom, koji se postavljaju u prostoriji. Oni su veoma jednostavne konstrukcije: u kućištu, koje je uglavnom lepo oblikovano, nalazi se posuda sa vodom (rezervoar) i mali aksijalni ventilator kojim se ostvaruje cirkulacija vazduha kroz aparat.



Lokalni ovlaživač vazduha

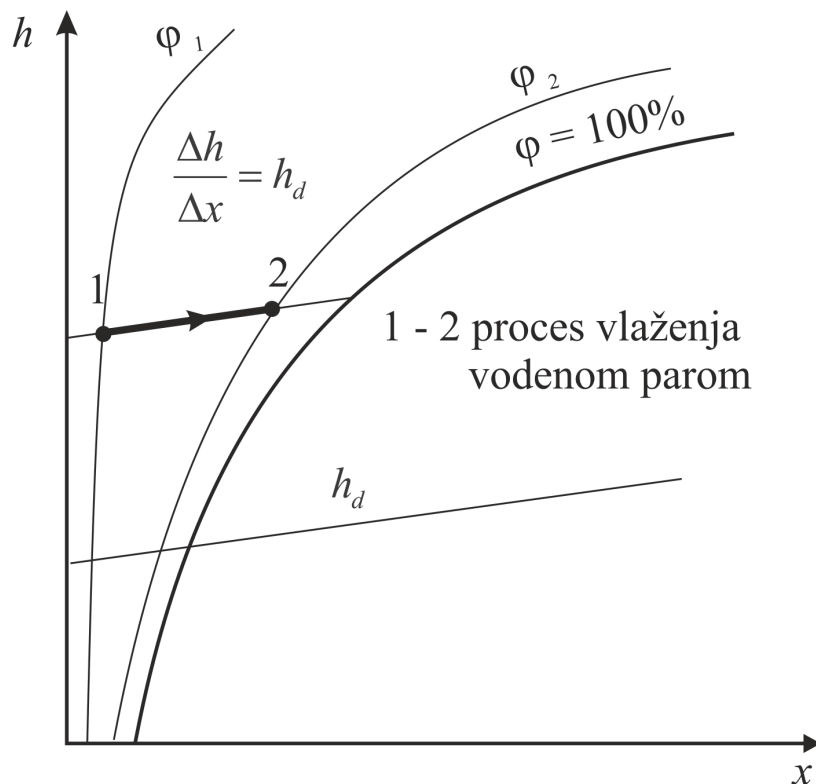
Vazdušni sistemi (15)

- **Vlaženje vazduha vodenom parom** znatno je jeftiniji i jednostavniji način vlaženja vazduha, koji pruža znatno bolje mogućnosti za regulaciju. Zbog toga se u praksi mnogo češće koriste parni ovlaživači .



Vazdušni sistemi (16)

- Proces vlaženja određen je entalpijom vodene pare.



Proces vlaženja u h-x dijagramu

Neophodno je da se proces vlaženja obavlja suvom parom, pošto vlažna para i kondenzat mogu dovesti do pojave neprijatnih mirisa, kao i do mogućnosti razvoja algi i bakterija u kondenzatu. Uvođenjem suve pare u struju vazduha dolazi do mešanja vlažnog vazduha i pare, pa se iz bilansa mešanja dolazi do izraza:

$$\frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta h}{\Delta x} = h_d,$$

koji određuje pravac procesa vlaženja parom. Pravac promene stanja prilikom vlaženja parom je određen entalpijom pare kojom se vrši vlaženje.

Vazdušni sistemi (17)

- Filtriranje vazduha je obavezan proces, čime se obezbeđuje željena čistoća vazduha u prostoru.



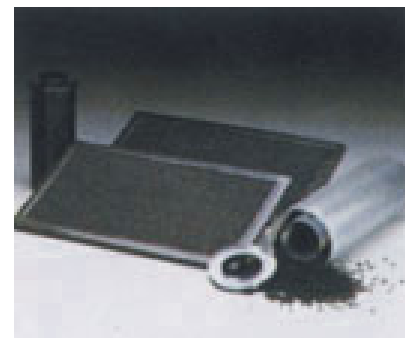
Vrećasti filteri



Vrećasti filter sa 4 ćelije



Kasetni filteri



Filteri sa aktivnim ugljem

Vazdušni sistemi (18)

- Postoje različite vrste i konstrukcije filtera koji se koriste u tehnici ventilacije i klimatizacije:
 - **Žičani filter** – izrađuje se od isprepletane žice. Broj otvora po cm² može biti različit zavisno od veličine čestica koje treba da izdvoji. Ovo su vrlo grubi filteri i uglavnom imaju zaštitnu funkciju.
 - **Kasetni filter** – u metalni ram postavlja se filterski materijal. Često se koriste u klimatizaciji. Zauzimaju malo prostora u klima komori.
 - **Vrećasti filter** – izrađuje se od istog materijala kao i kasetni. Za isti poprečni presek ima znatno veću površinu od kasetnog filtera, tako da može da izdvoji mnogo više prašine (duži period između zamene filtera), ali zauzima više mesta u klima komori. Ovo je danas najčešće korišćeni tip filtera u klima komorama.
 - **Filter sa pokretnom trakom**, tzv. rol filter – koristi se uglavnom u industriji. Filterska masa može biti i nauljena.

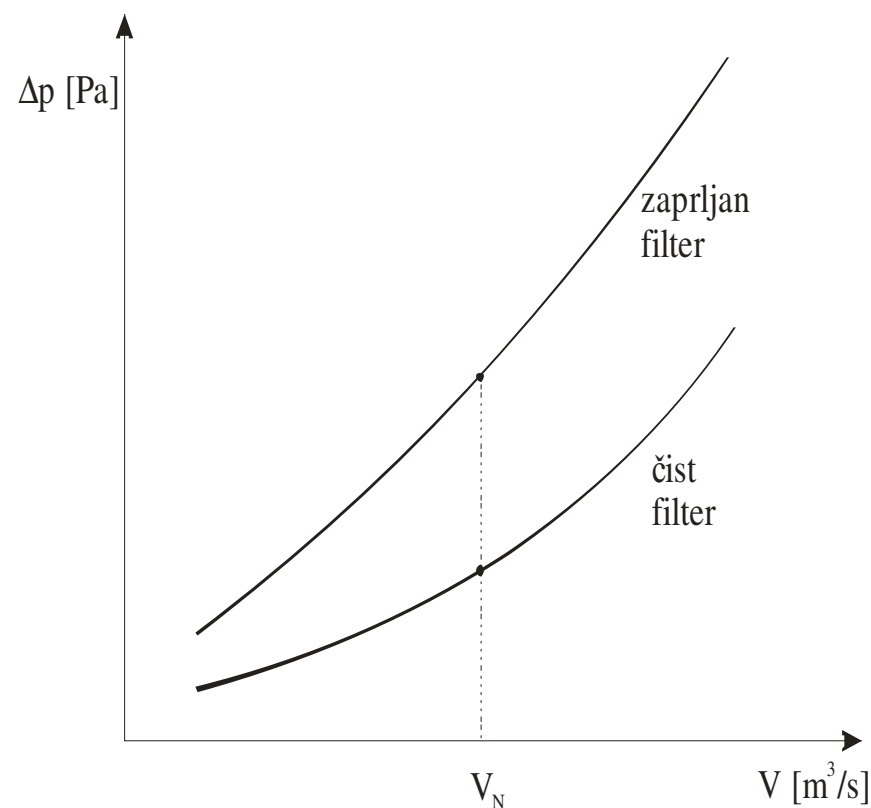
Vazdušni sistemi (19)

- Klasifikacija filtera za vazduh:

Klasa filtera	Efikasnost filtera η	Stepen korisnosti filtera E_m	Stara oznaka	Naziv filtera
EU1	$\eta < 65$		A	za grubu prašinu
EU2	$65 \leq \eta < 80$		B ₁	za finu prašinu
EU3	$80 \leq \eta < 90$		B ₂	
EU4	$90 \leq \eta$			
EU5		$40 \leq E_m < 60$	C ₁	visokoučinski filter za finu prašinu
EU6		$60 \leq E_m < 80$	C ₂	
EU7		$80 \leq E_m < 90$		
EU8		$90 \leq E_m < 95$	C ₃	
EU9		$95 \leq E_m$	–	
EU10	85		Q	Apsolutni filter (filter za lebdeću prašinu)
EU11	95		R	
EU12	99,5		S	
EU13	99,95			
EU14	99,995		ST	
EU15	99,9995		T	
EU16	99,99995		U	
EU17	99,999995		V	
EU18	99,9999995		–	

Vazdušni sistemi (20)

- Pri strujanju vazduha kroz filter dolazi do pada pritiska. Vrednost pada pritiska na filteru u klimatizacionim postrojenjima može da se kreće u opsegu: od 20 Pa za grube filtere do 500 Pa za apsolutne. Tokom rada filter se prlja, pa se pad pritiska u filteru povećava. Tokom rada, usled izdvajanja čestica prašine na filterskim vlaknima, pad pritiska se povećava i kada se dostigne granična vrednost koja odgovara maksimalno zaprljanom filteru, na kontrolnoj tabli uključuje se alarm koji upozorava da je potrebno da zameni ili opere filter.

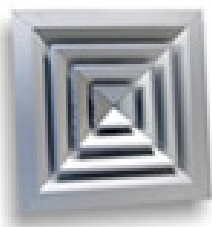


Vazdušni sistemi (21)

- Kod vazdušnih sistema se **transport** pripremljenog vazduha do mesta ubacivanja vrši **kanalskom mrežom**, koja se deli na razvodnu i povratnu.
- Vazduh cirkuliše kroz sistem kanala - kanalsku mrežu, a razliku pritisaka za njegovo stujanje obezbeđuju ventilatori.
- Zadatak kanlske mreže je:
 - dovođenje vazduha do svake klimatizovane prostorije što kraćim putem;
 - da proizvede i/ili prenese što manje šumova (dozvoljeni nivo buke);
 - da obezbeđuje lako održavanje (tokom eksploatacije kanali se prljaju, pa ih je potrebno s vremena na vreme očistiti);
 - da gubici i dobici toplote budu svedeni na minimum;
 - dobro uklapanje u arhitektonsko-građevinsku celinu objekta;
 - da investicioni i eksploatacioni troškovi budu minimalni.
- Materijali koji se koriste za izradu kanala su čelični, pocinkovani, aluminijumski i crni lim, zatim azbestni cement, beton, sintetički materijali, plastične i fleksibilne cevi.

Vazdušni sistemi (22)

- Postoji veliki broj različitih elemenata za ubacivanje pripremljenog vazduha u prostoriju.



Kvadratni anemostat



Kružni anemostat



Plafonski difuzor



Dvoredna zidna rešetka



Plafonska rešetka



Linijski difuzor



Linijski vrtložni difuzor



Podna rešetka

Vazdušni sistemi (23)

- Elementi klima komore za korišćenje otpadne toplote - razmenjivači toplote vazduh-vazduh - cilj: povećanje efikasnosti sistema.
- Vazduh koji se izvlači iz prostorije, pre nego što se izbací van objekta kao **otpadni vazduh**, vraća se nazad u komoru, prolazi kroz razmenjivač i predaje toplotu hladnom spoljnom vazduhu.
- Rotacioni razmenjivači imaju veći stepen efikasnosti (oko 75-85%) dok je on nešto manji kod pločestih unakrsnih razmenjivača (60-70%).



Vazdušni sistemi (24)

- Spratne klima komore sa razmenjivačima toplote za korišćenje toplote otpadnog vazduha.

