



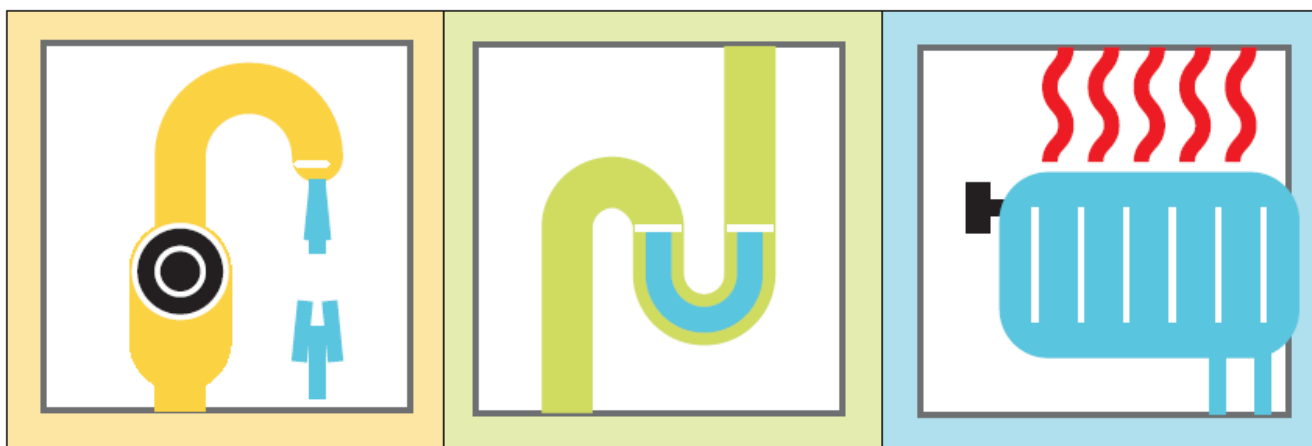
Š R E D N J A Š K O L A

Trogodišnja strukovna škola

razred: drugi

zanimanje: **INSTALATER KUĆNIH INSTALACIJA**

TEHNOLOGIJA KUĆNIH INSTALACIJA I



pripremio: prof. Križnjak

učenik: _____ 2.IKI
šk.god. 2024/25.

Uvod:

Program predmeta Tehnologija kućnih instalacija sastoji se od pet cjelina ("kompleksnih radnih zadaća"):

2.1 Instalacije za pitku vodu (70 sati)

2.2 Instalacije za odvodnjavanje (35 sati)

2.3 Instalacije za grijanje (35 sati)

2.4 Instalacije sustava za cirkulaciju zraka (35 sati)

2.5 Instalacije za plin (35 sati)

U ovom priručniku obrađene su cjeline:

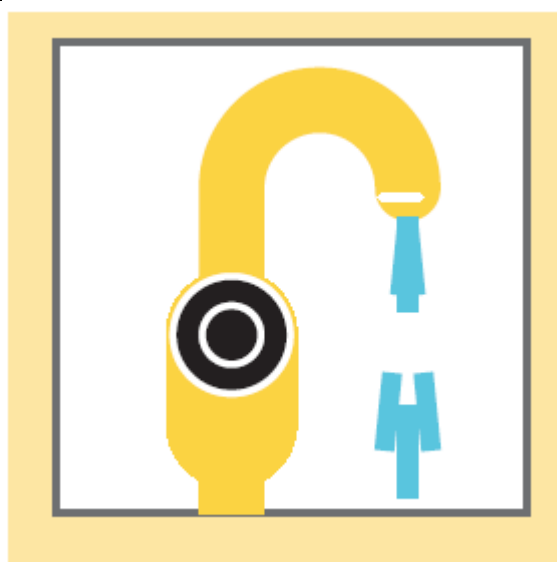
2.1 Instalacije za pitku vodu (70 sati – 1. i 2. dio),
1. dio: Osnove hidromehanike (35 sati)
2. dio: Osnovna svojstva vode, Opskrba pitkom vodom, Kućna vodovodna instalacija (35 sati)

2.2 Instalacije za odvodnjavanje (35 sati)

2.3 Instalacije za grijanje (35 sati)

2.1. INSTALACIJE ZA PITKU VODU

1. dio: Osnove hidromehanike



pripremio: **prof. Križnjak**

Sadržaj:

0. Uvod

1. Osnovne fizikalne veličine i njihove mjerne jedinice

1.1 Masa i težina

1.2 Gustoća

1.3 Specifični volumen

1.4 Tlak

1.4.1 Atmosferski tlak , apsolutni tlak, relativni tlak (natlak i potlak)

1.5 Protok

2. Tlak u tekućinama u plinovima

2.1 Hidrostatički tlak

2.1.1 Uzgon

2.2 Tlak u tekućini uslijed vanjskih sila – Pascalov zakon

2.2.1 Tlak uslijed vanjskih sila kod plinova

2.3 Mjerenje tlaka

3. Strujanje tekućina i plinova

3.1 Zakon kontinuiteta

3.2 Zakon energije

3.3 Gubici tlaka pri strujanju tekućine kroz cjevovode

3.4 Laminarno i turbulentno strujanje

0. UVOD

Moderna tehnika moguća je zahvaljujući čovječjem poznavanju prirodnih zakona koji se u njoj primjenjuju. Dio te tehnike svakako su vodo-, plino- i instalacije centralnog grijanja i klimatizacije. Želi li se biti uspješan na tom području moraju se poznavati odgovarajuće prirodne zakonitosti.

Fizikalne veličine kao što su duljina, temperatura, tlak i dr. mijenjaju se po određenim pravilima. Da bi ih se moglo opisivati brojčano, moraju se mjeriti. Za mjerenje su potrebni mjerni uređaji koji su podešeni prema zakonskim mjernim jedinicama.

Zakonske mjerne jedinice u Hrvatskoj su definirane međunarodnim sustavom mjernih jedinica – SI sustavom.

1. OSNOVNE FIZIKALNE VELIČINE I NJIHOVE MJERNE JEDINICE

Postoji sedam osnovnih fizikalnih veličina te njihove odgovarajuće mjerne jedinice. To su:

VELIČINA	JEDINICA	OZNAKA
▪ Duljina	Metar	m
▪ Masa	Kilogram	kg
▪ Vrijeme	Sekunda	s
▪ Električna jakost struje	Amper	A
▪ Temperatura	Kelvin	K
▪ Jakost svjetla	Candela	Cd
▪ Količina tvari	mol	mol

Osim osnovnih fizikalnih veličina i njihovih mjernih jedinica, postoji čitav niz **izvedenih fizikalnih veličina** i njihovih mjernih jedinica.

Neke od njih, koje se češće koriste kod strojarских instalacija, su:

VELIČINA	JEDINICA	OZNAKA
▪ Volumen	m ³	V
▪ Gustoća	kg/m ³	ρ
▪ Specifični volumen	m ³ /kg	v
▪ Brzina	m/s	v
▪ Sila	N (Newton)	F
▪ Tlak	Pa (Pascal)	p
▪ Rad, Toplina	J (Joule)	W, Q
▪ Snaga	W (Watt)	P

Vrlo često su vrijednosti fizikalnih veličina ili vrlo velike ili vrlo male. Tada koristimo prefikse ispred jedinica koji označavaju za koliko je jedinica uvećana ili umanjena.

	BROJ	VRIJEDNOST	PREFIKS	OZNAKA	POTENCIJA
UVEĆANJE	1 000 000	Milijun	Mega	M	10 ⁶
	1 000	Tisuću	Kilo	k	10 ³
	100	Sto	Hekto	h	10 ²
	10	Deset	Deka	da	10 ¹
	1	Jedan	-	-	10 ⁰
UMANJENJE	0,1	Desetina	Deci	d	10 ⁻¹
	0,01	Stotnina	Centi	c	10 ⁻²
	0,001	Tisućina	Mili	m	10 ⁻³
	0,000 001	Milijuntina	Mikro	μ	10 ⁻⁶

primjeri:

1.1. Masa i težina

Masa se definira kao otpor tijela prema promjeni njegovog položaja. Taj otpor prema promjeni položaja naziva se tromost tijela. Masa je u biti svojstvo tijela koje se mjeri reakcijom tijela na silu (*Newton: $F=m \cdot a$*).

Masa je osnovna fizikalna veličina, a mjerna jedinica joj je kilogram (**kg**). Masa se može izmjeriti na polužnoj vagi uspoređivanjem s poznatom masom (utegom).



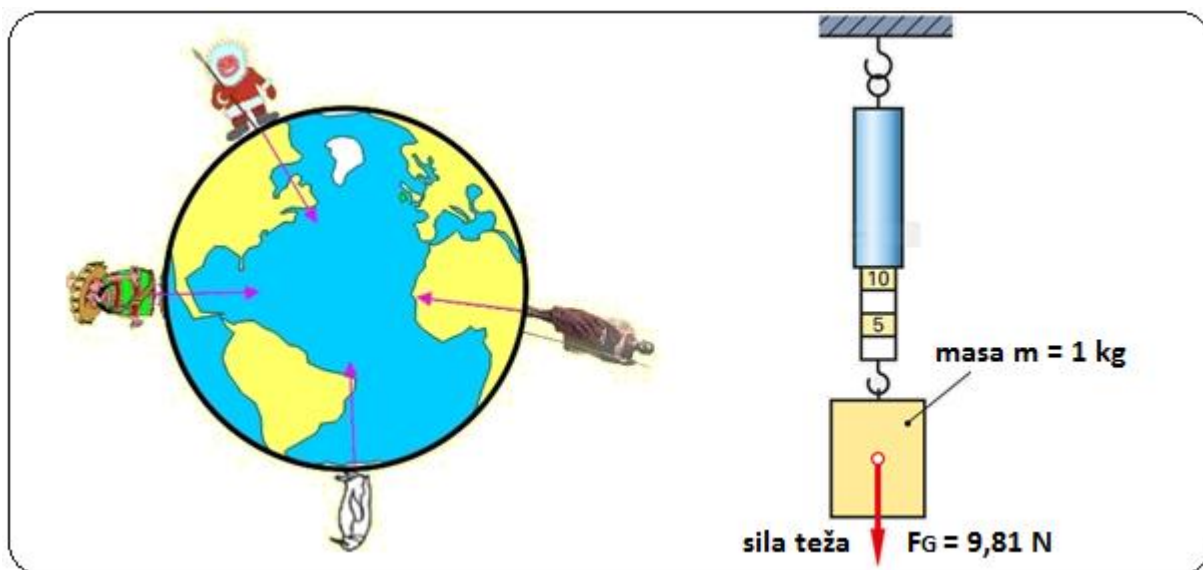
Sva tijela imaju masu, i ona je jednaka bez obzira gdje se tijelo nalazi (bilo gdje u svemiru). U svakodnevno govoru se masa zamjenjuje s pojmom težina, što nikako nije isto i ne treba miješati, naročito u tehnici.

Težina ili sila teža je gravitaciona sila kojom Zemlja privlači neko tijelo. Izraz za težinu glasi:

$$F_G = m \cdot g \quad [N] \quad (\text{Newton})$$

m – masa tijela, [kg]

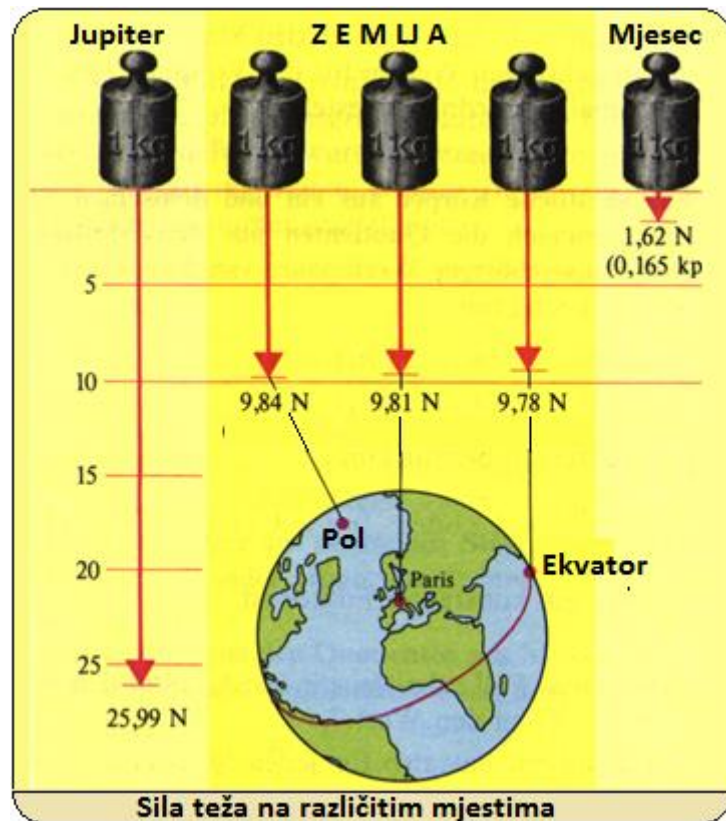
g - gravitacija = $9,81 [m/s^2]$ -ubrzanje pri slobodnom padu



Sila teža je uvijek usmjerena prema središtu Zemlje (*slika gore lijevo*)

Težina se može odrediti ili izmjeriti npr. opružnom vagom. (*slika gore desno*)

Iste mase mogu na različitim mjestima (Zemlja ili Mjesec) uzrokovati različite težine. (*slika dolje*)



U zrakopraznom prostoru nema sile teže tj. ona iznosi 0.

1.2. Gustoća

Gustoća (oznaka ρ (grčko slovo "ro")) je omjer mase i jediničnog volumena materijala. Matematički se to može napisati kao:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

m – masa (kg), (g), (t)

V – volumen ($\text{dm}^3=1\text{l}$) (cm^3), (m^3)

Jedinice za gustoću su: $[\text{g}/\text{cm}^3]$, $[\text{kg}/\text{dm}^3]$, $[\text{t}/\text{m}^3]$

Gustoća nekih tvari:

ČVRSTE I TEKUĆE TVARI	GUSTOĆA [kg/dm^3]	PLINOVITE TVARI kod (0°C i 1013 mbara)	GUSTOĆA [kg/m^3]
Aluminij	2,70	Acetilen	1,17
Benzin	0,68-0,75	Butan	2,70
Olovo	11,34	Zemni plin	0,80
Led	0,88-0,92	CO_2	1,98
Zlato	19,29	CO	1,25
Lož ulje	0,82-0,97	Zrak	1,29
Bakar	8,93	Metan	0,72
Živa	13,55	Propan	2,00
Željezo	7,85	Kisik	1,43
Voda kod 4°C	1,00	Dušik	1,25
Cink	7,15	Vodik	0,09

1.3. Specifični volumen „v“

Specifični volumen nekog materijala je volumen sveden na jedinicu mase.

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad [dm^3/kg],$$

To je dakle obrnuto proporcionalna vrijednost gustoće.

1.4. Relativna gustoća

To je veličina koja se koristi kod plinova a predstavlja omjer gustoće nekog plina i gustoće zraka pri normalnom stanju. Drugim riječima, taj broj nam govori da li je neki plin lakši ($\rho < 1$) ili teži ($\rho > 1$) od zraka.

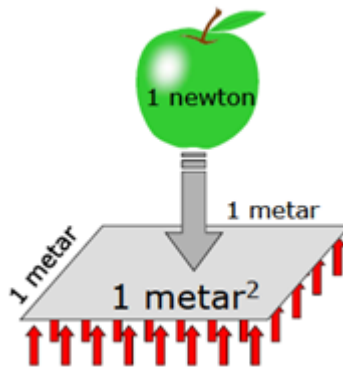
$$d = \frac{\rho_{plina}}{\rho_{zraka}}$$

Plinovi koji su teži od zraka će se u slučaju istjecanja skupljati uz pod zatvorene prostorije (prirodni plin), dok će se plinovi teži od zraka skupljati uz strop zatvorene prostorije (naftni plin).

Ugljični monoksid (CO), plin koji je vrlo otrovan, zanimljiv je jer ima gustoću sličnu zraku pa se rasprostire po čitavoj prostoriji.

1.5. Tlak

Tlak je djelovanje sile na neku površinu.



Taj odnos može se napisati matematičkim izrazom:

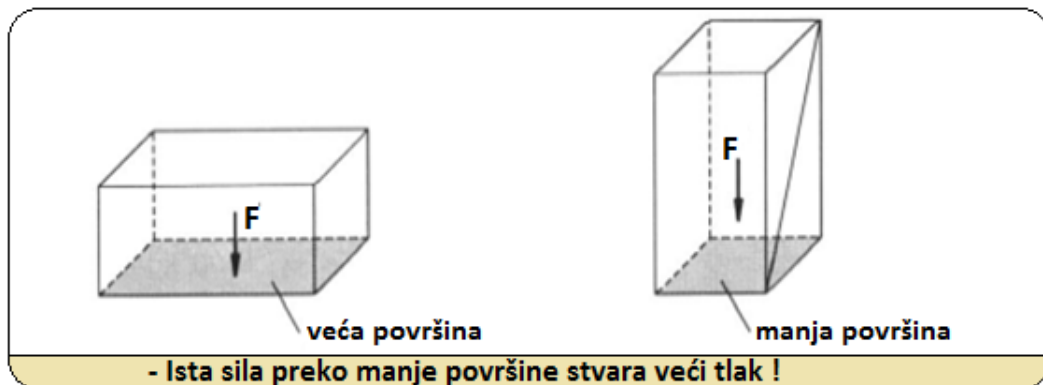
$$p = \frac{F}{A}$$

$$[N/m^2] = [Pa] \text{ (Pascal)}$$

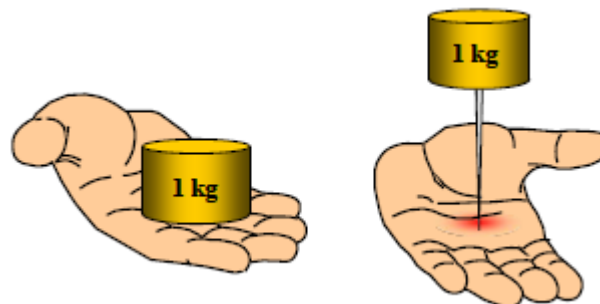
F – sila [N],

A – površina [m²]

Iz izraza se može zaključiti da isto tijelo kada leži na manjoj površini uzrokuje veći tlak, nego kada leži na većoj površini (sl.).



Tlak dakle, prema izrazu, ovisi o sili koja djeluje (F) i površini na koju djeluje (A). Što je veća sila, tlak je veći i što je površina veća tlak je manji.



1.4.1 Mjerne jedinice za tlak

Iz izraza za tlak proizlazi osnovna mjerna jedinica. To je N/m^2 koja se još naziva i Pascal [Pa]. Pošto je to prilično mala jedinica, u praksi se češće koristi jedinica [bar]. Jedan bar približno je jednak staroj nezakonskoj jedinici za tlak 1 at (atmosfera).

Odnosi među različitim jedinicama za tlak su dakle:

$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$
$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$, obrnuto; $1 \text{ Pa} = 1/100\,000 \text{ bara}$
$1 \text{ bar} = 1 \text{ N/cm}^2$
$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$
$1 \text{ bar} \approx 1 \text{ at.}$

1.4.2 Atmosferski tlak , apsolutni tlak, relativni tlak (natlak i potlak)

Zrak koji obavija Zemlju zbog svoje mase tj. gustoće stvara na površini Zemlje tlak koji iznosi oko 1 bar (ovisi o atmosferskim prilikama i o položaju na Zemlji). Taj tlak nazivamo atmosferski tlak.



S obzirom na promjenljivost tlaka po visini i s vremenskim prilikama usvojen je **standardni ili normalni atmosferski tlak** koji iznosi:

$$p_n = 1013,25 \text{ mbar (hPa)}$$

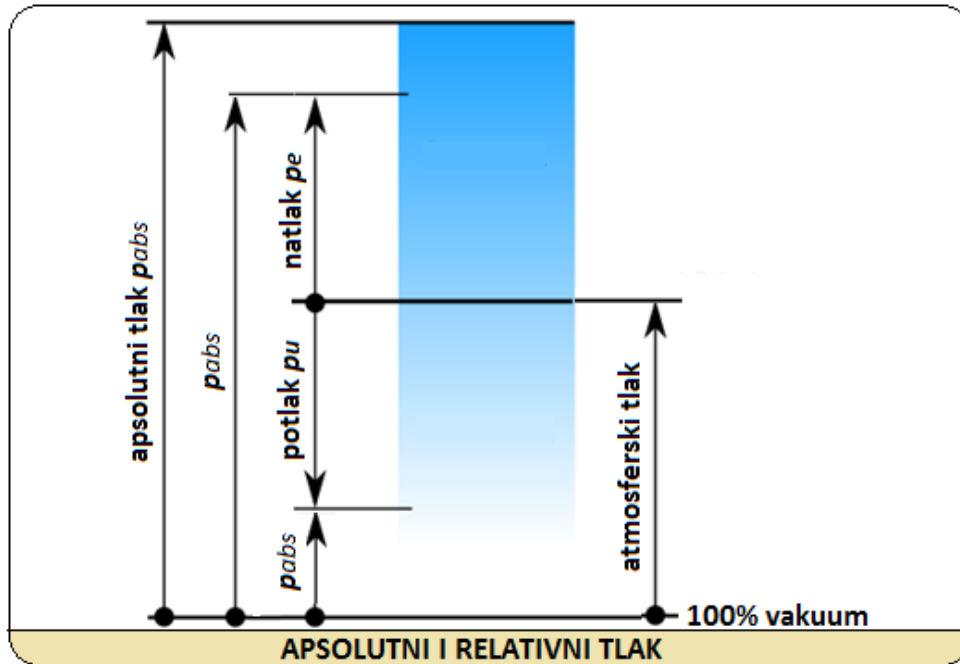
Veličina nekog tlaka može se izraziti u odnosu na nulti tlak (tlak=0, 100% vakuum), ili se može izraziti u odnosu na postojeći atmosferski tlak.

Ako se tlak izražava u odnosu na nulti tlak onda je to apsolutni način izražavanja, odnosno to je **apsolutni tlak** (p_{abs}).

Ako se tlak izražava u odnosu na atmosferski tlak, onda je to relativni način izražavanja, odnosno to je relativni tlak.

Ako je relativni tlak manji od atmosferskog onda se to naziva **potlak** (p_u). Za potlak se još može reći da je to negativni tlak. Ako je relativni tlak veći od atmosferskog onda je to **natlak** (p_e), međutim u svakodnevnom jeziku se kaže samo tlak.

U tehničkoj praksi tlakovi se u pravilu (osim ako to nije posebno naglašeno) izražavaju relativno tj. kao *tlak (natlak) i potlak*.



1.6. Protok

Protok (Q) je količina tekućine (volumen) (V) koja protječe u jedinici vremena (t) kroz neki otvor:

$$Q = \frac{V}{t} \quad [m^3/s],$$

ili: ako se volumen V zamijeni izrazom $V=A \cdot s$ (baza · visina), dobije se izraz:

$$Q = A \cdot v$$

gdje je: A - površina protočnog otvora (m^2)

v – brzina protjecanja (m/s)

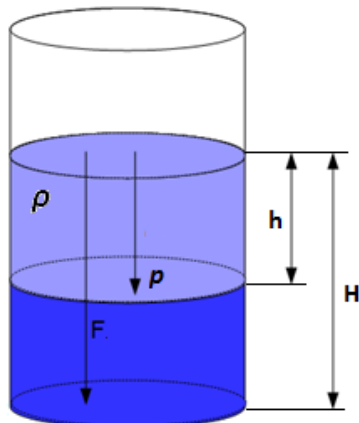
S obzirom da je osnovna mjerna jedinica za protoka m^3/s vrlo velika jedinica, u praksi se češće koristi manja jedinica **litara/minuti** (l/min)

Primjer: pretvaranje m^3/s u (l/min)

2. TLAK U TEKUĆINAMA I PLINOVIMA

2.1 Hidrostatički tlak

Ako se u otvorenoj posudi nalazi tekućina koja miruje, u njoj se zbog gustoće i gravitacijske sile javlja tlak koji se mijenja s proporcionalno s dubinom.



$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

gdje je: ρ -gustoća tekućine,
 h -dubina,
 g -gravitacija.

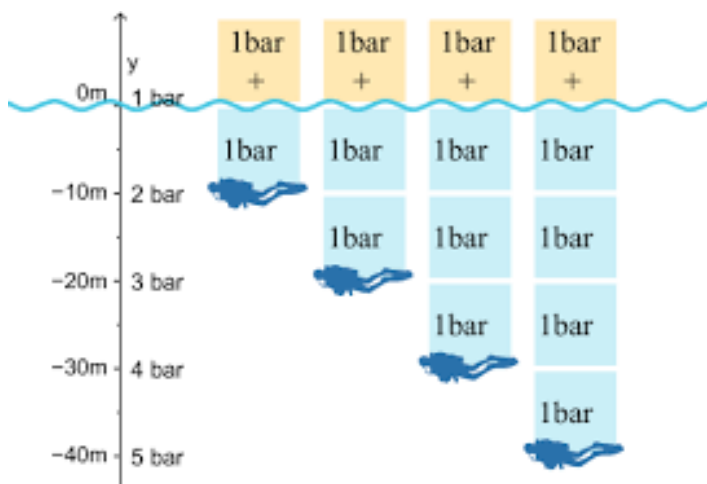
Ako se uzme primjer slatke vode čija je gustoća 1000 kg/m^3 na dubini od 10 m, hidrostatički tlak će iznositi:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

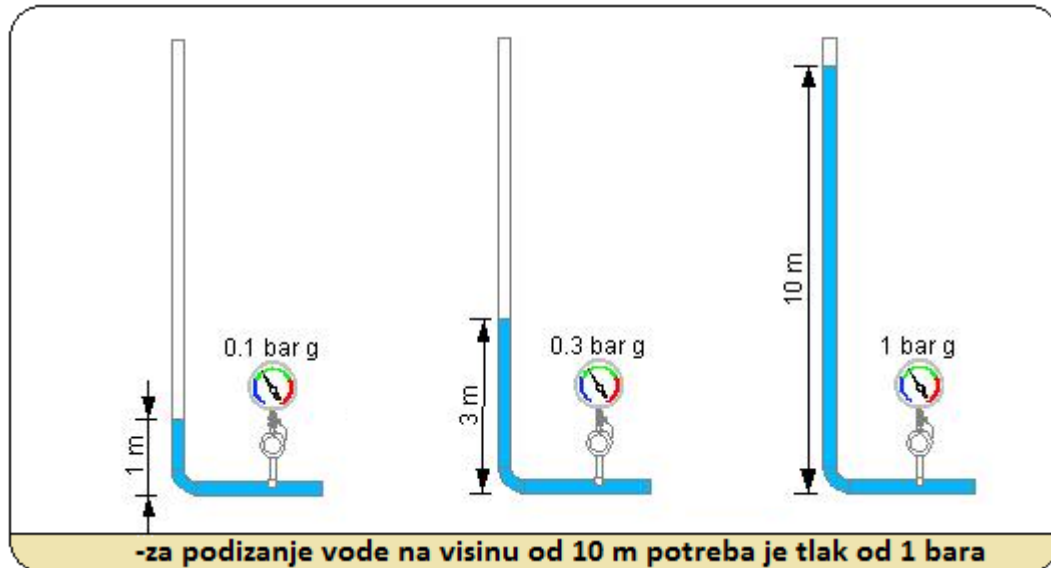
$$p = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10$$

$$p = 98100 \text{ N/m}^2 = 98100 \text{ Pa} \approx \mathbf{1 \text{ bar}}$$

Dakle, tlak u vodi na dubini od 10 m iznosi 1 bar, i za svakih sljedećih 10 m raste za po 1 bar (20 m – 2 bar, 30 m -3 bar). To je dakako relativni tlak, a ako se tome doda i vanjski atmosferski tlak zraka koji iznosi oko 1 bar, tada se tlak u vodi povećava za taj 1 bar (apsolutni tlak). (slika ispod)



Analogno vrijedi i ako se želi podići voda (npr. pomoću crpke) na neku visinu; za visinu stupca vode od 10 m potreban je tlak od 1 bara. (slika ispod)



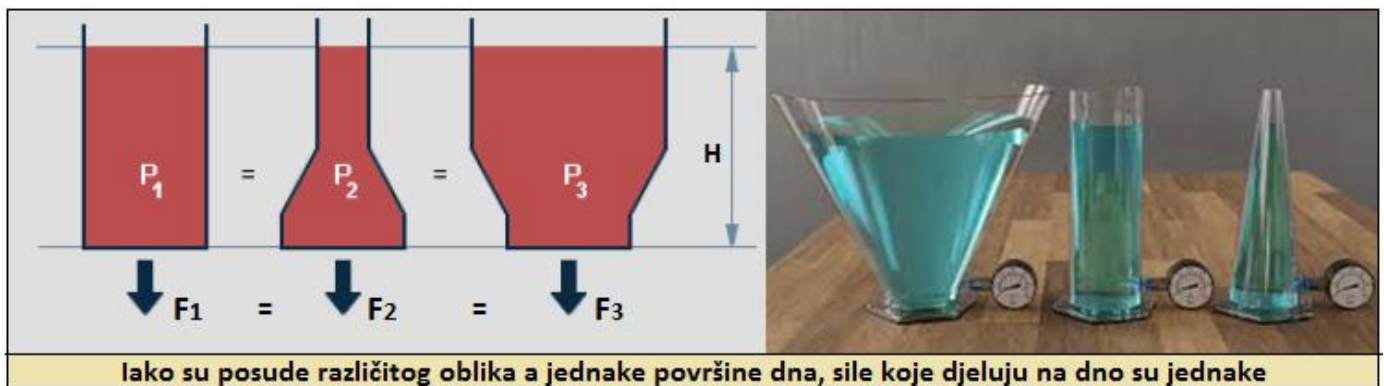
Hidrostatički paradoks

Iz izraza za hidrostatički tlak može se izračunati kolika sila djeluje na dno posude prema izrazu:

$$F = \rho \cdot g \cdot H \cdot A$$

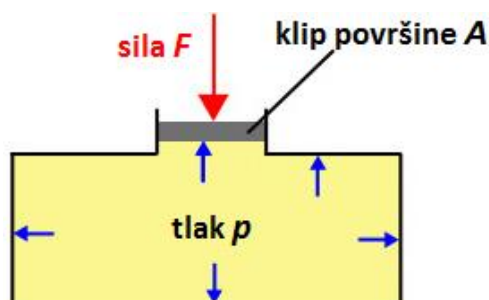
gdje je: H – dubina dna,
 A – površina dna

Iz izraza se vidi da sila na dno posude (uz istu visinu tekućine) ne ovisi o obliku posude i količini tekućine, već samo o površini dna.



Iako su posude različitog oblika a jednake površine dna, sile koje djeluju na dno su jednake

2.2 Tlak u tekućini uslijed vanjskih sila –Pascalov zakon



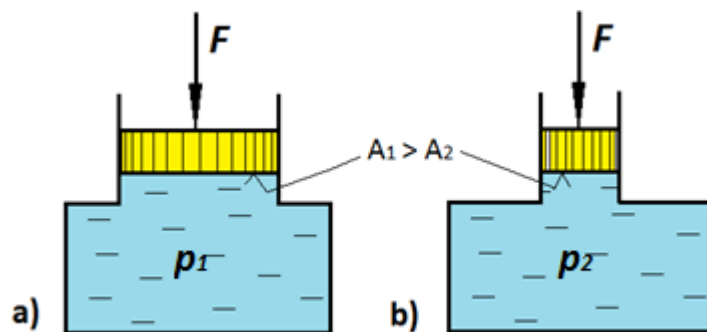
Djeluje li na zatvorenu tekućinu sila (F) preko površine klipa (A) tada u tekućini nastaje tlak koji iznosi:

$$p = \frac{F}{A}$$

Nastali tlak u tekućini širi se na sve strane i jednak je u svim dijelovima posude.

Tlak u posudi ovisi osim o sili (proporcionalno) i o površini klipa preko kojeg djeluje sila. Što je površina klipa manje tlak u posudi će biti veći (uz istu silu).

Dakle, tlak u posudi b) p_2 će biti veći jer sila F djeluje preko manje površine (slika ispod)

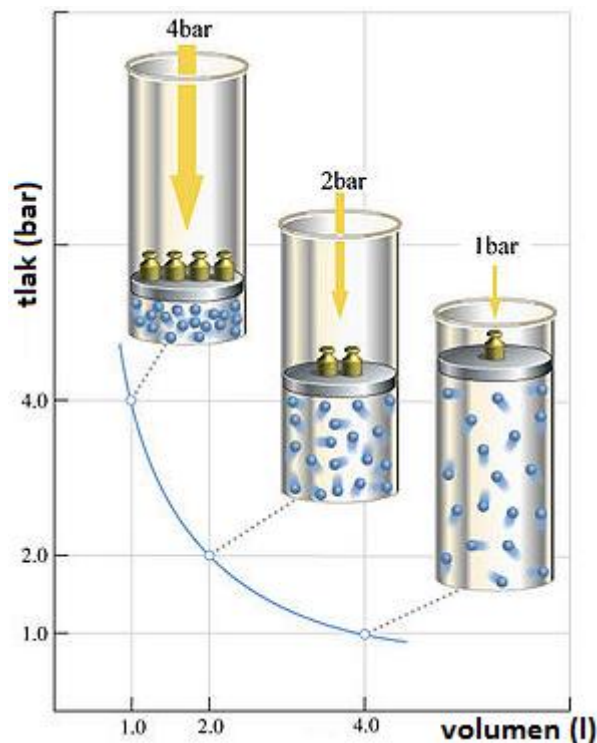


2.2.1 Tlak uslijed vanjskih sila kod plinova

I kod plina, ako se nalazi u zatvorenoj posudi i ako na njega djeluje vanjska sila, će se javiti tlak koji je u svim dijelovima posude jednak. Međutim, za razliku od tekućina koje su nestlačive, plinovi su stlačivi pa će doći i do promjene volumena. Ta promjena volumena plina odvija se po **Boyle-Mariotte-ovom zakonu** koji kaže:

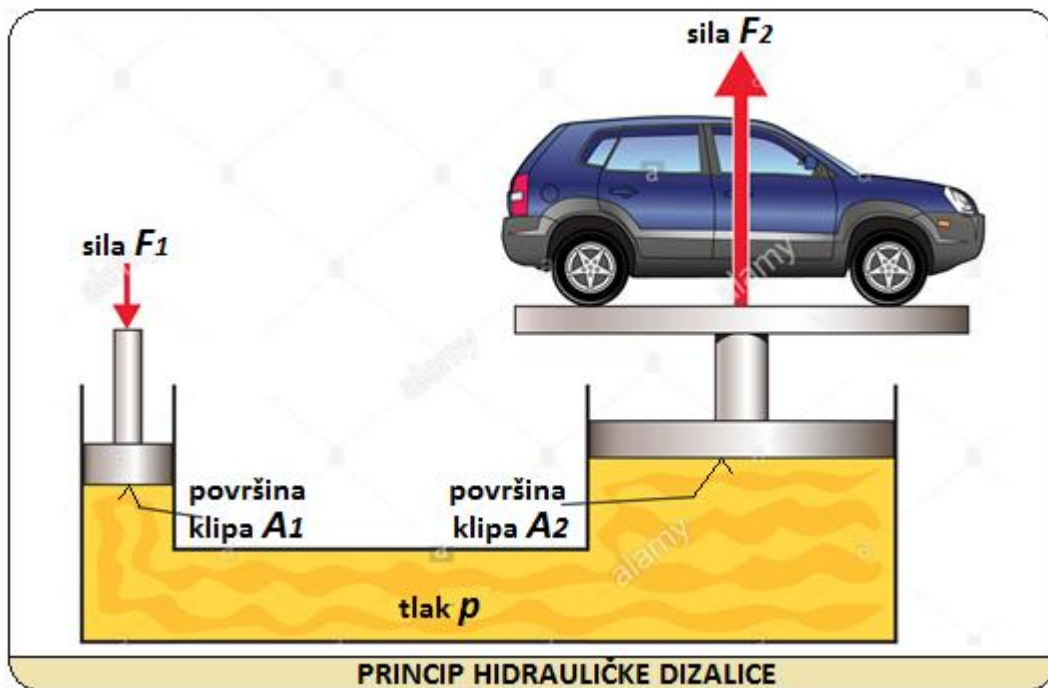
-promjena volumena plina odvija se obrnuto razmjerno promjeni tlaka (uz konstantnu temperaturu).

Drugim riječima; -za koliko se puta poveća tlak plina, za toliko se puta smanji njegov volumen i obrnuto.



$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = konst$$

Primjena Pascalovog zakona: Hidraulička dizalica



Djeluje li se silom F_1 preko klipa površine A_1 , u tekućini će se javiti tlak:

$$p = \frac{F_1}{A_1}, \quad (1)$$

koji je, prema Pascalovom zakonu, jednak u svim dijelovima posude. Taj tlak djeluje na površinu A_2 stvarajući silu F_2 koja iznosi:

$$F_2 = p \cdot A_2, \quad \text{iz čega slijedi:}$$

$$p = \frac{F_2}{A_2}, \quad (2)$$

Izjednačavanjem formula (1) i (2) po " p " dobiva se:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

odnosno:
$$F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

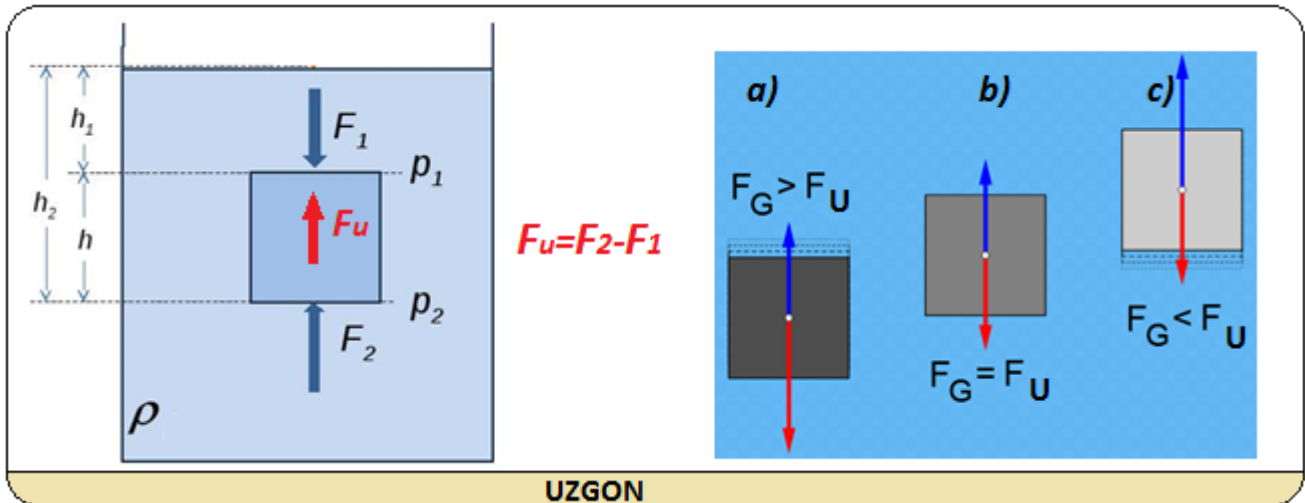
iz čega se može zaključiti:

Odnos sila jednak je odnosu površina, ili drugim riječima:

Sila na klipu 2 će biti veća od sile na klipu 1 za toliko koliko je površina klipa 2 veća od površine klipa 1.

Uzgon – Arhimedov zakon

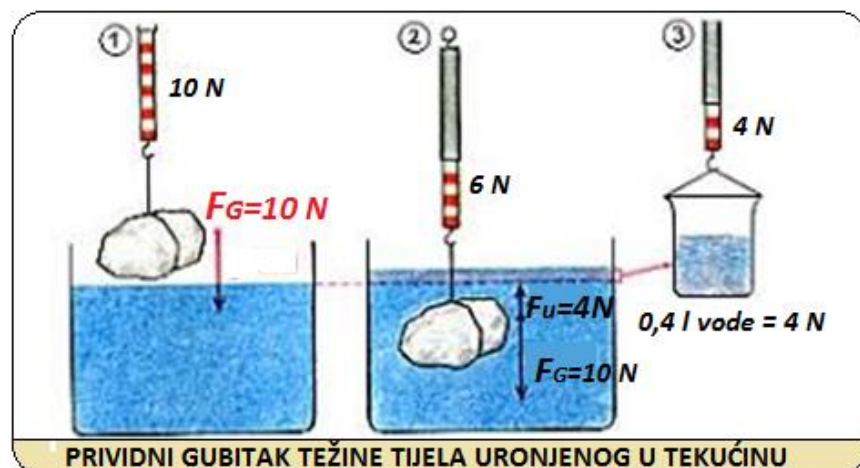
Uroni li se tijelo u tekućinu tada na njega djeluje sila koja se nazivamo uzgon. Uzgon je u biti razlika sila koje djeluju na donju i gornju površinu ($F_2 - F_1$) uslijed djelovanja hidrostatičkog tlaka. S obzirom da na donju površinu (A_2), koja je na većoj dubini, djeluje veći tlak nego na gornju površinu (F_1), to je i sila s donje strane (F_2) veća. Zbog toga uzgon uvijek djeluje u suprotnom smjeru od sile teže F_G tj. prema gore.



Pri tome mogu nastati tri slučaja: (slika gore desno)

- a) Težina tijela je veća od uzgona ($F_G > F_U$) – tijelo će potonuti,
- b) Težina tijela je jednaka uzgonu ($F_G = F_U$) – tijelo će plutati u tekućini,
- c) Težina tijela je manja od uzgona ($F_G < F_U$) – tijelo će plivati na površini

Zbog uzgona tijelo uronjeno u tekućinu prividno gubi na težini za vrijednost težine istisnute tekućine, što se može dokazati pokusom (donja slika).



2.3 Mjerenje tlaka

Za mjerenje tlaka koriste se razni uređaji što ovisi o području ili vrsti tlaka koji se mjeri. Za mjerenje natlaka i potlaka koriste se **manometri**, dok se apsolutni tlak mjeri **barometrom**.

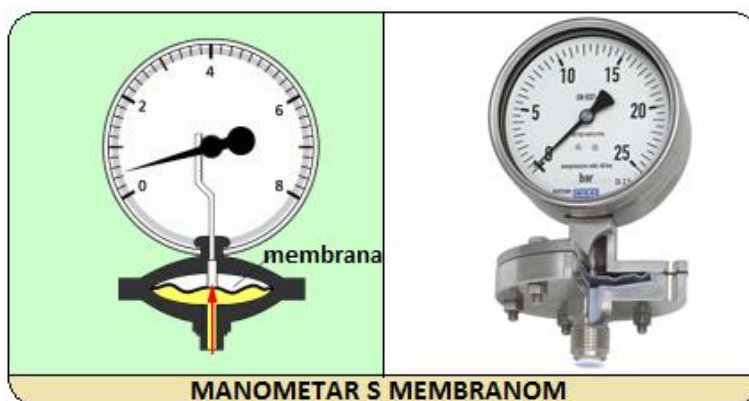
Manometar s perom (Bourdenov tlakomjer)

To su najčešće korišteni manometri. Glavni mu je dio plosnata svijena cjevčica ispunjena plinom. Kraj cjevčice povezan je zupčastim segmentom a ovaj sa kazaljkom. Povećanjem tlaka cjevčica se nastoji ispraviti što uzrokuje pomak kazaljke.



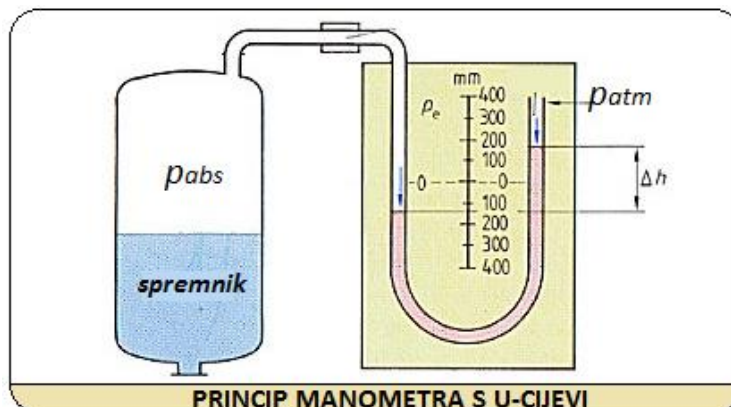
Manometar s membranom

Sastoji se od membrane s čije je donje strane plin ili tekućine pod tlakom. Povećanje tlaka potiskuje membranu prema gore i zakreće preko mehanizma kazaljku.



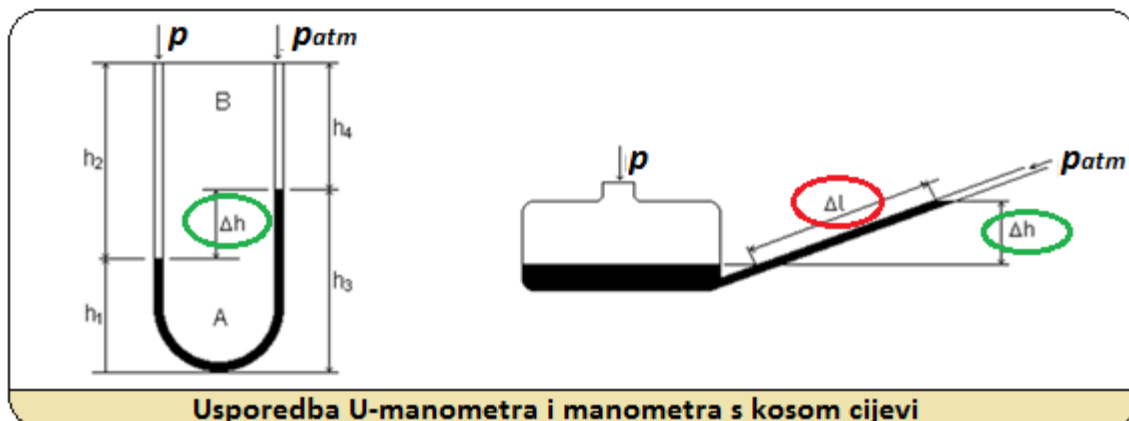
Manometar s U-cijevi

Služi za mjerenje malih iznosa tlaka (do 100 mbara) kod plinskih i klima uređaja. Može mjeriti natlak i potlak. Cijev je napunjena tekućinom. S jedne strane cijevi je atmosferski tlak, a s druge mjereni tlak. Iznos tlaka očita se na skali.



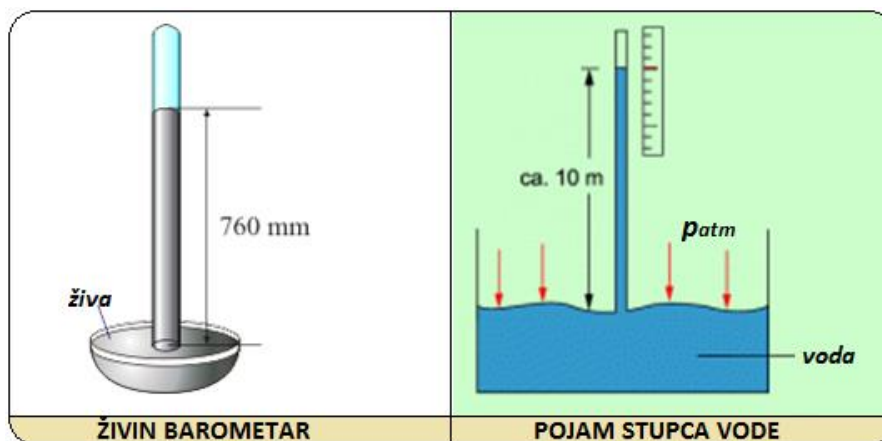
Manometar s kosom cijevi

Služe za mjerenje vrlo malih iznosa tlaka. Koriste se npr. za mjerenje tlaka u dimnjaku, ili u ventilacijskim uređajima. Radi na isti način kao i manometar s U-cijevi, no zbog nagnutosti cijevi moguća je veća točnost očitavanja.



Živin barometar

Uređaji za mjerenje apsolutnog tlaka nazivaju se **barometri**. Ovakvim uređajem je talijanski fizičar **Torricelli** prvi izmjerio atmosferski tlak. Cijev napunjena živom okrenuta je naopačke, tako da se u gornjem dijelu formira vakuum, uroni se u posudu sa živom. Vanjski tlak zraka održava stupac žive na određenoj visini. Stupac žive od 760 mm odgovara atmosferskom tlaku od 1013,25 bara.

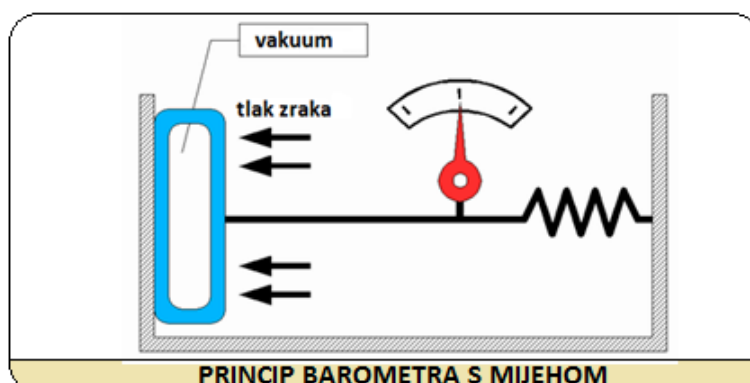


Kad bi se umjesto žive u cijevi nalazila voda (*slika gore desno*) onda bi visina stupca vode iznosila 10 m., pa je dakle: $10 \text{ m H}_2\text{O} = 1013,25 \text{ mbar} (\approx 1 \text{ bar})$ ili

$$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 0,1 \text{ mbar} (9,806 \text{ 65 Pa})$$

Barometar s mijehom

Ovaj barometar sastoji se od membranskoga mijeha u kojem je vakuum. Promjena vanjskog atmosferskog tlaka djeluje na mijeh koji pomiče polugu, a ona preko zupčanika kazaljku.

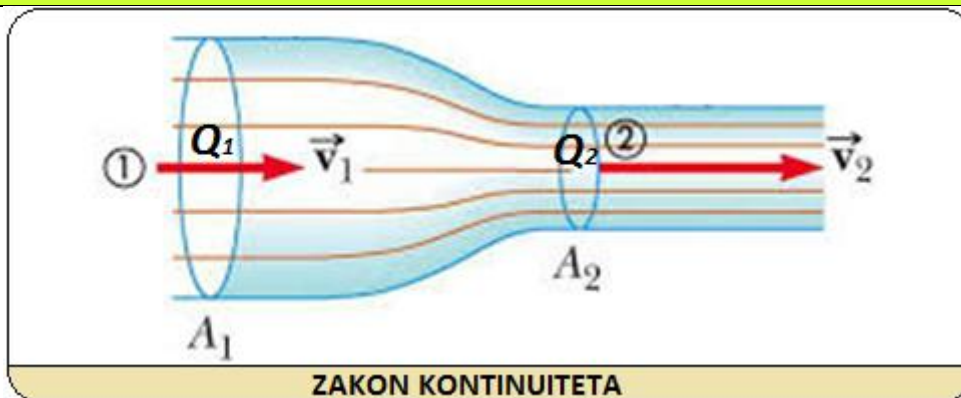


3. STRUJANJE TEKUĆINA I PLINOVA

Dva osnovna zakona odnosno jednačbe koji opisuju protjecanje tekućina i plinova kroz cjevovode su:

1. Zakon kontinuiteta – jednačba kontinuiteta,
2. Zakon energije – Bernoullijeva jednačba

3.1 Zakon kontinuiteta



Promatra li se količina tekućine Q koja u istom trenutku struji kroz cijev različitih poprečnih presjeka 1 i 2, može se zaključiti da je ona jednaka, tj:

$$Q_1 = Q_2 = \text{konst.}$$

ako se za protok uvrsti ranije poznati izraz za protok $Q=A \cdot v$ dobiva se:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \text{odnosno:}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

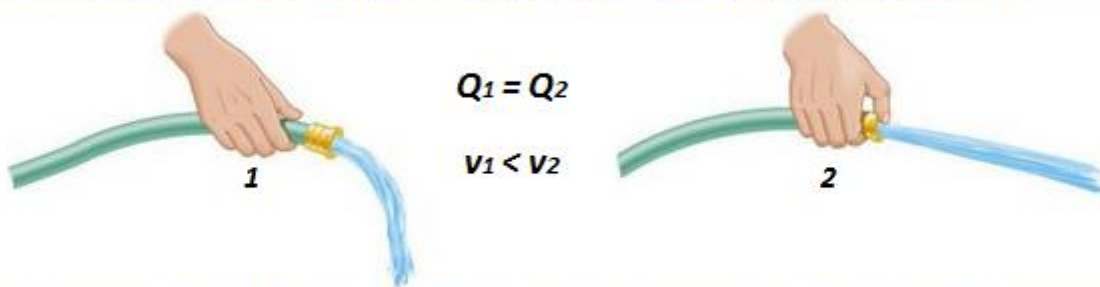
Iz izraza se može zaključiti:

Odnos brzina u presjeku 1 i 2 obrnuto je proporcionalan odnosu površina A u presjeku 1 i 2. ili drugim riječima:

Brzina u užem dijelu cijevi v_2 veća je od brzine u širem dijelu v_1 cijevi za toliko puta za koliko je puta površina šireg dijela cijevi A_1 veća od površine užeg dijela A_2 .

primjer:

Količina tekućine koja istječe iz cijevi je u oba slučaja jednaka, međutim



..kroz puni presjek brzina istjecanja je manja a kroz suženi presjek je veća.

3.2 Zakon energije (Bernoulli-jeva jednadžba)

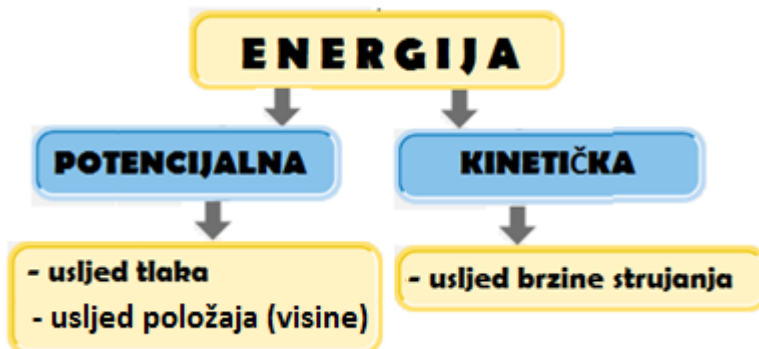
<http://www.youtube.com/watch?v=bvLPkirXIIU>

Daniel Bernoulli (1700. – 1782.)

Energija je, općenito, sposobnost da se obavi neki rad. Energija može biti:

- **Potencijalna** – energija mirovanja,
- **Kinetička** – energija kretanja.

Tekućina također može imati potencijalnu i kinetičku energiju:



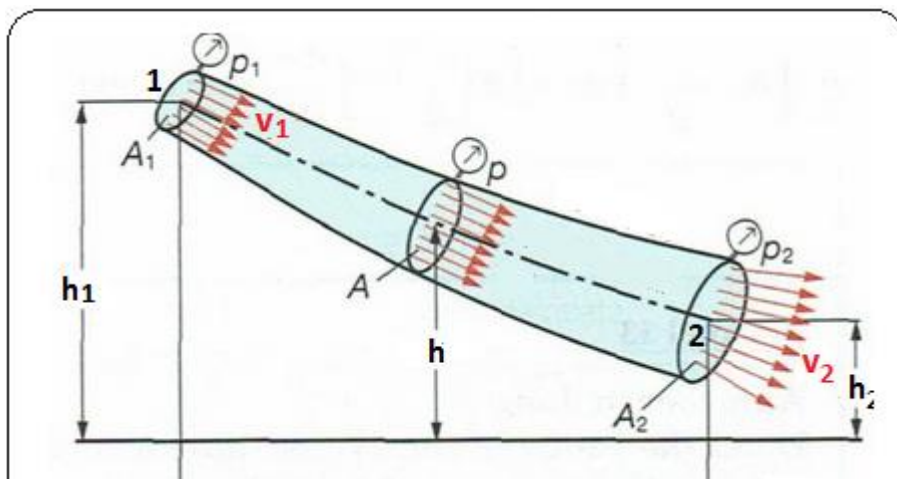
Ako se zakon o održanju energije primjeni na tekućinu, u nekom općenitom cjevovodu, on glasi:

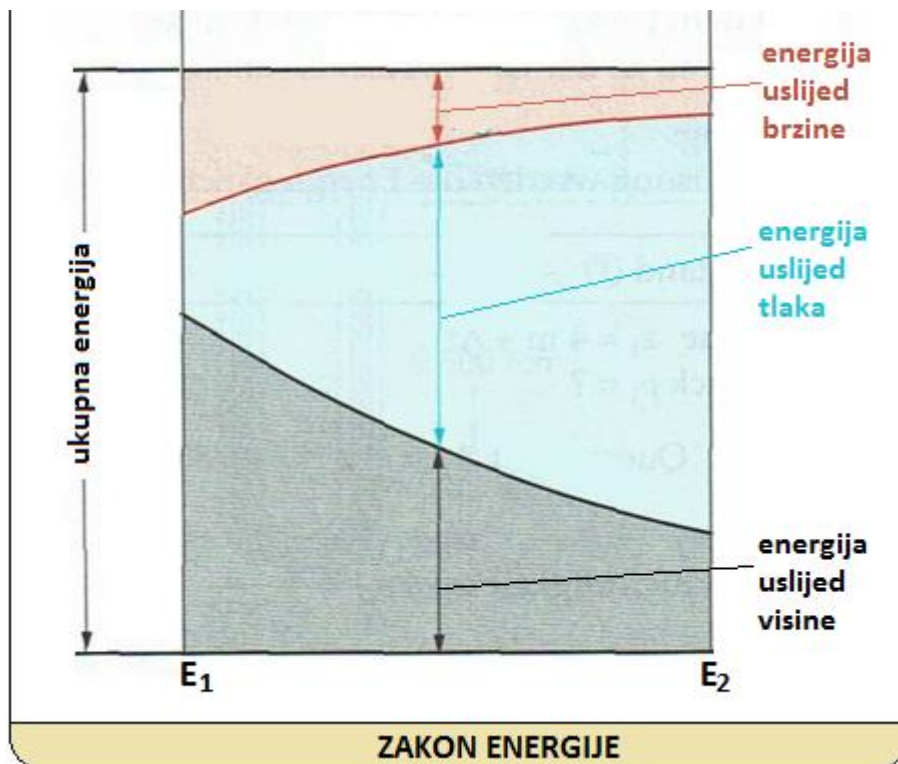
Energija u točki 1 = Energija u točki 2

$$E_1 = E_2$$

Ako se energija u točki 1 i točki 2 rasčlani na tri gore navedena oblika energije, jednadžba glasi:

$$E_{\text{usljed visine1}} + E_{\text{usljed tlaka1}} + E_{\text{usljed brzine1}} = E_{\text{usljed visine2}} + E_{\text{usljed tlaka2}} + E_{\text{usljed brzine2}}$$



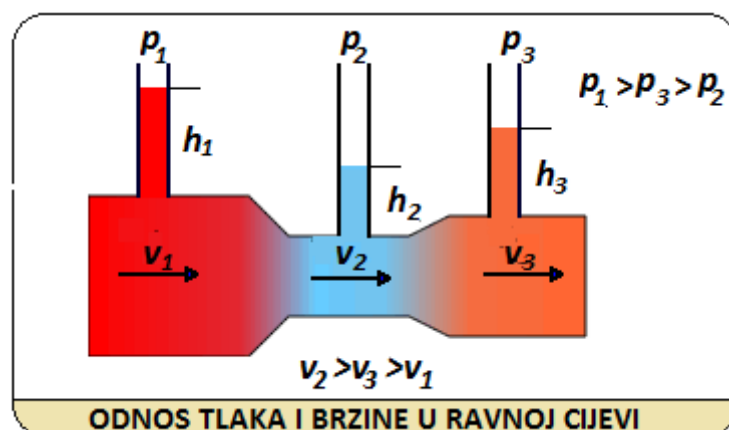


Uvrštavanjem izraza za svaki od oblika energije dobiva se Bernoullijeva jednačba:

$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \rho \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

Ako se radi o ravnoj cijevi (nema razlika u visini-članovi $\rho \cdot g \cdot h$ se krata) pa jednačba (Bernoullijeva jednačba za ravnu cijev) dobiva oblik:

$$p_1 + \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot \frac{v_2^2}{2}$$



Jednačbom kontinuiteta već je pokazano da je brzina u užem dijelu cijevi veća u odnosu na širi dio, tj. da je energija uslijed brzine strujanja veća u užem dijelu cijevi. S obzirom na zakon energije tj. iz gornje jednačbe može se zaključiti da je energija uslijed tlaka manja u užem dijelu cijevi odnosno:

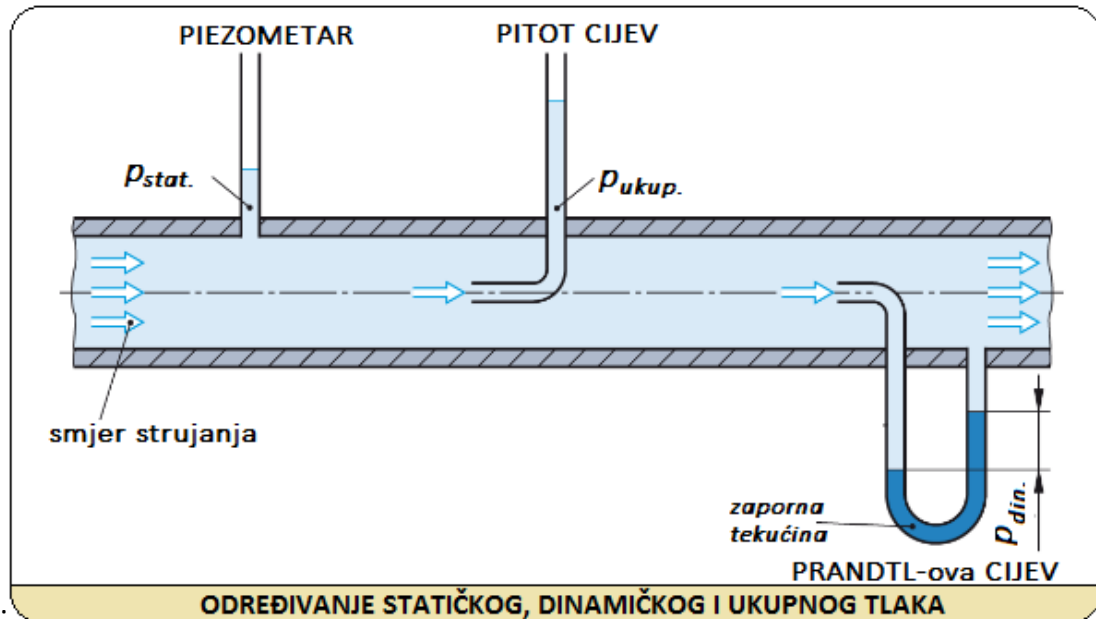
U užem dijelu cijevi tlak je manji a u širem dijelu cijevi tlak je veći!

Statički i dinamički tlak

Član $\rho \cdot \frac{v^2}{2}$ u jednadžbi predstavlja energiju uslijed strujanja i još se ponekad naziva

dinamički tlak dok član p predstavlja **statički tlak**. Dakle, ukupni tlak u ravnoj cijevi sastoji se od statičkog i dinamičkog tlaka. U širem dijelu cijevi veći je statički tlak, dok je u užem dijelu cijevi veći dinamički tlak. Kada je cijev potpuno zatvorena dinamički tlak je 0, odnosno sva energija sadržana je u obliku statičkog tlaka.

Ovaj odnos može se zorno prikazati pomoću **piezometra** koji pokazuje statički tlak, **Pitot-cijevi** koja pokazuje ukupni tlak i **Prandtl-ove cijevi** koja pokazuje dinamički tlak.

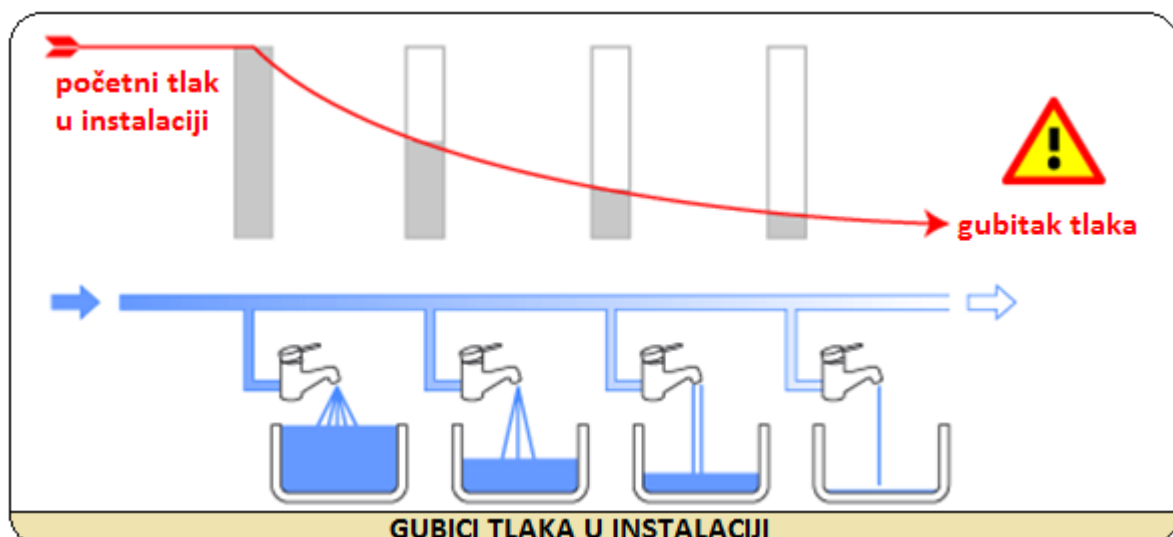


3.3. Gubici tlaka pri strujanju tekućine kroz cjevovode

Zakon energije u prethodnom poglavlju vrijedi samo za idealnu tekućinu tj. ne uzima u obzir gubitke energije koji nastaju u tekućini prilikom strujanja.

U realnom cjevovodu se pri strujanju javlja se **trenje**. Trenje predstavlja gubitak energije, odnosno može se izraziti kao pad tlaka.

Primjer: -u vodovodnoj instalaciji svako sljedeće izljevno mjesto ima niži izljevni tlak od prethodnog za gubitak tlaka u prethodnom dijelu instalacije (*slika ispod*).



U proračunima se gubici dijele na dvije osnovne vrste:

a) Gubici u ravnim dijelovima cijevi

Ovi gubici nastaju zbog međusobnog trenja između čestica tekućine te trenja između tekućine i stjenke. Veličina ovih gubitaka zavisi o više čimbenika:

- brzini strujanja,
- temperaturi medija,
- vrsti strujanja (laminarno, turbulentno),
- hrapavosti stjenke cijevi,
- dimenzijama cijevi – promjer i duljina,
- viskoznosti.

Vrijednost ovih gubitaka u priručnicima je dana kao **R-vrijednost**.

b) Pojedinačni gubici:

Ovi gubici nastaju u koljenima, T-komadima, redukcijama i sl., kao i u svim vrstama armatura. Veličina tih gubitaka se određuje eksperimentalno i dana je se u raznim priručnicima preko dijagrama ili tablica kao koeficijent gubitaka ξ (psi).

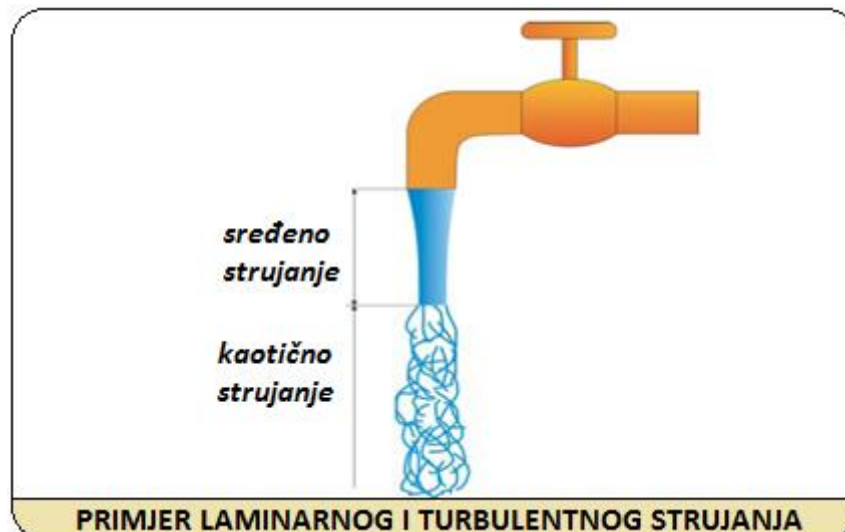
Bitno je napomenuti da se na gubitke najviše može utjecati brzinom strujanja, jer:

Dvostruko veća brzina strujanja uzrokuje četverostruko veće gubitke!

3.4. Laminarno i turbulentno strujanje

Na gubitke tlaka značajan utjecaj ima i oblik strujanja. Postoje dva oblika strujanja tekućine: laminarno i turbulentno. Gubici su značajno veći pri turbulentnom strujanju, pa je poželjno postići laminarno strujanje.

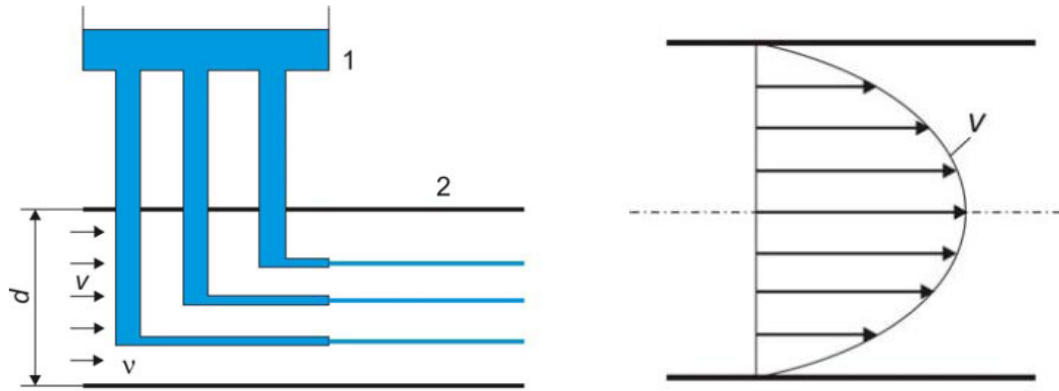
Razlika između laminarnog i turbulentnog strujanja može se uočiti pri istjecanju vode iz slavine. U gornjem dijelu strujanje je laminarno (sređeno), dok je malo niže ono turbulentno (kaotično).



Laminarno strujanje (slojevito, sređeno)

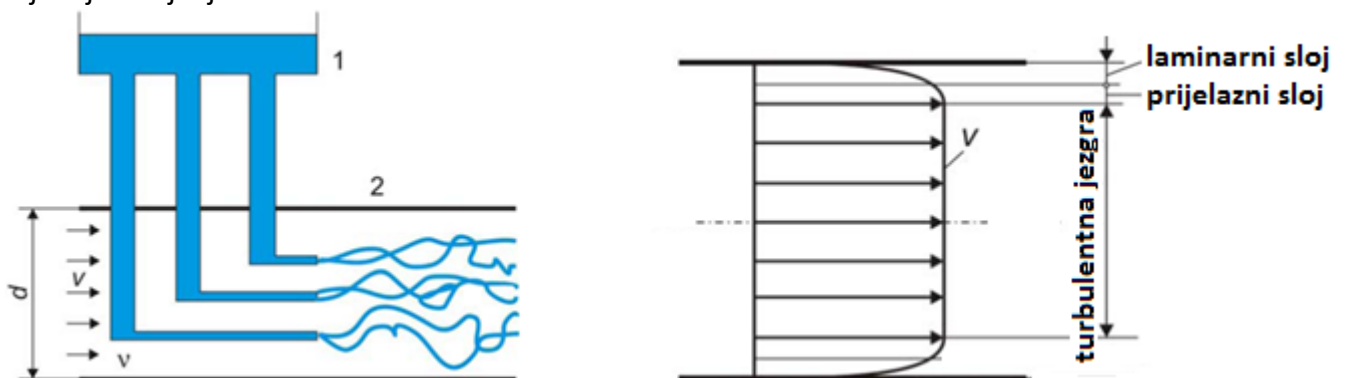
Tekućina struji u slojevima koji se međusobno ne miješaju. Svaki sloj ima svoju brzinu, a brzina uz stjenku je 0. Ovakva vrsta strujanja javlja se pri malim brzinama, manjim promjerima cijevi i velikoj žilavosti tekućine.

<https://www.youtube.com/watch?v=vQtFlaC2UB0>



Turbulentno strujanje (vrtložno, kaotično)

Kod ovog strujanja dolazi do miješanja slojeva tekućine, pojavljuju se lokalna nepravilna strujanja-vrtlozi. Brzina strujanja je ujednačenija po širini cijevi, a uz stjenku postoji granični sloj u kojem je strujanje laminarno.



U teoriji se granica pri kojoj prestaje laminarno a počinje turbulentno strujanje određuje tkzv. Reynolds-ovim brojem:

$$Re = \frac{v \cdot d_H}{\nu}$$

gdje je:

ν -brzina strujanja

d_H - hidraulički promjer cijevi

ν -kinematska viskoznost (ni)

za $Re < 2320$ strujanje je laminarno,
za $Re > 2320$ strujanje je turbulentno.

Pitanja za ponavljanje

1. Nabroji osnovne fizikalne veličine.
2. Što je masa a što težina? Navedi jedinice za masu i težinu te izraz za težinu.
3. Što je gustoća? Navedi izraz i mjerne jedinice za gustoću. Navedi vrijednost gustoće nekih vrsta materije.
4. Što je tlak ili pritisak, objasni izraz za tlak ili pritisak, mjerne jedinice i njihov međusobni odnos?
5. Što je protok, navedi izraz te mjerne jedinice?
6. Objasni pojmove: atmosferski tlak, apsolutni tlak, relativni tlak. Na jednom primjeru pokazati razumijevanje istih.
7. Što je hidrostatički tlak, izraz za hidrostatički tlak te objasni o čemu ovisi?
8. Što je uzgon?
9. Objasni Pascalov zakon; matematički izraz te ovisnost tlaka od sile i površine?
10. Objasni Boyle-Mariottov zakon.
11. Što je barometar a što manometar, te nabroji vrste barometara odnosno manometara.
12. Objasni zakon kontinuiteta; izraz i međusobnu ovisnost brzina i površina; na jednostavnom primjeru izračunaj navedene veličine?
13. Koje vrste energije može sadržavati tekućina? Koji zakon i koja jednadžba to opisuje? Na primjeru objasni promjene energije koje se događaju u cjevovodu?
14. Objasni odnos tlaka i brzine strujanja u ravnoj cijevi različitih poprečnih presjeka.
15. Što je pad tlak, zbog čega nastaje, koje vrste gubitaka tlaka poznaješ?

Vježbe i zadaci

zadatak: Izračunaj težinu tijela a) na Zemlji, b) na Mjesecu, ako je masa tijela $m=55\text{ kg}$, (gravitacija Mjeseca je 6 puta manja)

$$G=?$$

zadatak: Kolika je masa 10000 m^3 zemnog plina pri gustoći od $0,8\text{ kg/m}^3$

zadatak:-izračunaj kolika je masa zraka u učionici?

zadatak: -koliki je specifični volumen zemnog plina pri gustoći od $0,8\text{ kg/m}^3$?

zadatak: -koliki je tlak (relativni-potlak ili natlak) zemnog plina koji ima apsolutni tlak od 1050 mbara , ako je atmosferski tlak 980 mbara ?

Zadatak: Treba izračunati koliko $1\text{ m}^3/\text{s}$ ima l/min ?

zadatak: -koliki je tlak u slatkoj vodi na 10 m dubine?

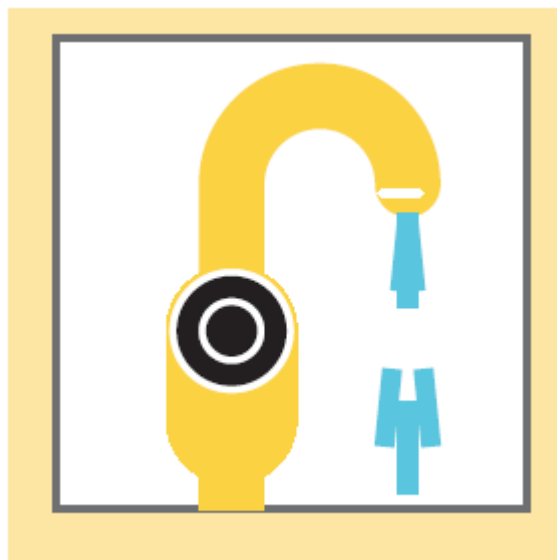
zadatak: $10\ 000$ litara kisika pod tlakom od 1 bara stlaču se u čeličnu bocu koja ima volumen 50 litara. Koliki će biti tlak u boci po završetku punjenja (uz uvjet da temperatura ostane ista)?

Zadatak: Koliko cijevi unutrašnjeg promjera 50 mm treba da bi zamijenili jednu cijev promjera 100 mm , uz uvjet da se zadrži isti protok?

Uputa! Da bi ostao isti protok, površina poprečnog presjeka mora ostati ista.

2.1 INSTALACIJE ZA PITKU VODU

2. dio: Svojstva vode, Opskrba pitkom vodom, Kućna vodovodna instalacija



pripremio: **prof. Križnjak**

Sadržaj:

1. VODA

- 1.1. Kruženje vode u prirodi
- 1.2. Fizikalna svojstva vode
- 1.3. Kemijska svojstva vode

2. DOBIVANJE PITKE VODE

- 2.1. Postrojenje za pripremu vode – objekti i postupci
 - 2.1.1. Higijenska ispravnost vode
- 2.2. Kišnica
- 2.3. Crpne stanice
- 2.4. Crpke
 - 2.4.1. Osnovni pojmovi
 - 2.4.2. Visina dobave ili tlak
 - 2.4.3. Dobavna količina ili protok
 - 2.4.4. Snaga crpke
 - 2.4.5. Koeficijent korisnog djelovanja
 - 2.4.6. Karakteristika crpke
- 2.5. Podjela crpki
 - Ručne crpke
 - Klipne crpke
 - Centrifugalne crpke
 - Specijalne crpke

3. OPSKRBA PITKOM VODOM

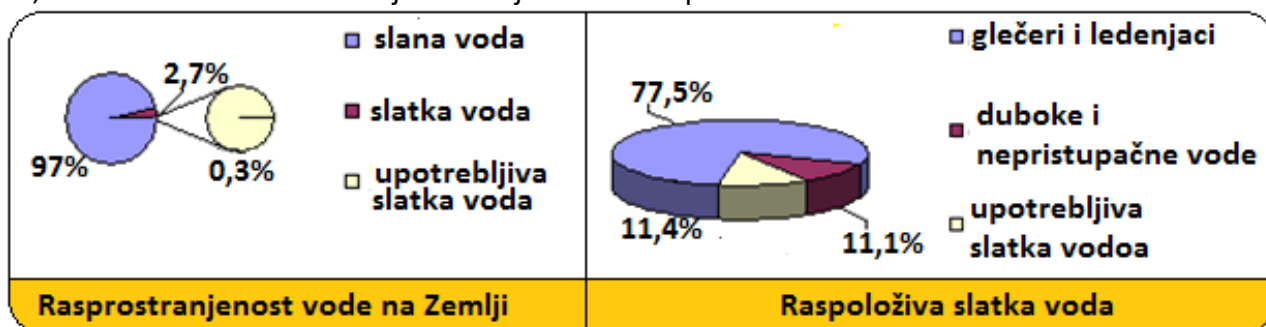
- 3.1. Kućna vodovodna instalacija
 - 3.1.1 Označavanje dijelova vodovodne instalacije simbolima
 - 3.1.2. Priključivanje na vodoopskrbni sustav
 - 3.1.3. Vodomjerni sklop
 - 3.1.4. Armature kućnih vodovodnih instalacija
 - 3.1.5. Ispitivanje, ispiranje i puštanje u rad
 - 3.1.6. Uređaji za povećanje tlaka u instalaciji

Vježbe

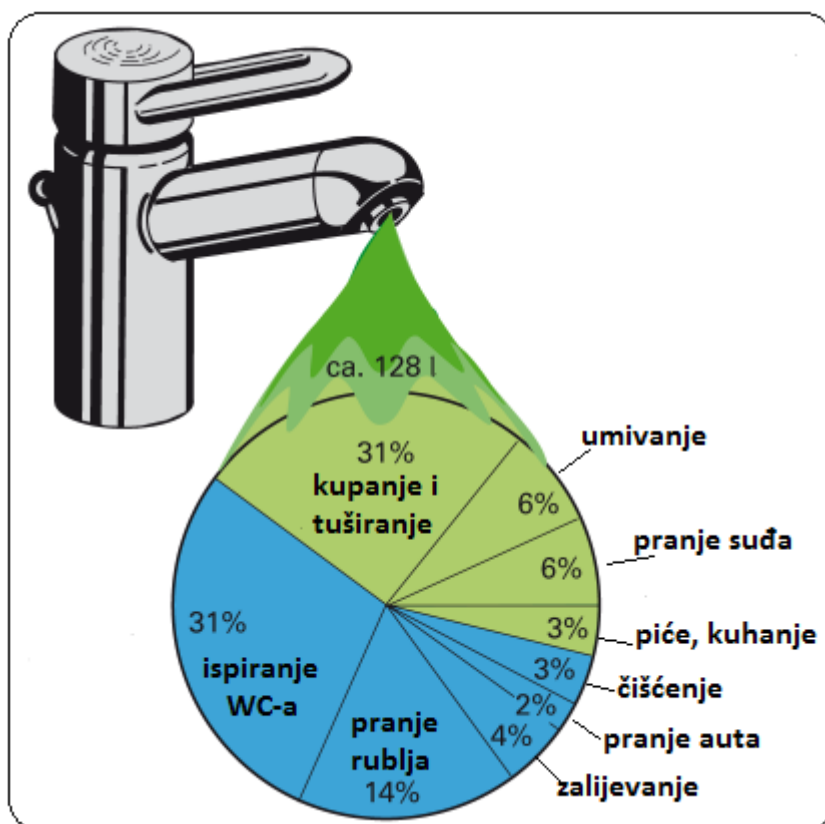
1. VODA

Uvod:

Voda je neophodna i nezamjenjljiva za život čovjeka. 70% Zemljine površine prekriveno je vodom, a isto toliko vode sadrži i čovječje tijelo. Od te ogromne količine vode samo je oko 1% pitka voda, tako da zalihe vode ni u kojem slučaju nisu neiscrpne.



Struktura potrošnje pitke vode u kućanstvu:

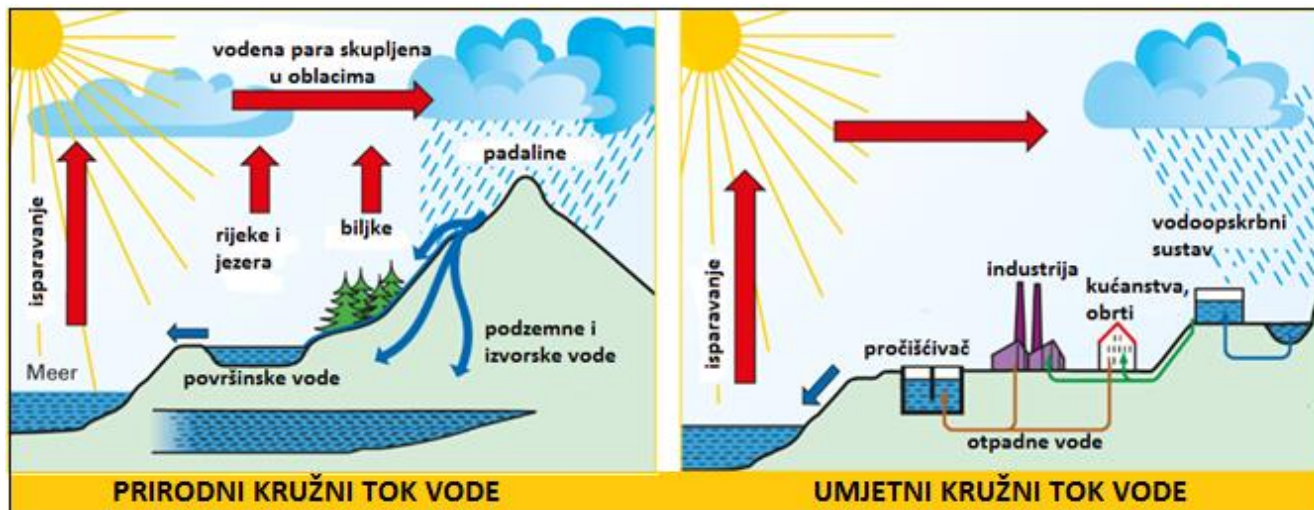


1.1. Kruženje vode u prirodi

Voda u prirodi cirkulira u tkzv. kružnom toku. Kružni tok vode može biti:

Prirodni: - isparavanjem voda prelazi u plinovito stanje, nastaju oblaci u kojima se vodena para kondenzira, a zatim preko padalina opet dolazi na Zemlju.

Umjetni: - voda koja se iskoristi u kućanstvu ili industriji se pročišćava i vraća u prirodni kružni tok.



http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=reoQvHOaVDs

Svojstva vode

Kemijski čista voda, odnosno jedna njezina molekula (H_2O) se sastoji od dva atoma vodika i jednog atoma kisika. U kemijski čistoj vodi ima 11,1% vodika i 88,9% kisika. U prirodi, međutim, voda nije kemijski čista jer se u njoj nalaze otopljene različite tvari:

- plinovi:** koji u vodu dolaze iz zraka (kisik, ugljični dioksid, sumporni dioksid, dušični oksidi i dr.),
- metali i nemetali:**
 - u elementarnom stanju (kalcij, magnezij, natrij, željezo, bakar i dr.), ili
 - u obliku spojeva (karbonati, silikati, fluoridi, nitrati, kloridi, sulfati i dr.).

Jedan udio tih tvari ne smatra se onečišćenjem, dapače, bez njih voda nije prikladna za piće, dok se prisutnost nekih tvari smatra štetnim (nitrati, fosfati, teški metali, pijesak, bakterije, gljivice i sl.)

Količina štetnih tvari u pitkoj vodi regulirana je zakonima i propisima RH.

MINISTARSTVO ZDRAVSTVA I SOCIJALNE SKRBI

Na temelju članka 16. stavka 2. podstavka 1. Zakona o hrani («Narodne novine», br.117/03, 130/03 i 48/04) ministar zdravstva i socijalne skrbi uz prethodno pribavljeno mišljenje ministra poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva donosi

PRAVILNIK

O ZDRAVSTVENOJ ISPRAVNOSTI VODE ZA PIĆE

1.2. Fizikalna svojstva vode

1. Agregatna stanja vode

Ovisno o okolnim uvjetima tlaka i temperature voda se u prirodi pojavljuje u tri agregatna stanja:

- **kapljevitom** (tekućem),
- **plinovitom** - vodena para,
- **čvrstom** - led.

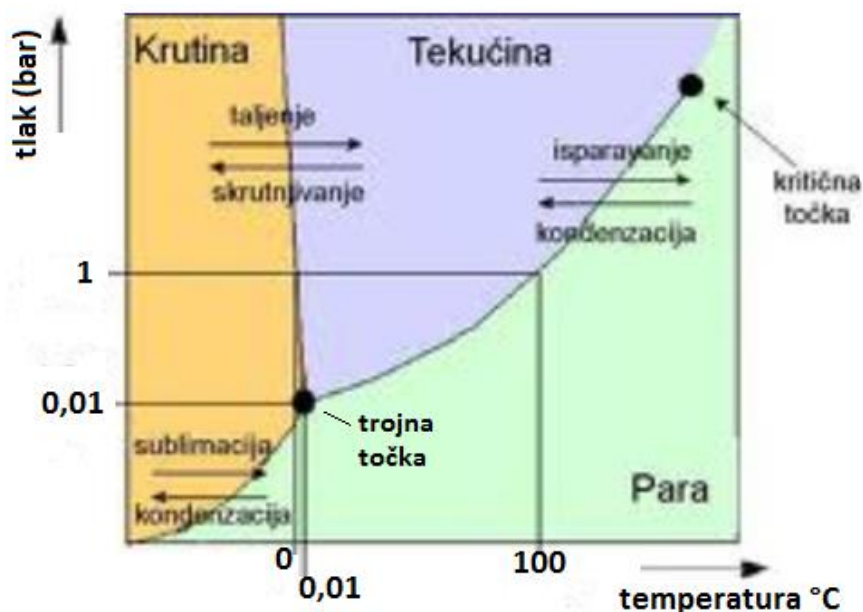
Prijelazi iz jednog stanja u drugo nazivaju se:

- **smrzavanje** odnosno **taljenje**
- **isparavanje** odnosno **kondenzacija**,
- **sublimacija** (pretvorba iz leda u paru) odnosno **desublimacija** (pretvorba pare u led).

Pretvorba iz tekućeg stanja u kruto i obratno događa se kod 0°C pri normalnom tlaku (1,01325 bara), dok se pretvorba iz tekućeg u plinovito stanje događa kod 100°C također uz uvjet da je normalni tlak. Ukoliko tlak nije normalan, temperatura pretvorbe se mijenja.

Na temperaturu smrzavanja i isparavanja utječe i sadržaj soli. Veći udio soli snižava temperaturu smrzavanja/topljenja, a povećava temperaturu isparavanja.

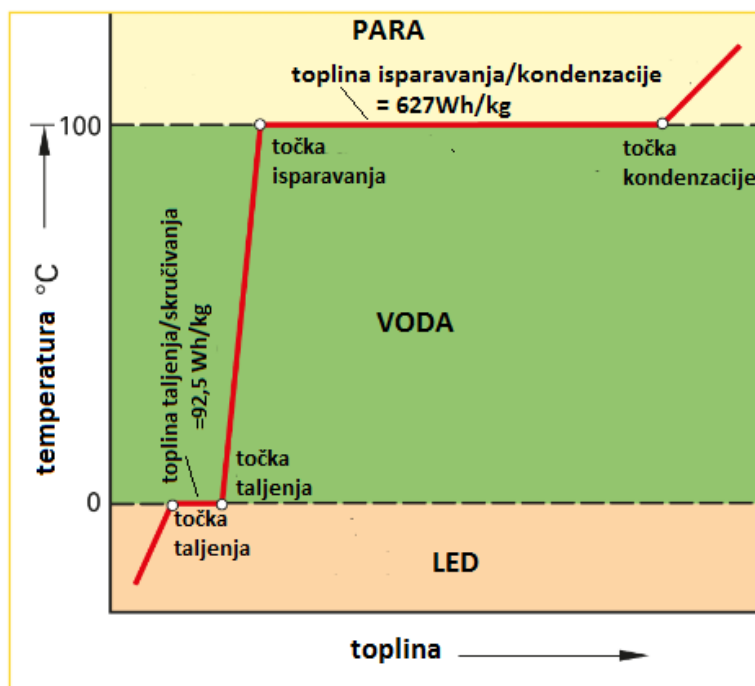
Ovisnost pretvorbi o tlaku i temperaturi prikazana je sljedećim dijagramom promjene stanja vode



U tom dijagramu treba istaknuti dvije točke:

- **kritična točka** (374,1°C i 221,29 bara) u kojoj nestaje razlika između tekućeg i plinovitog stanja.
- **trojna točka** (0,0098°C i 0,01 bara) u kojoj mogu postojati sva tri agregatna stanja istodobno.

2. Latentna ili skrivena toplina



Pri prijelazu iz krutog stanja (led) u tekuće (voda) temperatura stoji (0°C) iako se toplina dovodi. Obratno, pri prijelazu iz tekućeg u kruto stanje (zaleđivanje) toplina se oslobađa iako temperatura stoji.

Isto se događa i pri isparavanju odnosno kondenzaciji. Pri isparavanju se dovodi toplina dok zadnji djelić tekućine ne prijeđe u plinovito stanje pri čemu temperatura stoji na 100°C. Kod kondenzacije toplina se oslobađa.

3. Gustoća

Gustoća ρ je masa svedena na jedinicu volumena:

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right]$$

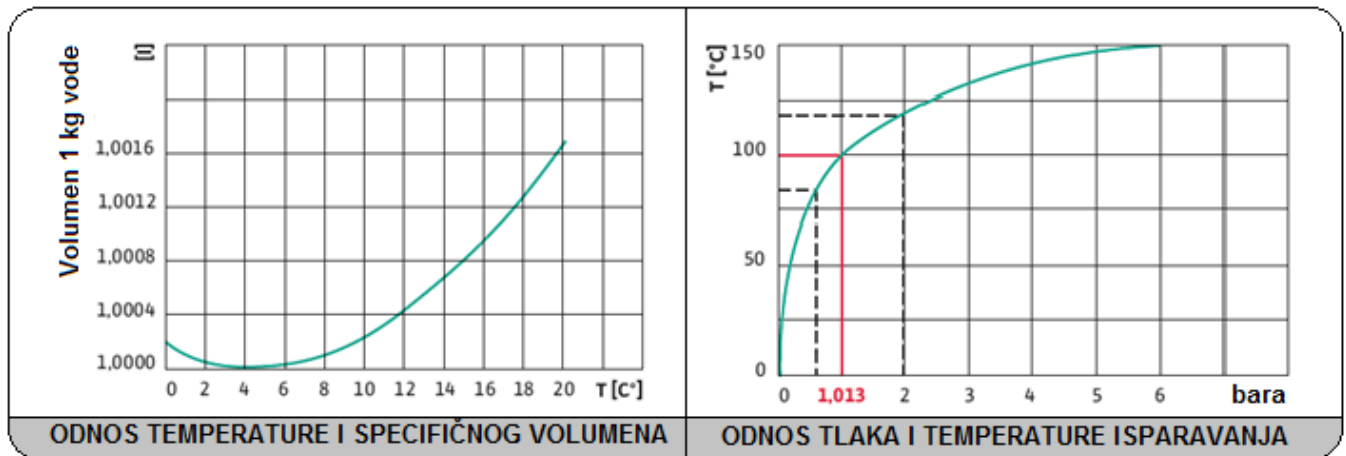
m – masa (kg)

V – volumen (dm^3)=(lit), (m^3)

Gustoća vode je **1 kg/dm³** kod 4°C

4. Toplinsko istezanje vode

Za razliku od većine materijala koji se zagrijavanjem i hlađenjem jednakomjerno grijanjem rastežu a hlađenjem skupljaju, voda se ponaša nešto drugačije. Voda ima najveću gustoću, te adekvatno tome najmanji specifični volumen kod 4°C.



Zagrijavanjem ili hlađenjem njezina gustoća pada, a specifični volumen raste i to nelinearno, što se može vidjeti iz dijagrama (*gore lijevo*) ili iz tablice (*ispod*).

Iz dijagrama (*desno gore*) vidi se da temperatura vrelišta vode raste s tlakom

Temperatura (°C)	Gustoća (kg/dm ³)	Spec. volumen (dm ³ /kg)
-50	0,89	1,1240
0 (led)	0,9167	1,0906
0	0,9998	1,0002
4	1,0000	1,0000
10	0,9996	1,0004
20	0,9982	1,0018
30	0,9956	1,0044
40	0,9922	1,0079
50	0,988	1,0121
60	0,9832	1,0171
70	0,9777	1,0228
80	0,9718	1,0290
90	0,9653	1,0359
100	0,9583	1,0435
100 (para)	0,0006	1673

Ova čudna pojava kod vode naziva se **anomalija vode**. Posljedica ove pojave su mnogostruke:

- led pliva na vodi jer ima manju gustoću od vode,
- smrzavanje vode može dovesti do pucanja spremnika i cijevi jer led zauzima veći volumen od vode,
- topla voda ima manju gustoću pa se diže prema gore što nazivamo **prirodna cirkulacija**,
- u zatvorenim posudama prilikom zagrijavanja dolazi do povećanja tlaka jer topla voda (a naročito para) zauzima veći prostor.

5. Specifični toplinski kapacitet vode

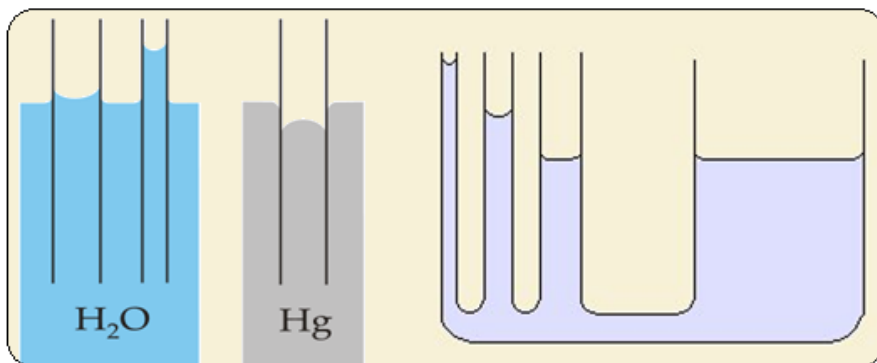
To je veličina koja pokazuje koliko topline treba utrošiti da bi se 1 kg vode zagrijao za 1°C. Voda ima visoki toplinski kapacitet, što znači da joj za zagrijavanje treba dovesti veću količinu topline, a samim time je i vrijeme zagrijavanja duže. No zato zagrijana voda duže predaje svoju toplinu okolini.

Toplinski kapacitet vode je **$c=4187 \text{ J}/(\text{kg K})$** ili **$1,16 \text{ Wh}/(\text{kg K})$**

6. Električna vodljivost

Čista voda je loš vodič električne struje, ali otopljene soli i plinovi u njoj dobro provode električnu struju, tj. čine vodu električno vodljivom.

7. Kapilarnost



Kapilarnost je odnos privlačnih sila u vodi (kohezija) i sila prijanjanja između vode i materijala (stijenke) u kojem se nalazi (adhezija). Kod vode su sile adhezije uglavnom veće od sila kohezije pa se voda uzdiže uz stjenke. Suprotni primjer je živa kod koje su sile kohezije veće od sila adhezije pa se ona spušta niz stjenku.



UZROK KAPILARNOSTI



"Ispitivanje" kapilarnosti pomoću kave i keksa

Posljedica kapilarnosti je na primjer vlaga u zidovima koja se uzdiže, voda unutar biljaka i sl.

1.3. Kemijska svojstva vode

1. Tvrdoća vode i stvaranje kamenca

Tvrdoćom vode označava se sadržaj otopljenih tvari u vodi, prije svega **kalcijskih i magnezijevih soli**. Ranije se tvrdoća vode izražavala najčešće u tkzv. njemačkim stupnjevima ($^{\circ}\text{dH}$),

Kvaliteta	Tvrdoća ($^{\circ}\text{dH}$)
Vrlo meka	0 do 5
Meka	5 do 10
Umjereno meka	10 do 15
Tvrda	15 do 25
Vrlo tvrda	preko 25

dok se danas izražava u **mmol/l** (milimola po litri). Prema tvrdoći voda se može podijeliti na:

Kvaliteta	Tvrdoća (mmol/l)
Vrlo meka	0 do 1
Meka	1 do 1,5
Srednje meka	1,5 do 2
Prilično meka	2 do 3
Tvrda	3 do 5
Vrlo tvrda	3 do 5

Tvrdoća vode može se izmjeriti posebnim reagensima koji se ukapavaju u vodu ili testnim trakama.

Tvrdoća vode bitna je iz nekoliko razloga:

- o tvrdoći vode ovisi količina deterdenta koji se dodaje prilikom pranja rublja. (U Njemačkoj postoji obveza distributera da jednom godišnje obavijesti korisnike od tvrdoći vode kako bi oni ispravno dozirali sredstva za pranje).
- o tvrdoći vode ovisi i stvaranje kamenca na instalacijama i uređajima. Stvaranje kamenca je to veće što je temperatura veća, pa su i uređaji koji rade na višim temperaturama naročito izloženi. Dok je sloj kamenca tanak on je čak i dobrodošao jer štiti od korozije, međutim deblji slojevi su štetni jer smanjuju protočni otvor, te djeluju na efikasnost zagrijavanja.

<https://www.youtube.com/watch?v=xOzpDIL2-pY>

2. p-H vrijednost

(lat. *potentia Hydrogenii*)

To je veličina koja iskazuje odnos pozitivnih H^+ iona i negativnih OH^- iona. U litri vode nalazi se oko 10^{-7} grama H^+ iona i 10^{-7} grama OH^- iona. Takva voda je neutralna i ima pH 7 (7 je negativni eksponent sadržaja H^+ iona). Kisela voda ima više H^+ iona pa joj eksponent pada i obrnuto kod lužnate vode eksponent raste.

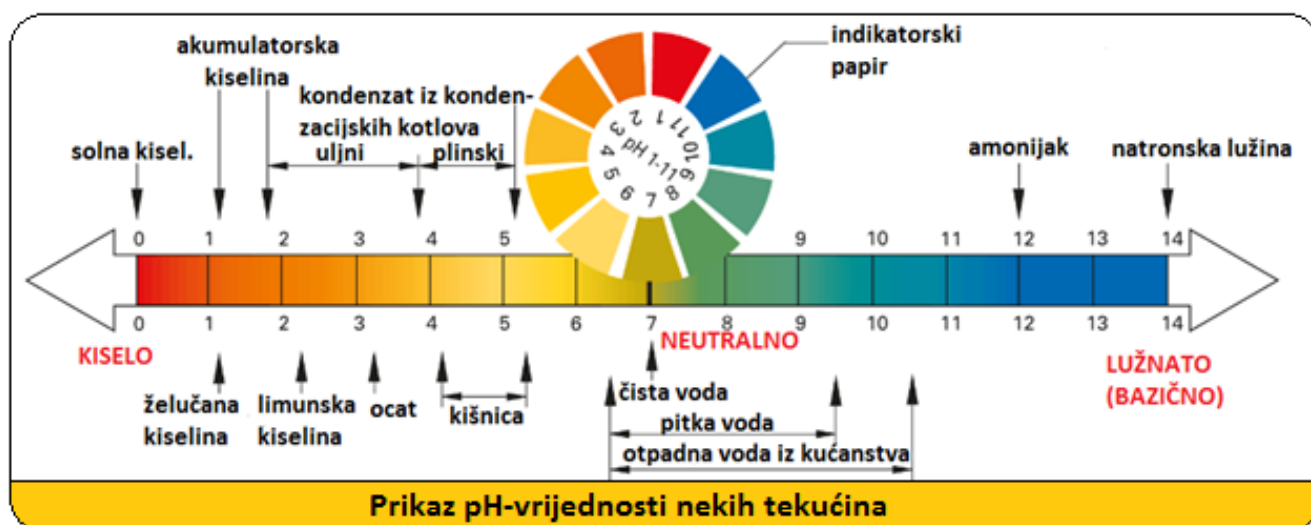
Dakle:

pH < 7 -kiselo (bazično) područje,

pH = 7 -neutralno područje,

pH > 7 -lužnato (alkalično) područje.

Kada je voda u kiselom području opasnija je za instalacije (naročito za olovne cijevi), dok voda u lužnatom području djeluje štetno na žive organizme (oštećuje kožu i sluznicu).



pH- vrijednost može se izmjeriti tkzv. lakmus papirom. Ako se on oboji u ružičasto voda je kisela, a ako se oboji u plavo voda je lužnata.

2. DOBIVANJE PITKE VODE

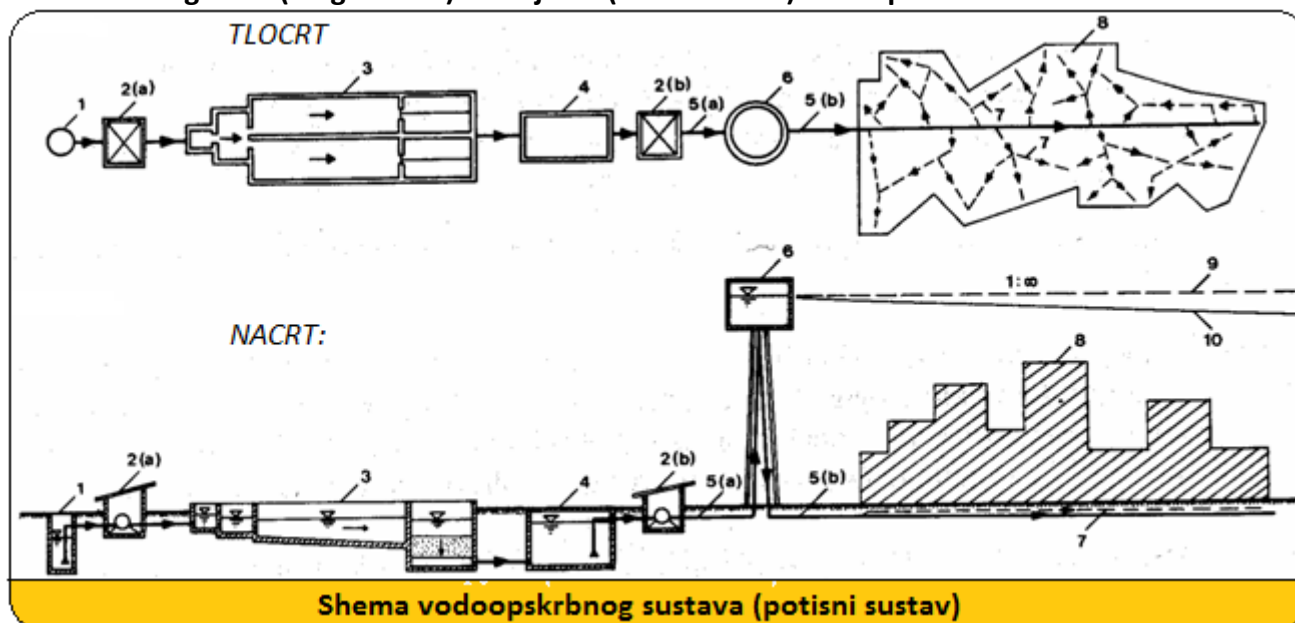
Pitka voda potrebna za snabdijevanje stanovništva dobiva se iz prirodnih izvorišta koja mogu biti:

1. atmosferska izvorišta (kiša, snijeg)
2. podzemna izvorišta (izvorske vode)
3. površinska izvorišta (jezera, rijeke, mora)

Vodoopskrbni sustav je sustav objekata i mjera povezanih u funkcionalnu cjelinu s osnovnim ciljem osiguranja dovoljne količine kvalitetne vode na što ekonomičniji način.

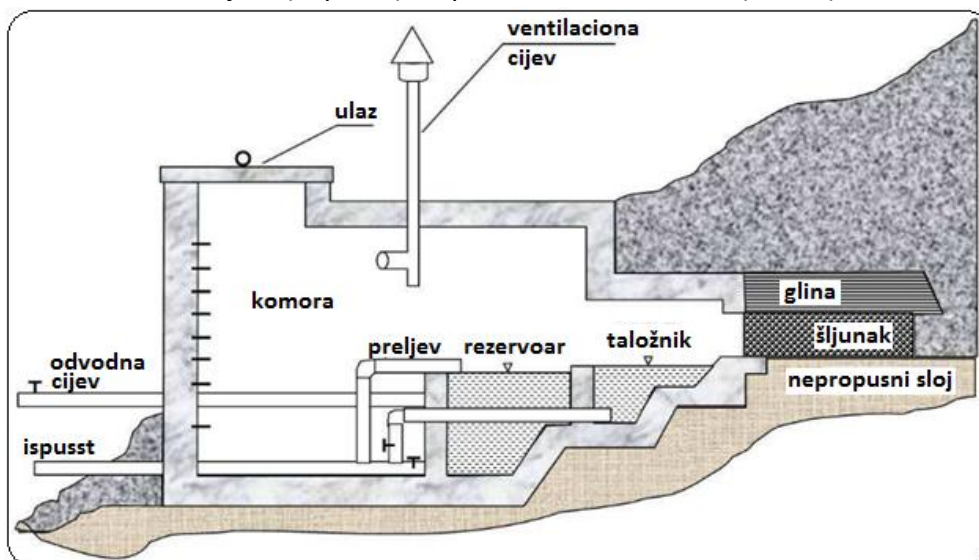
Vodoopskrbni sustav sastoji se od sljedećih objekata:

1. vodozahvati (kaptaže)
2. crpne postaje
3. uređaji za kondicioniranje (pročišćavanje) vode
4. vodospreme
5. glavna (magistralna) i razdjelna (distributivna) vodoopskrbna ili vodovodna mreža



1 - vodozahvat, 2(a) -(niskotlačna) crpna postaja, 2(b) -(visokotlačna) crpna postaja, 3 - uređaj za kondicioniranje vode, 4 - sabirni bazen, 5(a) - glavni dovodni cjevovod, 5(b) - glavni opskrbeni cjevovod, 6 - vodosprema (vodotoranj), 7 - razdjelna mreža, 8 - potrošači, 9 - linija hidrostatskog tlaka, 10 - linija hidrodinamičkog ili pogonskog tlaka

Vodozahvatni objekt (kaptaža) na podzemnom izvorištu (izvoru)



2.1. POSTROJENJE ZA PRIPREMU VODE – objekti i postupci

Higijenska ispravnost vode

Pod tim pojmom podrazumijeva se kakvoća vode s obzirom na udio raznih tvari (glina i pijesak) i organizama koji bi mogli štetiti ljudskom zdravlju

Zakonima i propisima određene su maksimalne dopuštene koncentracije (MDK) pojedinih tvari u vodi.

U izvore mikrobioloških onečišćenja vode ubrajaju se:

Bakterije: -su mali živi organizmi koji se razmnožavaju diobom. Neki od njih uzrokuju bolesti, dok drugi povoljno utječu na zdravlje čovjeka. Bakterije se uklanjaju iz vode zagrijavanjem na 55°C do 70°C (**pasterizacija**) te **kloriranjem** i sl.

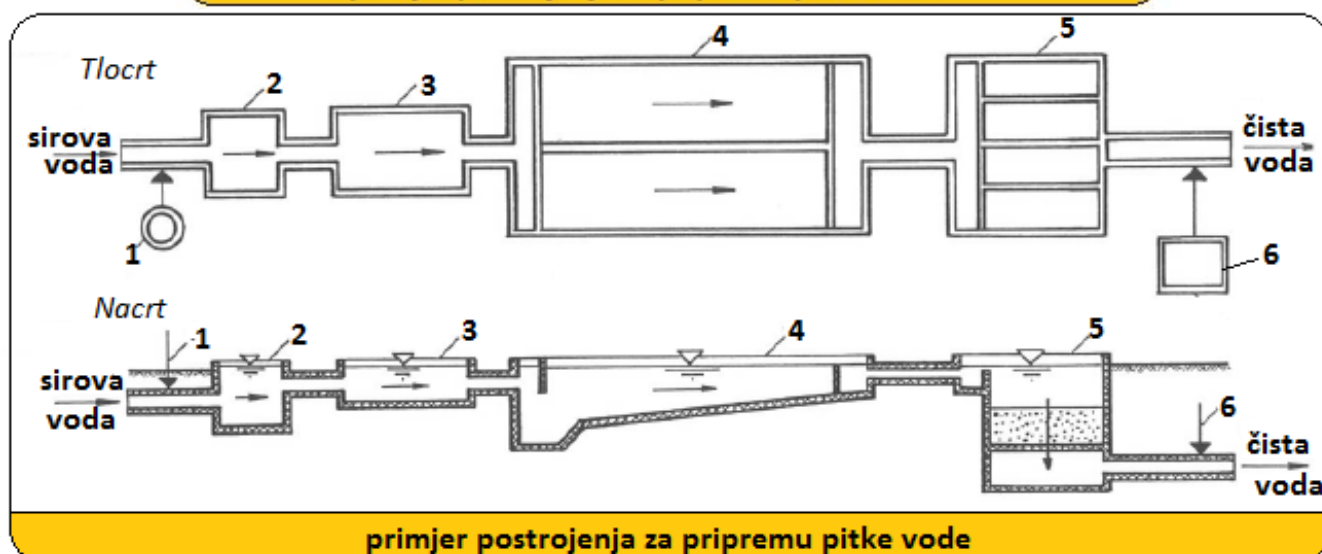
Virusi-su organizmi manji od bakterija i također su uzročnici bolesti. Pojavljuju se u plitkoj i bazenskoj vodi. Uklanjaju se **ozoniranjem**.

Protozoe: -su jednostanični organizmi ponekad vidljivi i golim okom. Žive uglavnom u površinskim vodama i uglavnom su neškodljivi čovječjem zdravlju. Mogu se nalaziti i u bazenskim vodama, pa ona zahtijeva posebnu obradu.

Gljivice: -su organizmi koji rastu na mrtvom ili umirućem tkivu. Hrane se organskim tvarima. Najčešće uzrokuju kožne bolesti, ali mogu dovesti i do oboljenja unutarnjih organa.

Alge: -su jednostavni višestanični organizmi vidljivi golim okom, i uglavnom nisu opasne po zdravlje. Uklanjaju se **čišćenjem** i **dezinficiranjem**.

Zavisno od kvalitete vode iz izvorišta, postrojenje za pripremu vode može uključivati različite postupke kojima se voda dovodi u zdravstveno ispravno stanje:



Dijelovi postrojenja:

1. Otapanje i doziranje koagulatora, zgrušavanje,
2. Miješanje,
3. Pahuljičenje
4. Taloženje
5. Procjeđivanje
6. Dezinfekcija

Postupci pripreme vode za piće uključuje različite postupke koji se temelje na fizikalnim, kemijskim i biološkim djelovanjima.

Fizikalni (mehanički) postupci:

- Koagulacija (zgrušavanje)
- Flokulacija (pahuljičenje)
- Miješanje
- Taloženje i cijeđenje

Kemijski postupci

- neutralizacija kiselosti (izvodi se propuštanjem kroz sloj vapnenca, magnezita i mljevenog mramora).
- omekšavanje vode (izvodi se dodavanjem sapuna, prokuhavanjem, dodavanjem gašenog vapna i dr.)
- uklanjanje mirisa.

Biološke postupci (dezinfekcija- otklanjanje zaraznih klica i bakterija):

- **kloriranje** (dodaje se 0,5 g klornog vapna na 1 m³ vode ili dodavanjem tekućeg klora),
- ozoniranje,
- dezinficiranje ultraljubičastim zrakama .

2.2. Kišnica

Kišnica je 100% čista voda prije nego što padne na zemlju.

Za potrebe kućanstva samo voda koja služi za piće i pripremu hrane mora biti pitka. Za sve ostale potrebe može se koristiti pročišćena voda ili kišnica.

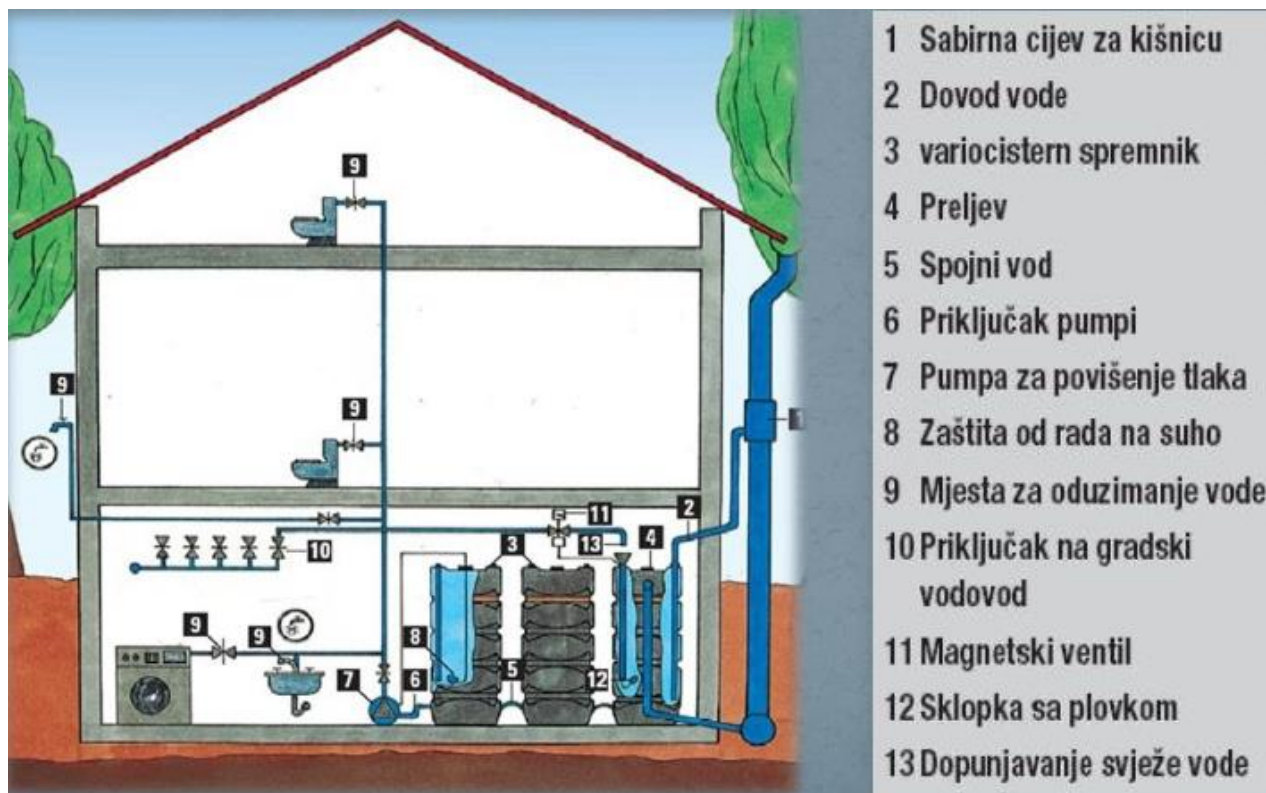
Prednosti korištenja kišnice su:

- smanjeni računi za vodu,
- manja potrošnja deterdenta,
- voda bez klora i kamenca,
- štiti uređaje koji koriste vodu (bojleri, perilice i sl.)
- čuvanje postojećih tokova (rijeke, jezera, podzemni tokovi),
- povoljnija je za biljke.

Primjer uređaja za korištenje kišnice – sastavni dijelovi

Uređaj mora imati slijedeće bitne komponente (*vidi sliku*): Objašnjenje:

- preliv (4): -služi za otjecanje viška vode prilikom dugotrajnih kiša.
- spojni vod (5): -povezuje međusobno spremnike,
- zaštita od rada na suho (8): -ukoliko nema vode u spremniku prekida se rad pumpe,
- priključak na gradski vodovod (10): -u slučaju nedostatka kišnice magnetski ventil (11), upravljan od plovka sa sklopkom (12), se otvara i spremnici se pune vodom iz vodovoda.



Pitanja za ponavljanje

1. Nabroji tvari koje mogu biti otopljene u prirodnoj vodi.
2. Objasni promjene agregatnog stanja vode. Što je kritična i trojna točka?
3. Što je gustoća, matematički izraz i jedinice za gustoću. Kolika je gustoća vode?
4. Što je latentna toplina (na primjeru vode)?
5. Što je anomalija vode i koje su njezine posljedice?
6. Što je specifični toplinski kapacitet i koliki je on za vodu?
7. Što je kapilarnost i koje su njezine posljedice?
8. Što je tvrdoća vode? Na koji način se izražava?
9. Koja su područja p-H vrijednosti-objasni skalu p-H vrijednosti.
10. Od kojih se dijelova ili objekata sastoji vodoopskrbni sustav?
11. Što su vodozahvati?
12. Što je kaptaža?
13. Koji su izvori mikrobioloških onečišćenja vode?
14. Koji su načini pripreme vode za piće?
15. Kako se izvodi mehaničko čišćenje?
16. Što spada u kemijsko čišćenje vode?
17. Što spada u biološko čišćenje vode?
18. Objasni u kojim je omjerima raspoređena potrošnja vode u domaćinstvu?
19. Koje su prednosti kišnice u odnosu na pitku vodu?
20. Nabroji sastavne dijelove instalacije za korištenje kišnice i objasni njihovu ulogu.

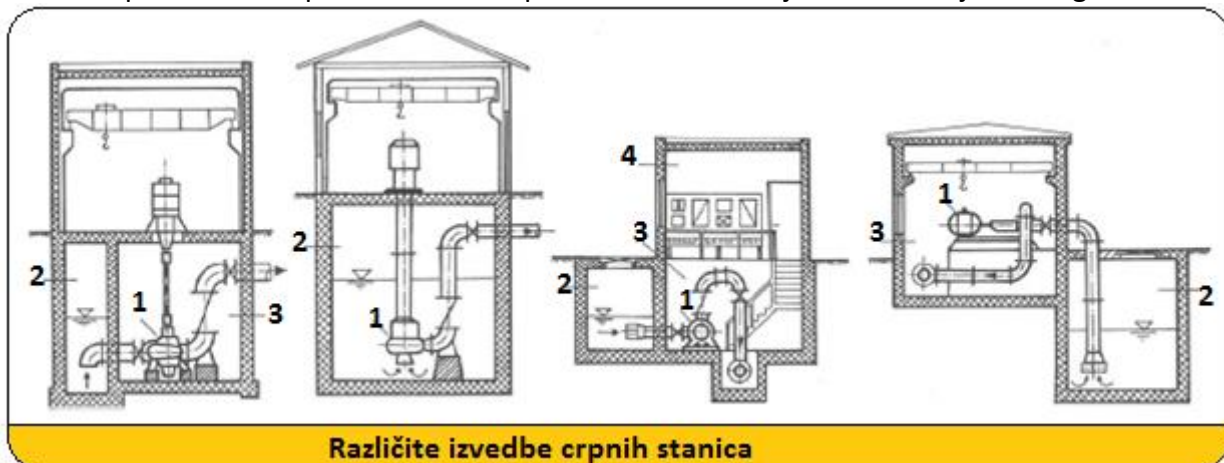
2.3. CRPNE STANICE

Crpna stanica je građevina s pripadnom elektrostrojarskom opremom, kojom se voda crpi i podiže (potiskuje) prema potrošačima.

Osnovni dijelove crpne stanice: (slika)

1. crpke (crpni agregati),
2. crpni spremnik,
3. strojarnica,
4. komandna prostorija.

Crpne stanice u pravilu sadrže i opremu za eliminiranje i ublažavanje vodnog udara.



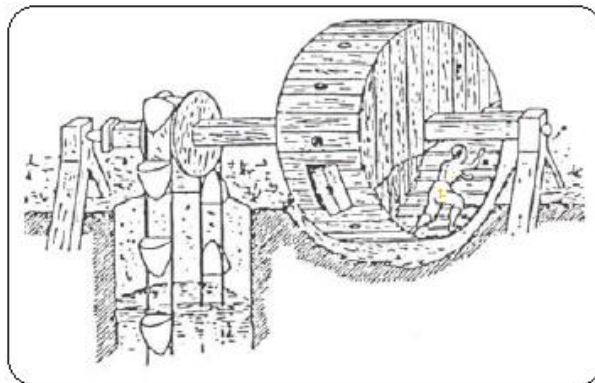
Različite izvedbe crpnih stanica

2.4. CRPKE (pumpe)

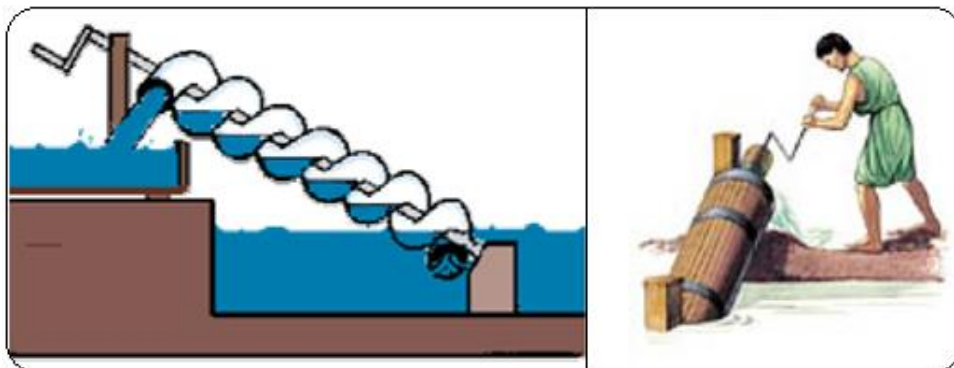
Uvod

Dovođenje tekućine-vode na željeno mjesto vezano je uz dosta uloženog rada. Stoga su ljudi već u ranim vremenima nastojali da si taj posao na neki način olakšaju.

Stari Egipćani poznavali su način dobave vode pomoću naprave s posudama (slika):



Grci su prije 2200 godina poznavali način dobave vode pomoću naprave s Arhimedovom spiralom. (slika)

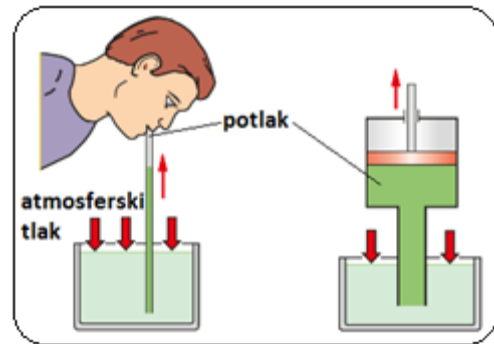


2.4.1. Osnovni pojmovi

Crpke su hidraulički radni strojevi koji dovedenu mehaničku energiju dobivenu (najčešće) od elektromotora pretvaraju u hidrauličku energiju radne tekućine, dajući joj tlak (p) i protok (Q).

Princip rada svih crpki koje rade s vodom je jednak:

-u komori crpke stvara se, zbog povećanja volumena, potlak, dok je u spremniku atmosferski tlak. Ta razlika tlaka uzrokuje usisno djelovanje, pa voda ulazi u radnu komoru. U drugoj fazi ciklusa volumen komore se smanjuje, stvara se natlak i voda izlazi iz crpke.

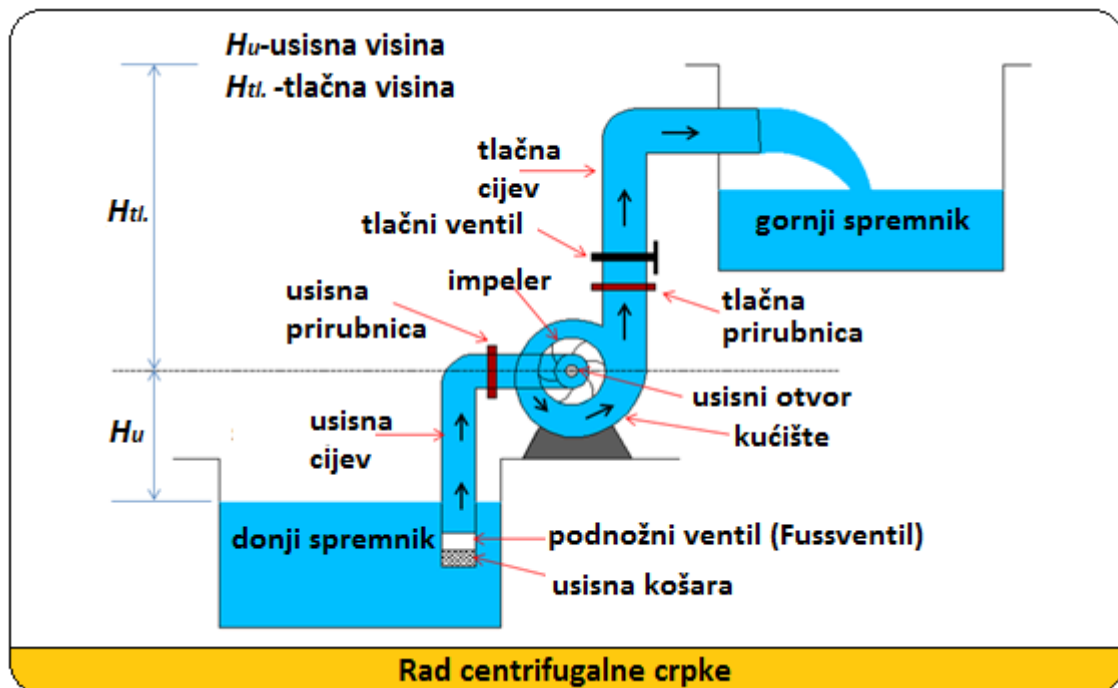


S obzirom da atmosferski tlak zraka iznosi oko 1 bar što odgovara hidrostatsičkom tlaku koji stvara stupac vode od 10 m, proizlazi da je maksimalna usisna visina (teoretski) 10 m. No s obzirom na gubitke u crpki, te na promjenljivi atmosferski tlak i nadmorsku visinu, ta visina praktično iznosi 7 do 8 metara.

Osnovne veličine koje karakteriziraju crpke su:

2.4.2. Visina dobave ili tlak: H [m] ili izraženo kao tlak p [bar].

Visina dobave H u biti predstavlja ukupnu količinu energije koju crpka predaje jediničnoj masi tekućine. Ta energija troši se na **usisnu visinu H_u** , gubitke u usisnom dijelu cjevovoda, **tlačnu visinu H_{tl}** , gubitke u tlačnom dijelu cjevovoda.



2.4.3. Dobavna količina ili protok: Q [l/min], [m³/h],

-to je količina tekućine koju crpka dobavlja u jedinici vremena

2.4.4. Snaga crpke P [W]

-definirana je umnoškom dobavne količinom Q i tlaka, odnosno visine dobave H , i može se izraziti kao:

$$P = Q \cdot p \text{ [W]}$$

izraženo pomoću tlaka, odnosno:

$$P=Q \cdot H \cdot \rho \cdot g \text{ [W]}$$

izraženo pomoću visine.

Ukoliko se radi o vodi čija je gustoća 1000 kg/m^3 , te ako snagu izrazimo u kW (dijelimo s 1000), dobivamo:

$$P=9,81 \cdot Q \cdot H \text{ [kW]}$$

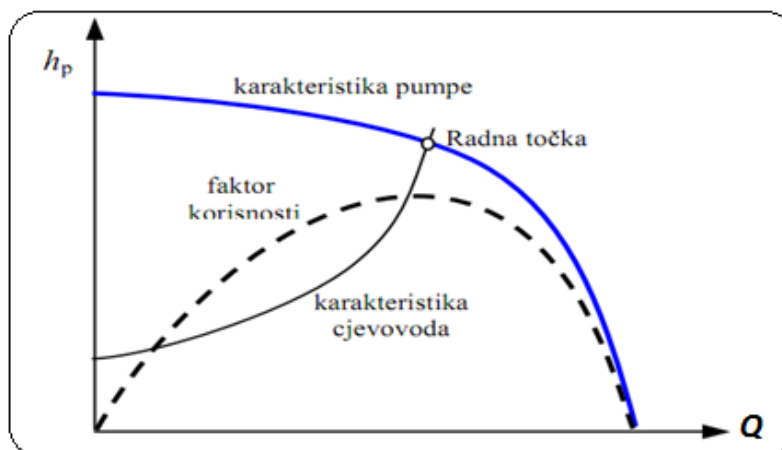
2.4.5. Koeficijent korisnog djelovanja (faktor korisnosti) η („eta“)

-predstavlja omjer dobivenog korisnog rada (energija predana tekućini) i uložene energije (potrošena električna energija).

$$\eta = \frac{\text{energija predana tekućini (dobiveno)}}{\text{utrošena električna energija (uloženo)}}$$

2.4.6. Karakteristika crpke-Q/H karakteristika

Karakteristika crpke je krivulja koja daje ovisnost protoka Q i visine dobave H . Potrebna crpka bira se prema karakteristici cjevovoda koja prikazuje gubitke energije u cjevovodu. Gubici energije u cjevovodu ovise o puno faktora (promjeru cijevi, hrapavost cijevi, broju cijevnih zavoja i armatura, itd), i **rastu s brzinom protjecanja tj. s protokom**. Točka u kojoj se sijeku karakteristika crpke i cjevovoda je **radna točka crpke**.



2.5. Podjela crpki

Crpke se mogu podijeliti na više načina.

Jedna od podjela je prema radnom mediju koji se koristi:

- **vodne crpke:** (klipne, centrifugalne; poluaksijalne, propelerne)
- **uljne crpke:** (zupčaste, klipne, vijčane, krilne...)
- ostale.

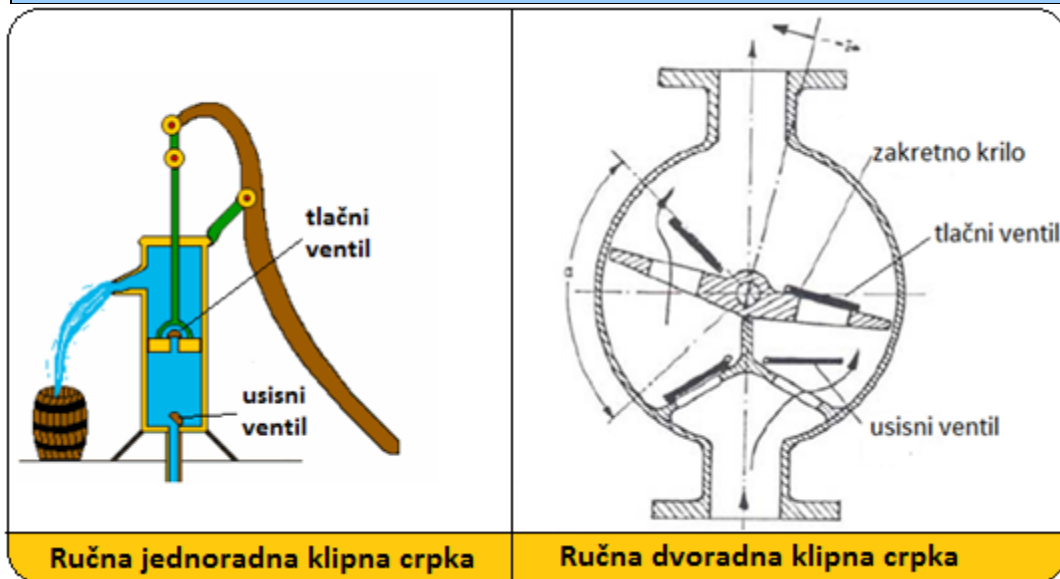
Mogu se podijeliti i prema načinu gibanja radnog elementa:

- s pravocrtnim kretanjem radnog elementa,
- s rotacionim kretanjem radnog elementa.

Prema konstrukciji:

- | | |
|------------------|---------------|
| ➤ klipne, | ➤ krilne, |
| ➤ centrifugalne, | ➤ membranske, |
| ➤ zupčaste, | ➤ mlazne, |
| ➤ vijčane, | ➤ i dr. |

2.5.1. Ručne crpke



https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=793864990714689

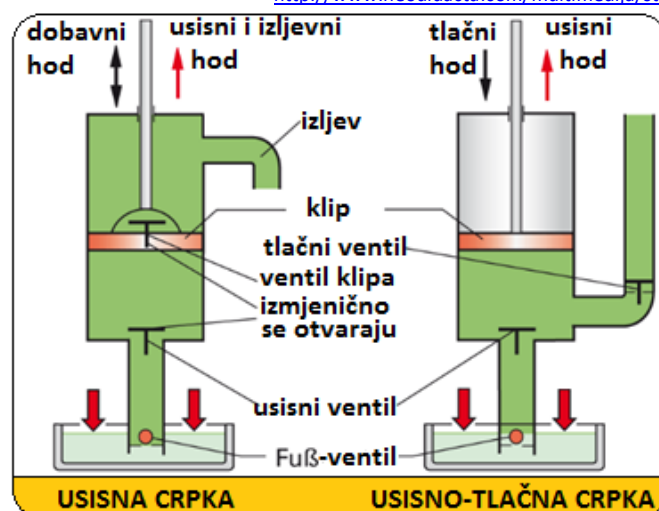
Na primjeru dviju ručnih crpki (*gornje slike*) najlakše je objasniti princip rada bilo koje crpke. Svaka crpka ima jednu ili više radnih komora u kojoj se stalno događa promjena volumena. U trenucima kada volumen raste u komori se javlja **potlak** pa se kroz usisni ventil tekućina usisava u komoru. U trenucima kada volumen pada javlja se **pretlak** zbog čega tekućina iz radne komore kroz tlačni ventil izlazi iz crpke.

2.5.2. Klipne crpke

http://www.neodidacta.com/multimedija/elementi_strojeva_i_konstruiranje/flv/03_Klipni_mehanizam.flv

Klipne crpke se danas sve manje koriste kao vodne crpke. Nedostatak im je neravnomjerna dobava, zauzimaju dosta prostora, a potreban je i kompliciran mehanizam (stapni mehanizam) za pretvorbu kružnog kretanja u pravocrtno.

http://www.neodidacta.com/multimedija/strojarstvo/flv/97_Stapni_mehanizam.flv



2.5.3. Centrifugalne crpke

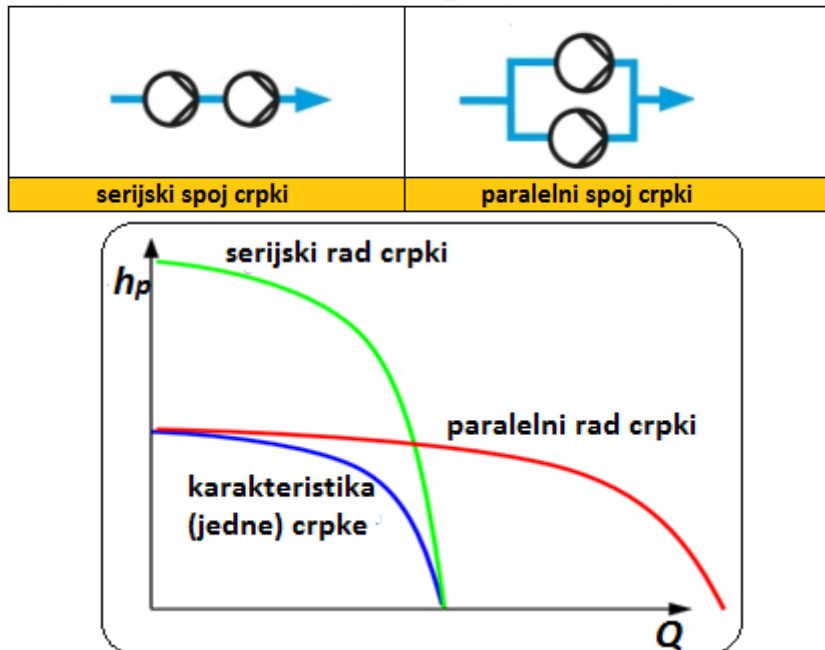
Centrifugalne crpke su najčešće korištene crpke za dobavu vode, u vatrogastvu, naftnoj i procesnoj industriji. Centrifugalna crpka odlikuje se kontinuiranom dobavom. Koriste se za transport tekućina (vode) s dubine **ne veće od 8 m**, a moguće je i transport krutih tvari.

Podjela centrifugalnih crpki

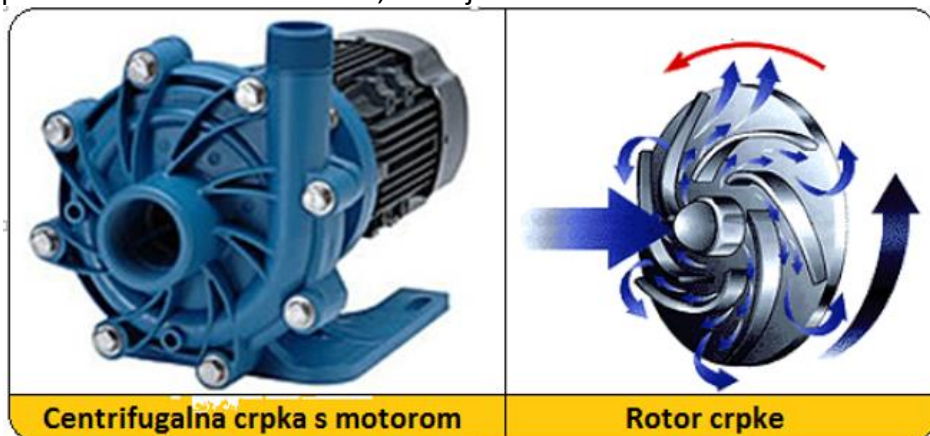
Centrifugalne crpke se mogu podijeliti na više načina:

- prema broju stupnjeva:
 - jednostupanjske,
 - višestupanjske –kada je više crpki radi zajedno, a mogu biti spojene:
- a) **serijski**-pri čemu se povećava visina dobave (pritisak),
- b) **paralelno**-pri čemu se povećava količina dobave.

http://machining.grundfos.de/media/60727/grundfos_pumpenhandbuch.pdf



- prema položaju vratila: **horizontalne** i **vertikalne**.
- prema tlaku:
 - niskog tlaka (do 1 bar)
 - srednjeg tlaka (1 do 50 bara)
 - visokog tlaka (preko 50 bara).
- prema količini dobave: -male, srednje i velike dobave



Princip rada:



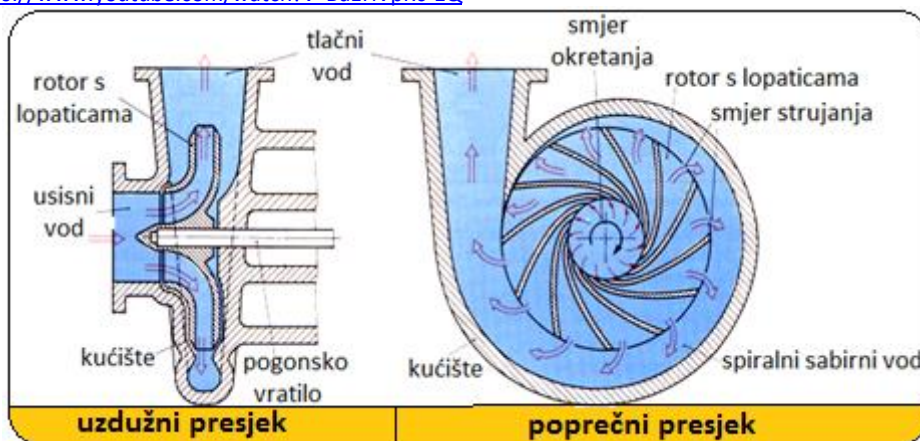
DJELOVANJE CENTRIFUGALNE SILE

-rotor, gonjen pogonskim motorom, prenosi lopaticama tekućinu koja je dospjela iz spremnika, preko usisnog koša, usisnog ventila i usisnog voda i zbog djelovanja centrifugalne sile potiskuje je prema periferiji rotora.

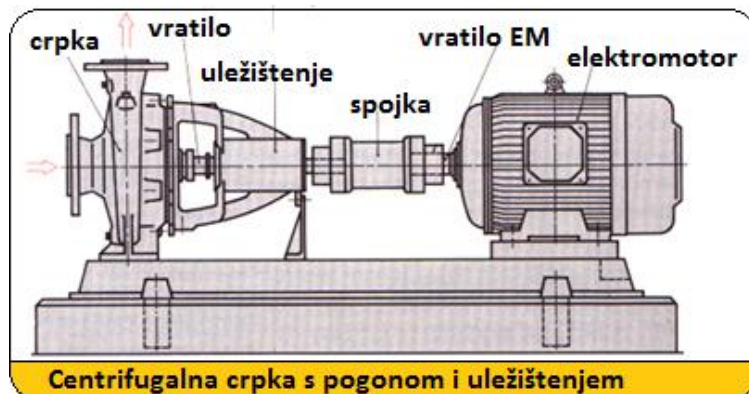
Tekućina se usisava zbog razlike tlaka na slobodnoj površini p_0 i potlaka na ulaznom presjeku rotora. Potlak se stvara uslijed rotacije rotora. Strujanjem tekućine kroz međulopatične kanale povećava se kinetička energija tekućine.

Nakon izlaska iz rotora tekućina prolazi kroz sprovedno kolo izrađeno u obliku spiralnog kućišta, gdje se kinetička energija pretvara u energiju tlaka.

<https://www.youtube.com/watch?v=BaEHVpKc-1Q>

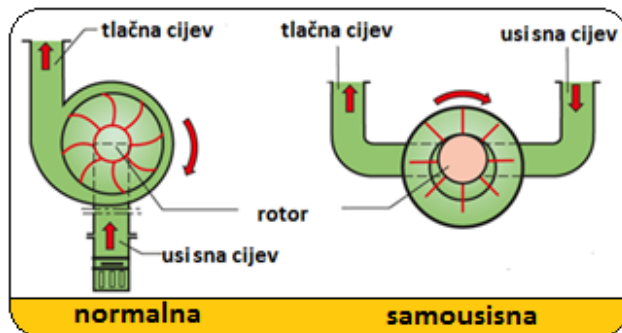


https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/max_1200/5f1d5177978933.5c97ece04ad4a.gif



Centrifugalna crpka s pogonom i uležištenjem

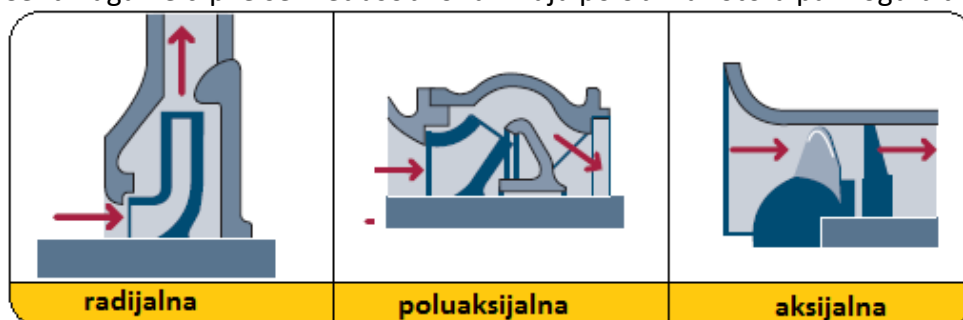
Centrifugalne crpke mogu biti **normalno usisne** i **samousine**.



Normalno usisna crpka može usisavati samo vodu ali ne i zrak. Zato mora usisni vod biti napunjen vodom. Ukoliko vode nema u usisnom vodu mora se prije rada napuniti preko za to predviđenog priključka. Da voda ne bi istekla iz usisnog voda za vrijeme mirovanja ugrađuje se iznad usisne košare nepovratni ventil (tkzv. Fussventil).

Samousisna crpka ima usisni i tlačni vod okrenut prema gore, tako da u crpki uvijek ostaje dovoljna količina vode pri pokretanju.

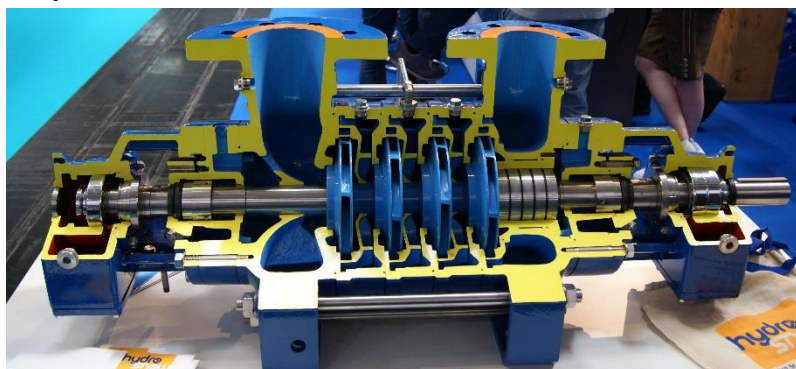
Centrifugalne crpke se međusobno razlikuju po obliku rotora pa mogu biti:



radijalne: -najčešće se koriste. Imaju relativno visoke pritiske.

aksijalne ili propellerske: -služe za dobavu velikih količina tekućine ali uz mali pritisak.

Višestupanjske crpke



Kavitacija

Kavitacija je štetna pojava na dijelovima ne samo centrifugalnih crpki nego i kod ostalih hidrauličkih uređaja. Kavitacija se očituje po lokalnim oštećenjima dijelova crpke (npr površine lopatica).



Do toga dolazi što na nekim dijelovima -npr. lopaticama- dolazi do pada tlaka. Ako tlak padne ispod kritičnog, dolazi do lokalnog isparavanja tekućine, i nastanka prostora koji su ispunjeni parom, plinom ili zrakom. Kada ti prostori nošeni strujom tekućine opet dođu pod viši tlak dolazi do kondenzacije pare, a u taj prostor sjuri se tekućina naglo povećavajući tlak što postepeno dovodi do oštećenja površine.

Puštanje u rad centrifugalnih crpki

Centrifugalne crpke mogu povući tekućinu samo kada su potopljene. Zato se crpka i usisni vod prije pokretanja moraju napuniti tekućinom. Za to postoje uglavnom dva načina:

- neposredno punjenje tekućinom iz vanjskog izvora,
- posredno punjenje, usisavanjem zraka iz usisne cijevi, tako da tekućina ulazi uslijed djelovanja atmosferskog pritiska.

2.5.4. Specijalne crpke

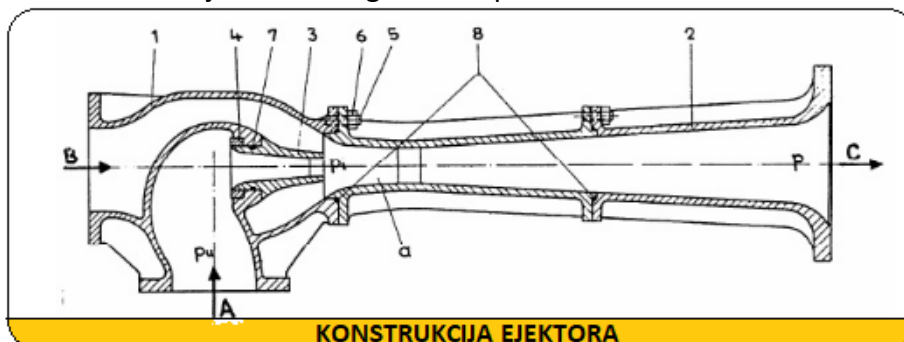
Membranske crpke

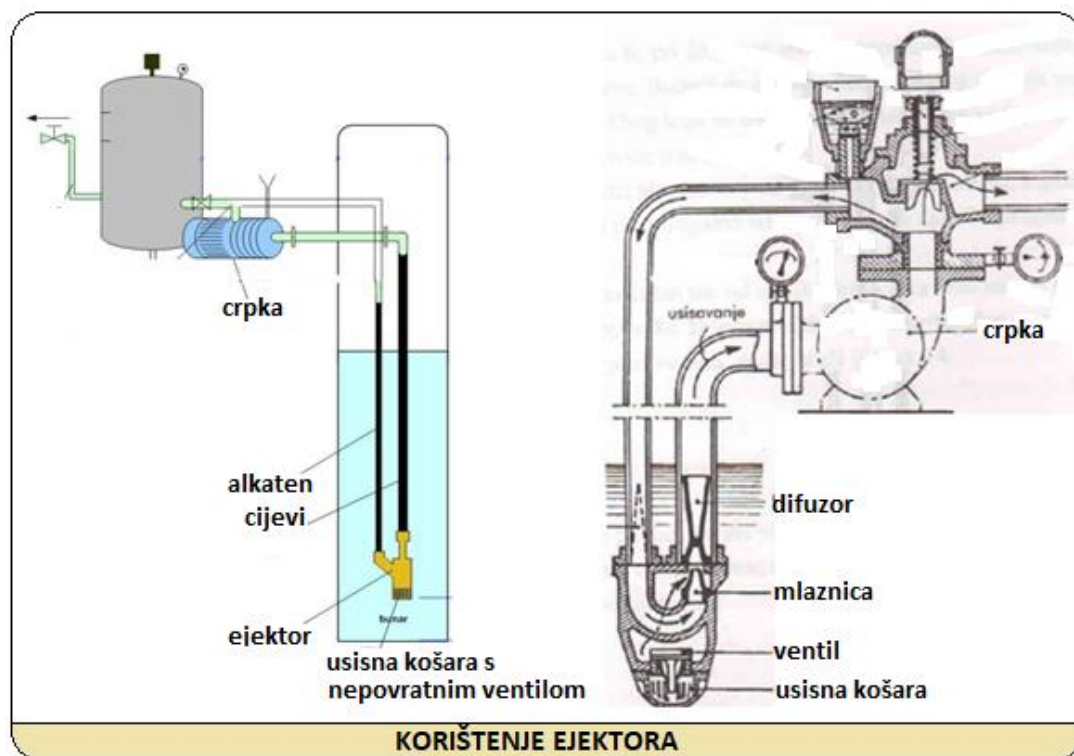
Injektori

Ejektori

Voda se pod pretlakom dovodi u mlaznicu (3), gdje brzina raste a tlak pada. Zbog nastalog potlaka oko mlaznice, usisava se voda kroz usisni priključak (B). Voda nakon toga prolazi kroz suženje gdje se miješa s radnom vodom i izlazi kroz difuzor (C) gdje se kinetička energija pretvara u tlačnu.

Ejektori se koriste u kombinaciji sa centrifugalnom crpkom za dobavu vode iz većih dubina (do 25 m)





Pitanja za ponavljanje

1. Što su crpne stanice i koje sve dijelove mogu sadržavati?
2. Što su crpke?
3. Koje veličine čine karakteristiku crpke. Navedi njihove mjerne jedinice? Što je snaga crpke?
4. Prikaži grafički (dijagramom) karakteristiku crpke. Na temelju čega se bira potrebna crpka?
5. Kako se crpke dijele s obzirom na konstrukciju?
6. Objasni princip rada klipnih crpki.
7. Što su nedostaci klipnih crpki?
8. Nabroji osnovne dijelove centrifugalne crpke i opiši način rada.
9. Na koji se način može spojiti više centrifugalnih crpki i što se time postiže?
10. Kako se centrifugalne crpke dijele prema obliku rotora?
11. Što je propelerna crpka?
12. Što je problem kod puštanja u rad centrifugalnih crpki i kako se rješava?
13. Nabroji neke specijalne crpke.
14. Čemu služi i kako radi ejektor?

3. OPŠKRBA PITKOM VODOM

Opskrba stanovništva pitkom vodom izvedena je na dva načina:

1. Javnim vodoopskrbnim sustavom (vodovodima),

-kojim se vodom opskrbljuje veći dio stanovništva. Kakvoća vode iz ovih sustava određena je Pravilnikom o zdravstvenoj zaštiti vode za piće, a definirana su i ostala pitanja vezana za ovo područje.

Voda za piće dobiva se iz vrela, zdenaca, rijeka, jezera, akumulacija i sl. Prije distribucije voda se mora obraditi kako bi ispunjavala higijenske zahtjeve. To pročišćavanje izvodi se:

- mehanički: -uklanjanje čvrstih čestica (pjeskolovi, sedimentacija, pješčani i višeslojni filteri),
- kemijski: -uklanjanje otopljenih tvari (oksidacija, odkiseljavanje, flokulacija, filtracija s aktivnim ugljenom),
- mikrobiološki: -uklanjanje bioloških onečišćenja (ozoniranje, kloriranje, UV dezinfekcija).

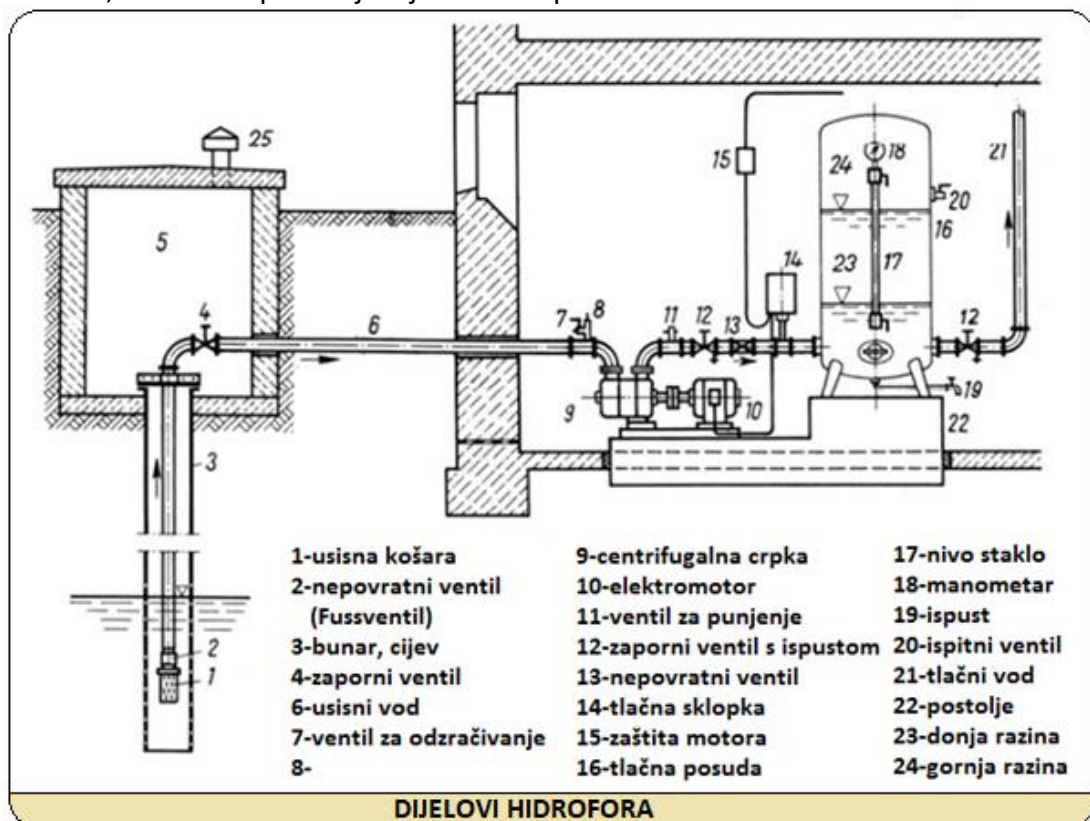
2. Neovisnom opskrbom pitkom vodom

-kojom se opskrbljuju pojedinačni potrošači, koji iz određenih razloga nisu priključeni na javni vodoopskrbni sustav. Voda iz neovisnih sustava također podliježe propisima iz prethodno navedenog Pravilnika.

Neovisni vodoopskrbni sustav sastoji se iz nekoliko dijelova:

- izvorišta: -vlastiti bunar, cisterna, izvor i sl.
- uređaja za dobavu: -najčešće hidrofor

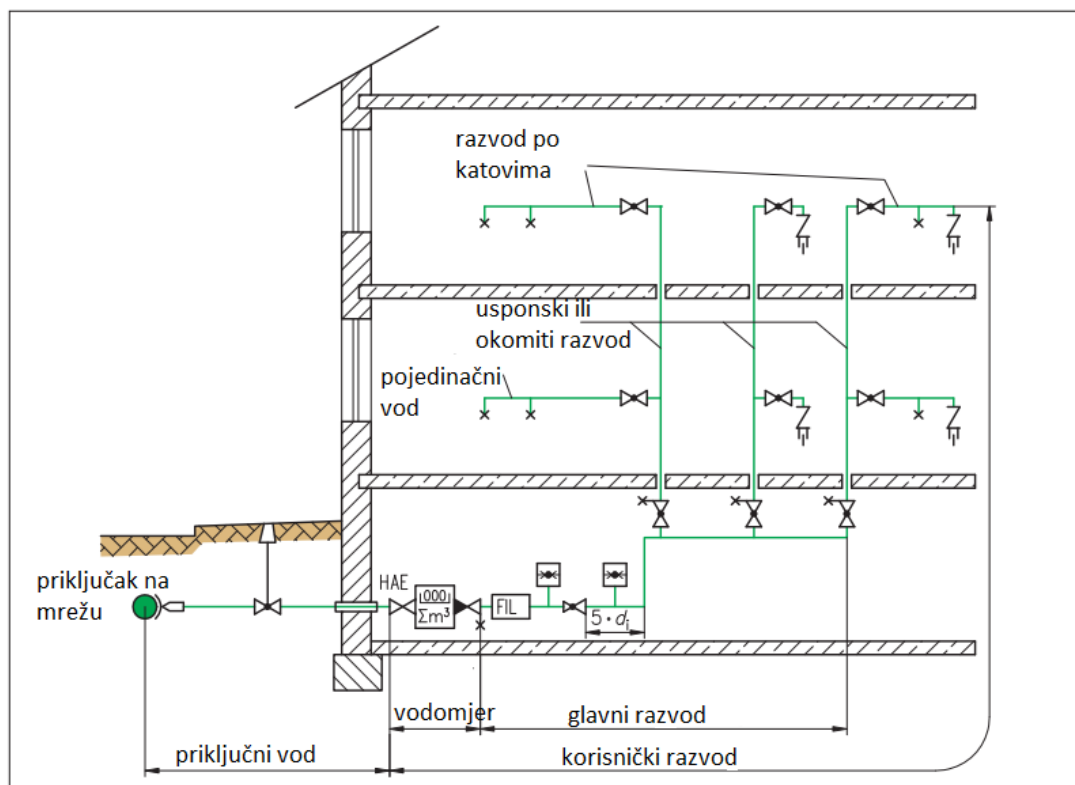
Hidrofor je uređaj koji se sastoji od tlačne posude određenog volumena, u koju crpka stlače vodu, čime se povećava tlak zraka iznad vode. U trenutku dostizanja namještenog tlaka, tlačna sklopka isključuje motor crpke.



- sustav za obradu vode.

3.1. Kućna vodovodna instalacija

Vodovodna instalacija u nekoj zgradi ili kući služi za dobavu pitke vode koja mora imati zadovoljavajuću kvalitetu, odgovarajući tlak, te potrebne količine za sva mjesta potrošnje. Zahtjevi koji se postavljaju na vodovodnu instalaciju određeni su propisima i normama (DIN 1988)

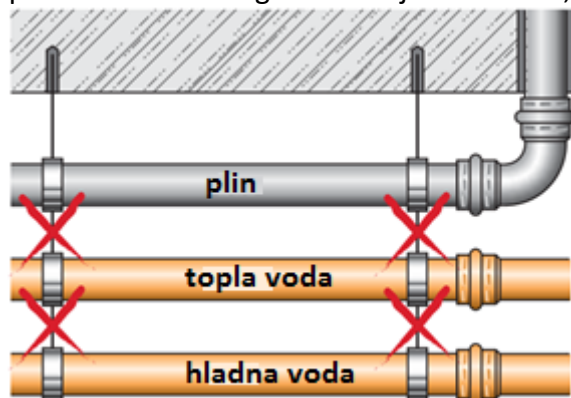


Razvodna vodovodna mreža dijeli se na više segmenata:

- priključak na mrežu,
- vodomjerni sklop,
- glavni razvod,
- usponski ili okomiti vod (vertikale),
- razvod po katovima (grane),
- pojedinačni vod (vod do trošila),

Neka pravila pri izvođenju kućnih vodovodnih instalacija: (vrijedi i za ostale instalacije)

- cjevovode treba voditi pregledno, a njihovu namjenu označiti privjescima, naljepnicama ili bojom,
- cjevovodi se ne smiju pričvršćivati na druge instalacije ili obratno,



- kod izvođenja priključka na savitljivu cijev, trebalo bi ga opremiti zapornom armaturom s protupovratnim ventilom i odzračnikom,

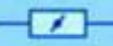
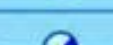
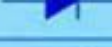
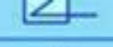
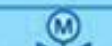
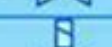
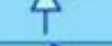
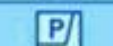
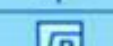
- cjevovodi koji se rijetko koriste ili kod kojih postoji opasnost od smrzavanja trebaju se opremiti zapornom i armaturom za pražnjenje,
- sustavi grijanja i potrošne vode moraju biti odvojeni,
- nadžbukno postavljeni vodovi moraju biti na dovoljnoj udaljenosti od zidova, podova i ostalih instalacija,
- svaki razvod po katu ili stanu mora biti izveden neovisno, odnosno treba ga razdvojiti od glavnog horizontalnog ili vodoravnog voda zapornim organom,
- odvojak razvoda kata ili stana treba biti postavljen najmanje 300 mm iznad očekivane razine najviše postavljenog trošila u tom stanu ili kako bi se spriječilo povratno strujanje,
- glavni okomiti vod treba biti opremljen zapornom i armaturom za pražnjenje koji moraju biti dostupni u svako vrijeme,



<https://www.youtube.com/watch?v=W0-G6VJD788>

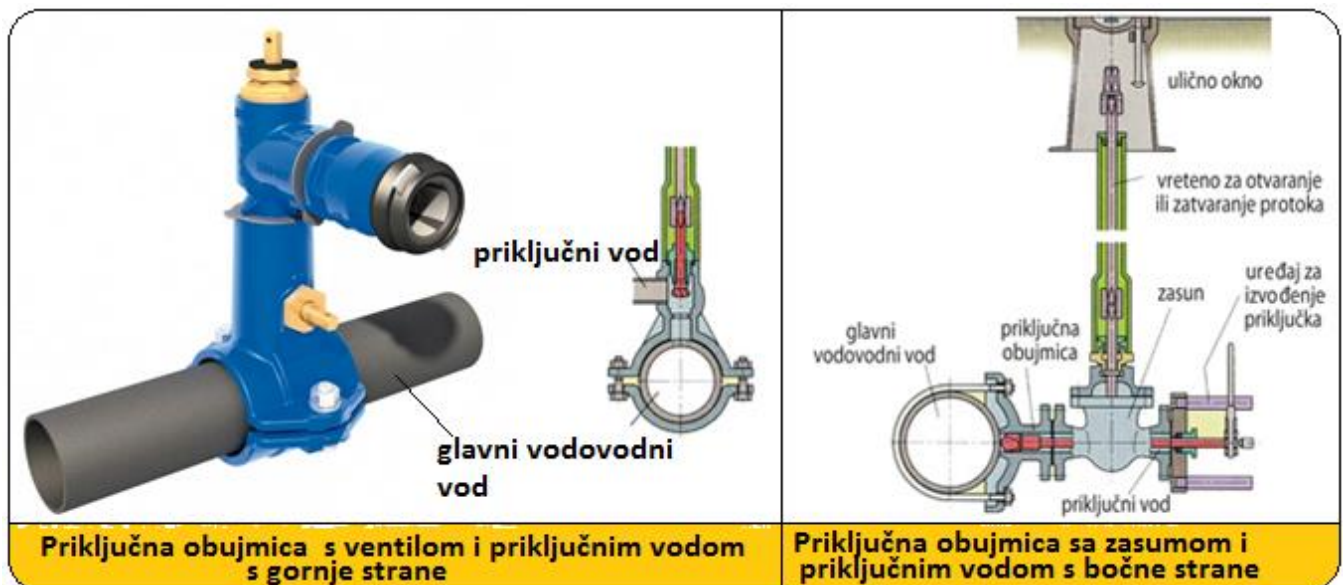
3.1.1. Označavanje dijelova vodovodne instalacije simbolima

(prema DIN 1988)

simbol	značenje	simbol	značenje
	zaporna armatura-općenito		prigušna zaklopka
	slavina		filter
	zasun		crpka
	ventil		odvajač kondenzata
	zaporna armatura s osiguračem povratnog struj.		potrošač topline
	osigurač povratnog strujanja		izmjenivač topline
	redukcijski ventil		prirubnički spoj
	zaporna armatura sa sigurnosnom funkcijom		spoj navojnim spojnica
	zaporna armatura - ručna		kompenzator
	zaporni ventil sa zaštitnom kapom		kompenzacijska lira
	zaporna armatura s elektromotornim pogonom		regulator
	zaporna armatura s elektromagnetskim pogonom		osjetnik temperature
	zaporna armatura s el. mot. pogonom i samoosiguranjem		termometar
	kutni ventil		manometar
	opružni sigurnosni ventil (kutni)		pokazivač nivoa
	sigurnosni ventil s utegom		osigurač od nedostatka vode
	troputna slavina		ekspanzijska posuda
	četveroputna slavina		graničnik min. tlaka
	zaporna zaklopka		graničnik max. tlaka
	protupovratna zaklopka		kontrolnik tlaka
			graničnik max. temperature

3.1.2. Priključivanje na vodoopskrbni sustav

Priključni vod spada u odgovornost vodoopskrbne tvrtke, koja ga i izvodi. Sastoji se od priključne obujmice (sedla), s ugrađenim svrdlom, koja omogućuje priključivanje na postojeću mrežu bez prekidanja protoka (kod cijevi od umjetnih materijala). Bušenje cijevi smije se izvoditi samo kad je instalacija pod tlakom.

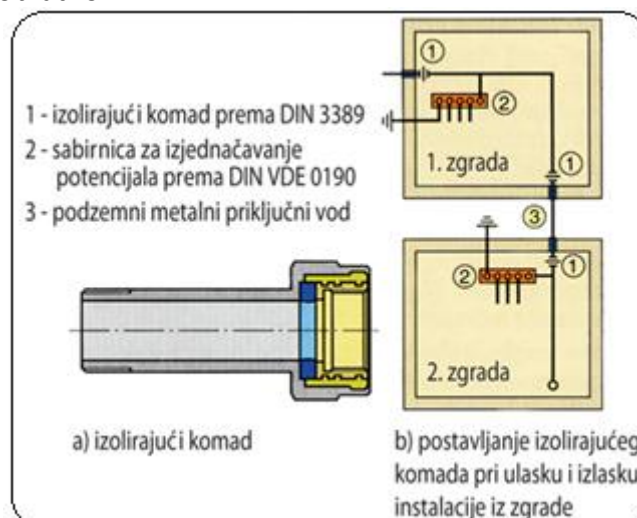


<http://www.youtube.com/watch?v=iu07cACWEZc&feature=endscreen&NR=1>

Prolaz cijevi kroz zid zgrade mora biti izveden u zaštitnoj cijevi, a zazor između cijevi mora se izvesti vodo- i plinonepropusno nekim sredstvom za brtvljenje ili odgovarajućom brtvom.



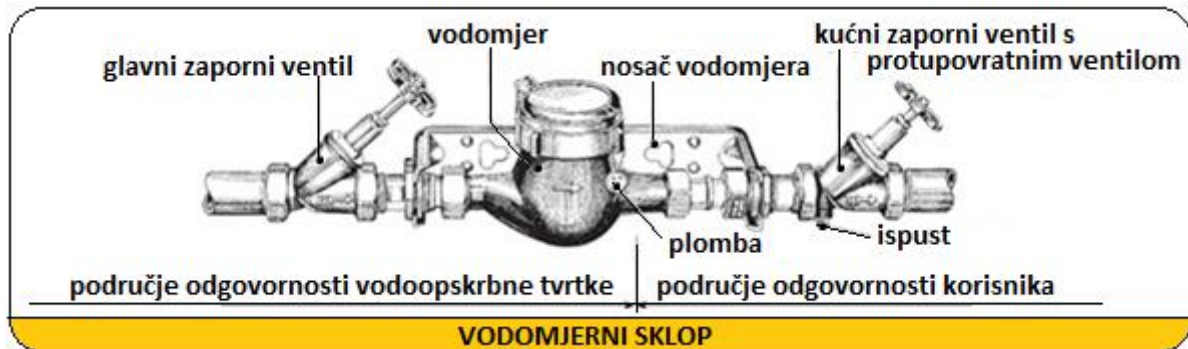
Ukoliko je kućni priključak izveden metalnom cijevi mora se neposredno nakon ulaska u kuću, prije glavnog zapora postaviti **izolirajući komad**, koji služi za prekid mogućeg prolaska električne struje iz kuće i obratno.



3.1.3. Vodomjerni sklop

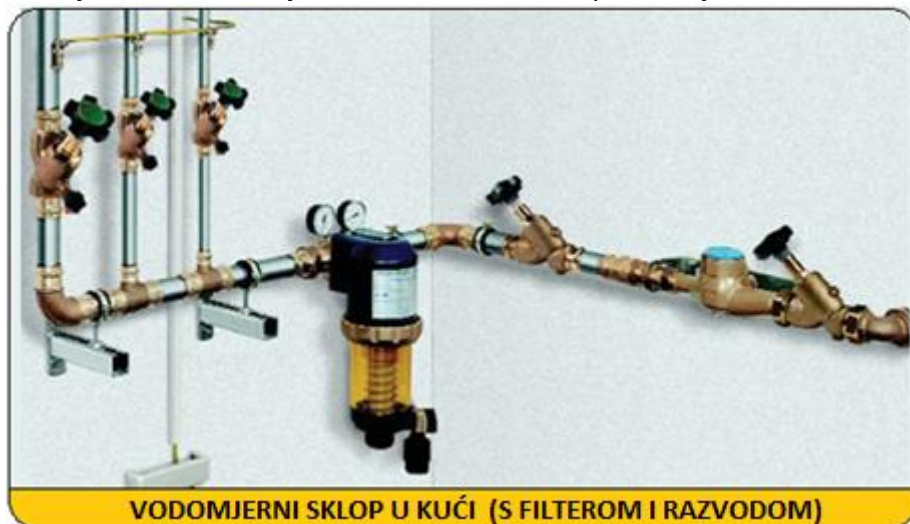
U vodomjerni sklop spadaju:

- **vodomjer,**
- **glavni zaporni ventil,**
- **kućni zaporni ventil s protupovratnim ventilom i ventilom za pražnjenje.** Protupovratni ventil služi da, u slučaju nestanka vode i pada tlaka, voda iz kućne instalacije, koja može biti onečišćena, ne dospije u javnu mrežu.



Vodomjerni sklop smješten je u vodomjernom oknu (šahtu) koji je smješten izvan kuće. Vodomjerno okno je područje odgovornosti vodoopskrbne tvrtke. U većim zgradama se vodomjerni sklop može smjestiti unutar kuće, najčešće u podrumskom prostoru (*slika ispod*).

Vodomjerni sklop mora uvijek biti dostupan radnicima vodoopskrbne tvrtke radi očitavanja, održavanja kao i zatvaranja vode ako korisnik ne podmiruje račune za vodu.

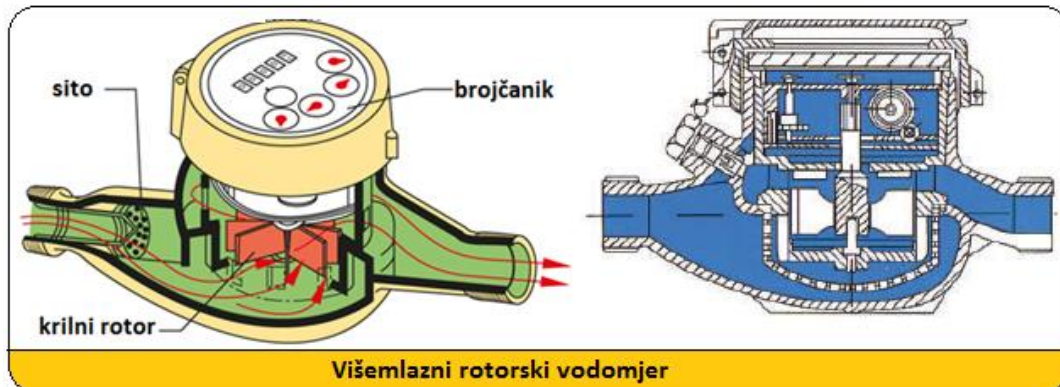


Vodomjer

Vodomjer služi za mjerenje protoka vode kroz kućni priključak, na temelju kojeg vodoopskrbna tvrtka izračunava i naplaćuje potrošnju.

Rotorski vodomjeri

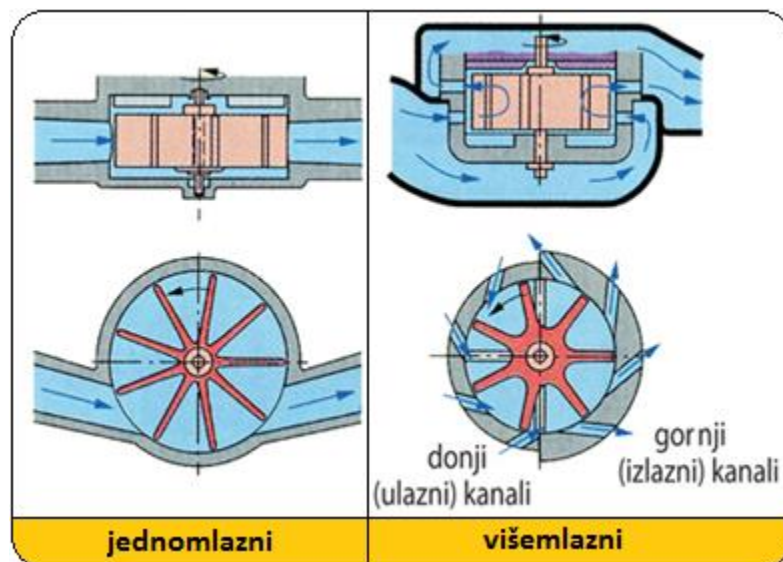
Kod kućnih instalacija koriste se **jednomlazni ili višemlazni rotorski vodomjeri**. Voda koja ulazi u vodomjer zakreće rotor čija je osovina preko zupčaničkog prijenosnika i magnetske spojke povezana brojčanikom.



Vodomjeri se razlikuju i po veličini tj. prema **nazivnom protoku**. Veličina vodomjera bira se prema **vršnom protoku** u kući ili zgradi. Vršni protok je maksimalni predviđeni protok u kući ili zgradi i on ne smije biti veći od **maksimalno mogućeg protoka vodomjera**.

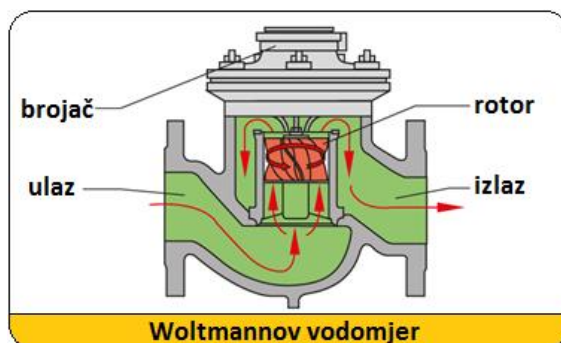
priključna veličina (klasa tolerancije B prema ISO 228-1), "	nazivni protok V_n , m ³ /h	najveći protok V_{max} , m ³ /h	najveći pad tlaka Δp_{max} , mbar
G 1/2 B	0,5	1,2	1000
G 1/2 B	1,0	2,0	
G 3/4 B	1,5	3,0	
G 1 B	2,5	5,0	
G 1 1/4 B	3,5	7,0	
G 1 1/2 B	6,0	12,0	
G 2 B	10,0	20,0	

***G navoj** – je Whitworthov **cijevni navoj**, vanjski i unutrašnji, ali **cilindrični** (BSPP - British Standard Pipe Parallel), s nešto povećanom tolerancijom u plusu unutrašnjeg navoja. (dakle, nema metalnog brtvljenja u spoju)



Woltmann-ov vodomjer

Služi za mjerenje većih protoka



Pomoćni vodomjer, individualni vodomjer

To je vodomjer koji se postavlja iza glavnog vodomjera a služi za kontrolu potrošnje neke zasebne cjeline (individualnog stana, kotlovnice i sl.)



3.1.4. ARMATURA KUĆNIH VODOVODNIH INSTALACIJA

Armature su svi oni uređaji na cjevovodu koji služe za otvaranje, zatvaranje, upravljanje smjerom, te upravljanje i regulacija protokom, tlakom i temperaturom.

Može se podijeliti na:

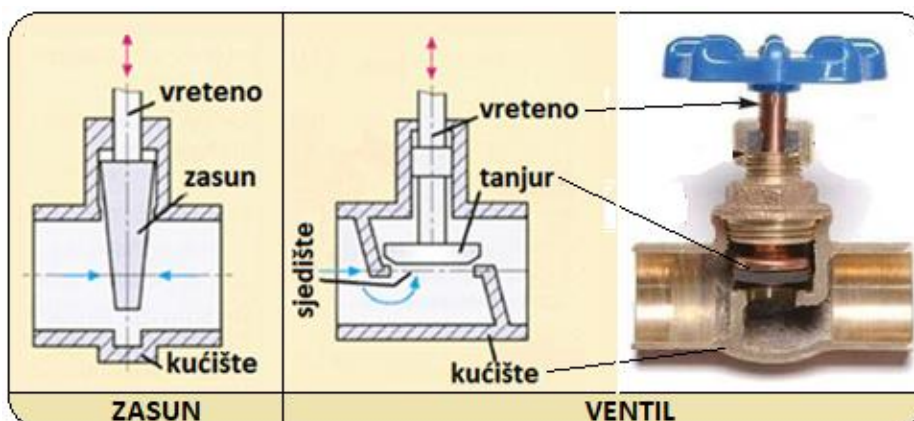
1. zapornu armaturu,
2. regulacijsku armaturu,
3. sigurnosnu armaturu,
4. mjerna armatura,
5. izljevna armaturu.

1. Zaporna armatura

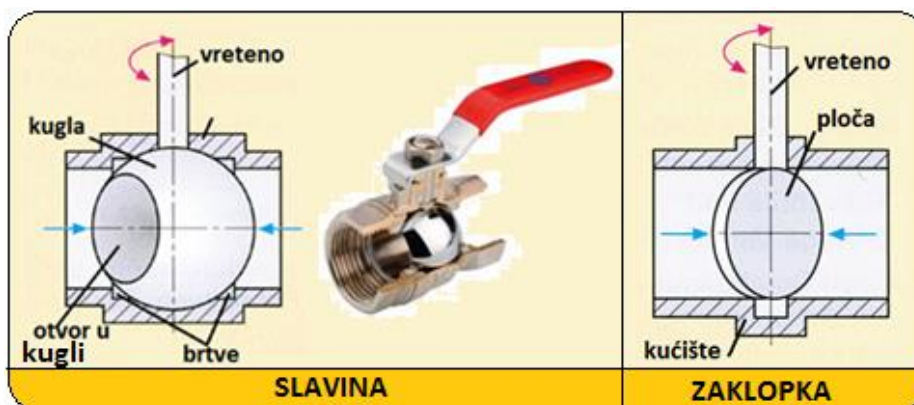
Zaporna armatura služi za otvaranje, zatvaranje i namještanje protoka vode kroz cijev. S obzirom na izvedbu i djelovanje, mogu biti:

Zasuni imaju zaporno tijelo u obliku konusne ploče koja se pomoću navojnog vretena podiže i spušta okomito na smjer strujanja tekućine. Tekućina pri protjecanju ne mora mijenjati smjer gibanja pa su otpori strujanja mali. Kod zasuna nije potrebno paziti na smjer strujanja tekućine.

Ventili imaju zaporno tijelo najčešće u obliku stošca koji dosjeda na ventilsko sjedalo, koje može biti metalno ili od mekanog brtvila. Pomak zapornog tijela izvodi se navojnim vretenom. Razlikujemo ventile s ravnim i kosim sjedištem. Otpori protjecanja manji su kod ventila s kosim sjedištem. Kod ventila je potrebno paziti na smjer strujanja tekućine.



Slavine imaju zaporno tijelo u obliku kugle ili konusa s otvorom za prolaz tekućine. Otvaranje i zatvaranje izvodi se zakretanjem ručice za 90°. Brzo otvaranje i zatvaranje može dovesti do hidrauličkih udara. Otpori strujanja kroz slavine su mali a smjer strujanja nije propisan.



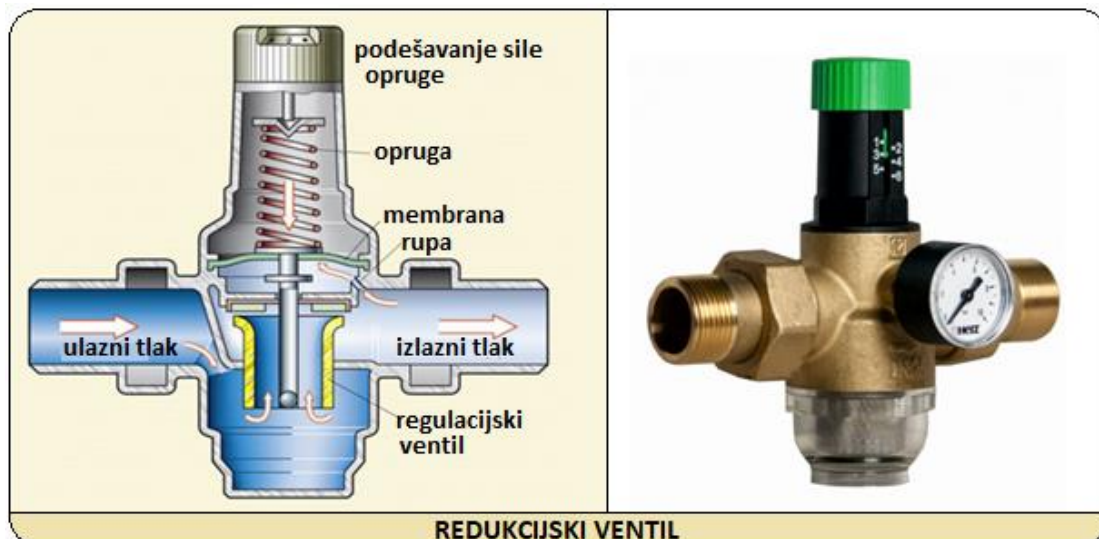
Zaklopke imaju jednu ploču kružnog oblika koja zakretanjem za 90° zatvara i otvara protok. Prednost im je što zauzimaju malo mjesta.

2. Regulacijska armatura

Kod vodovodnih instalacija u ovu grupu armatura spada uglavnom **ventil za sniženje tlaka** (redukcijski ventil)

Redukcijski ventil ugrađuje se:

- kada tlak mirovanja na trošilima prelazi 5 bara, zbog zaštite od buke,
- kada treba osigurati više tlačnih područja,
- kada tlak mirovanja ispred sigurnosnog ventila tlačnog zagrijača vode može prekoračiti 80% njegovog tlaka aktiviranja,
- i općenito kada je ulazni tlak instalacije veći nego što je dozvoljeni tlak instalacije nakon ventila.



3. Sigurnosna armatura

U ovu skupinu armatura spadaju:

a) uređaji za sprječavanje povećanja tlaka iznad dopuštene veličine kao što su:

- tlačni sigurnosni ventili za posude pod tlakom (hladne vode),
- tlačni sigurnosni ventili za zatvorene zagrijače vode,



- termičke sigurnosne ventile za zagrijače vode.

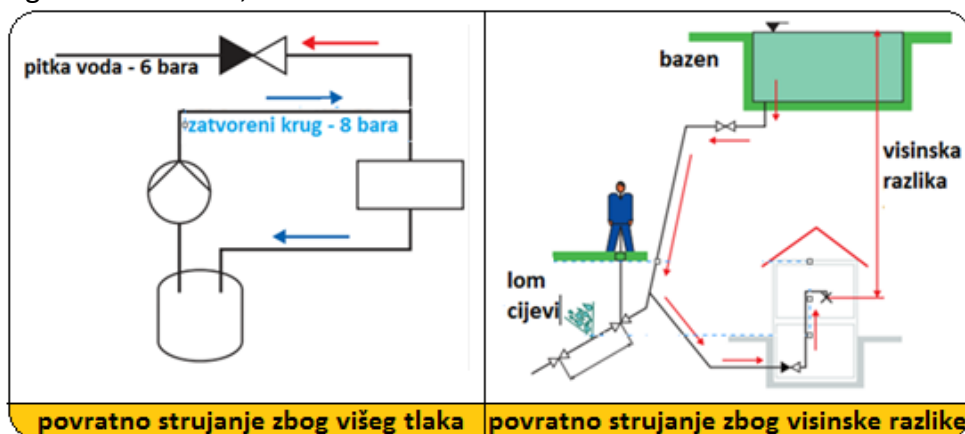
b) uređaji za sprječavanje onečišćenja u kućnim vodovodnim instalacijama

Do onečišćenja vode u kućnim vodovodnim instalacijama može doći iz više različitih razloga:

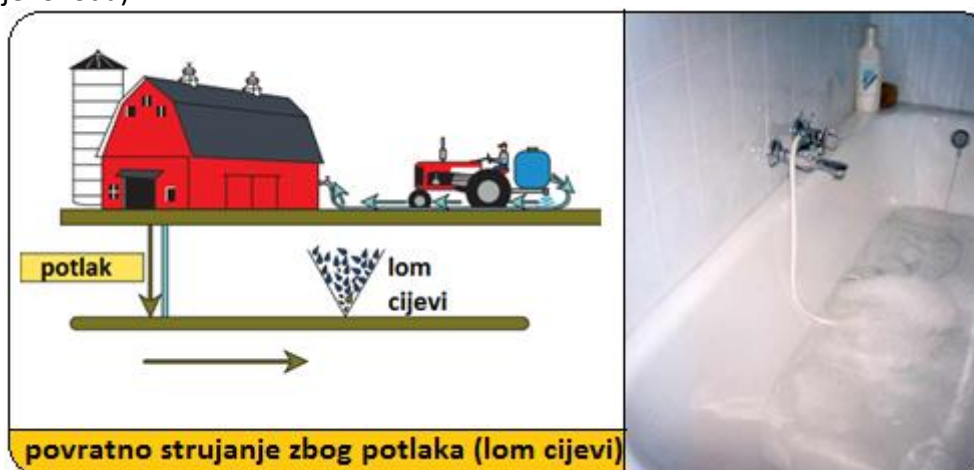
- **povratno strujanje** onečišćene vode kroz dovodne instalacije,
- spoj vodovodnih i ostalih instalacija,
- vanjski utjecaji (zračenje, difuzija)
- razna kemijska sredstva,
- stagnacija vode (dulje zadržavanje vode u instalacijama)
- neodgovarajuće održavanje.

Povratno strujanje može nastupiti iz tri osnovna razloga:

- ako u nekom dijelu instalacije (zagrijač vode, perilica rublja) nastupi tlak koji je veći nego u instalaciji,
- zbog visinske razlike,

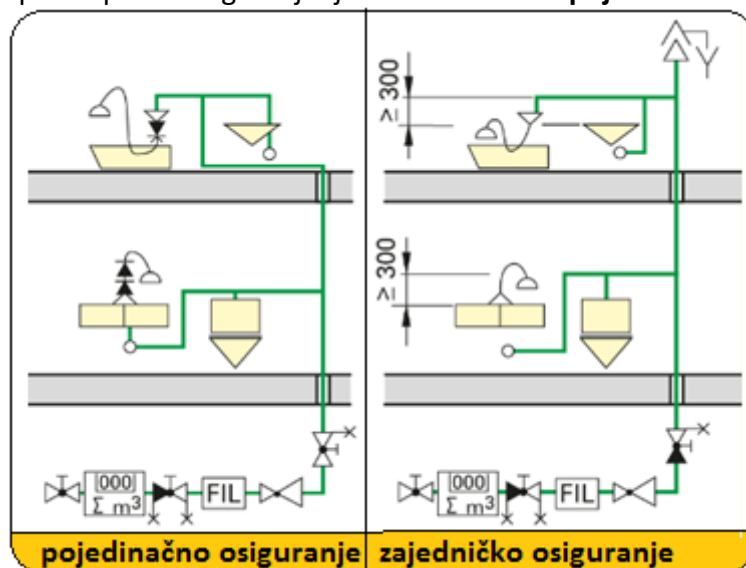


- zbog potlaka u nekom dijelu instalacije (npr. zbog pucanja cijevi ili zbog pražnjenja cjevovoda)



Sigurnosne mjere protiv povratnog strujanja

Osiguranje protiv povratnog strujanja može se izvesti **pojedinačno** ili **zajedničko**.



Pojedinačno osiguranje izvodi se na način da se na svakoj grani ili ispred svakog trošila kod kojeg postoji mogućnost pojave povratnog strujanja ugradi odgovarajući uređaj.

Vertikalni vodovi za priključak na vodonosnike i tlačne ispiralice ne moraju imati dodatno osiguranje protiv povratnog strujanja.

Zajedničko osiguranje znači da se više izljevni mjesta ili aparata grupno osiguravaju protiv protupovratnog strujanja odgovarajućim uređajima.

Novije norme i standardi preporučuju pojedinačno osiguranje

Izbor vrste sigurnosne armature ovisi o kategoriji vode koja bi povratnim strujanjem mogla dospjeti u vodove pitke vode:

- **Slobodni izljev**
- **Protustrujna zaklopka** (*Rohrunterbrecher*)
- **Cijevni rastavljači** (*Rohrtrenner*)
- **Dozračnici** (*Rohrbeluffer*)
- **Protupovratni ventili**
- **Sigurnosna kombinacija**

4. Izljevna armatura

U izljevnu armaturu spadaju:

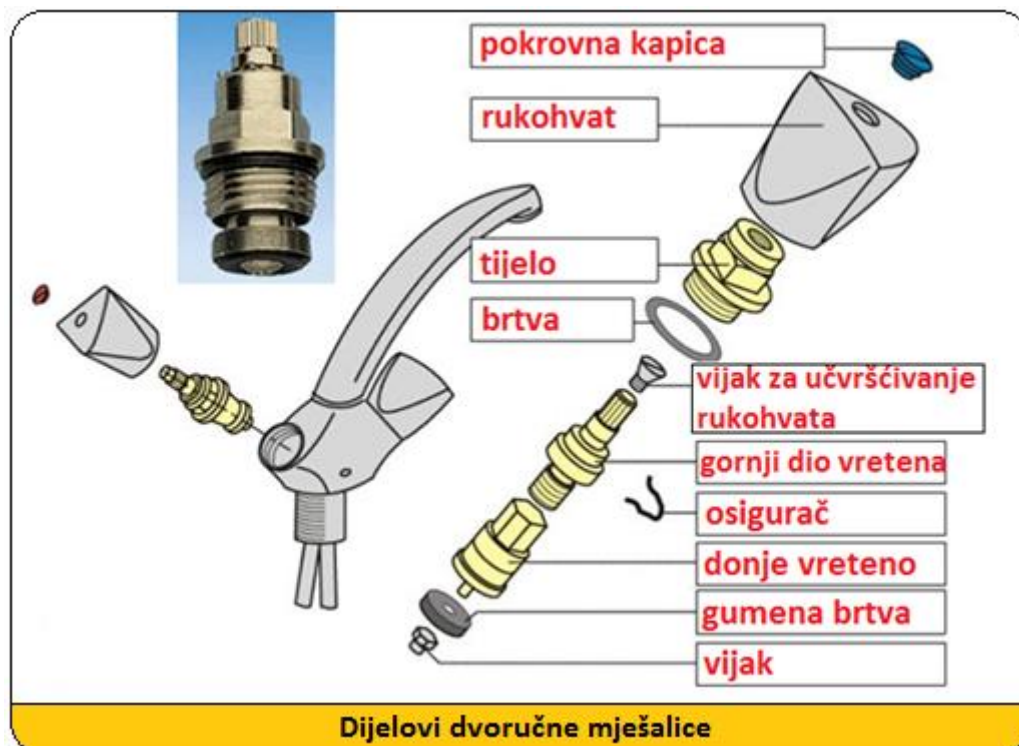
- slavine,
- miješalice
- tlačni ispiraći,
- vodokotlići.

Slavine su točila koja služe uglavnom za točenje hladne vode. Prema načinu otvaranja mogu biti okretne ili potisne, prema mjestu montaže mogu biti zidne ili stojeće. Tu su još i razne specijalne slavine (slavine koje reagiraju na pokret i sl.)

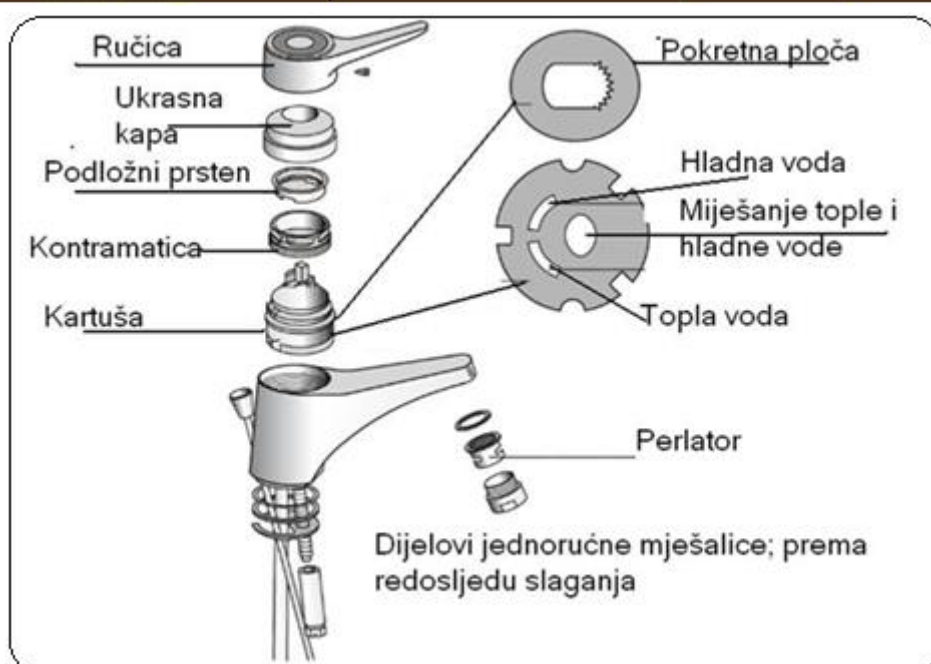


Dvoručne miješalice





Jednoručne mješalice



Termostatske miješalice

To su miješalice kod kojih se temperatura vode namješta prije puštanja vode. Temperaturu vode regulira element unutar miješalice koji se grijanjem izdužuje a hlađenjem skraćuje i na taj način otvara i zatvara protok tople vode. Voda se otvara i zatvara jednom ručicom.



Termostatska nadžbukna miješalica

Potisne miješalice

Ove miješalice imaju vremenski ograničeno trajanje istjecanja vode.



Potisna podžbukna

Potisna samostojeća

Automatske miješalice

Ove miješalice imaju ugrađen senzor pokreta (npr. s infracrvenim svjetlom) koji djeluje na elektromagnetski ventil koji otvara vodu.



Automatska miješalica

Tlačni ispiraći

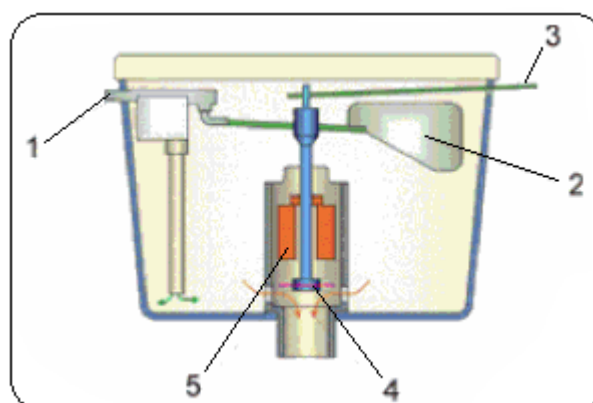
Služe za ispiranje zahodskih školjki ili pisoara. Mogu biti ručni ili automatski.



Vodokotlići

Dijelovi:

1. dovodni ventil,
2. plovak,
3. ručica,
4. sjedalo ispusnog ventila,
5. tanjur ispusnog ventila.

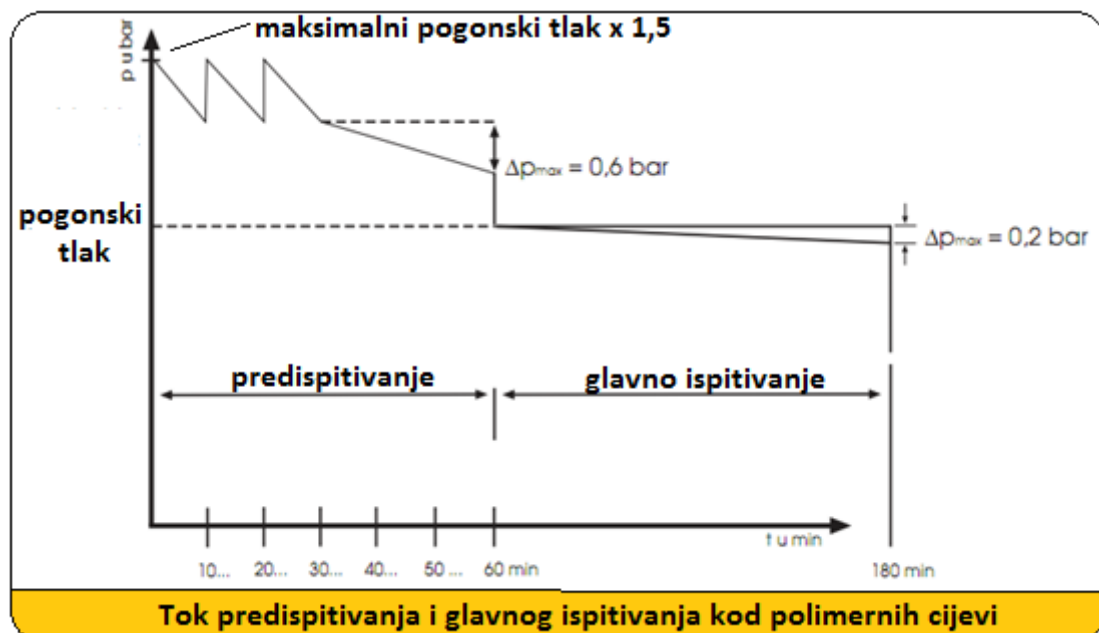


3.1.5. ISPITIVANJE, ISPIRANJE I PUŠTANJE U POGON

Po završetku radova, instalacija se najprije puni vodom. To se radi postupnim otvaranjem zapornog ventila, a najgornje izljevno mjesto treba biti otvoreno radi odzračivanja. Na najnižem dijelu instalacije postavlja se manometar s točnošću od 0,1 bar.

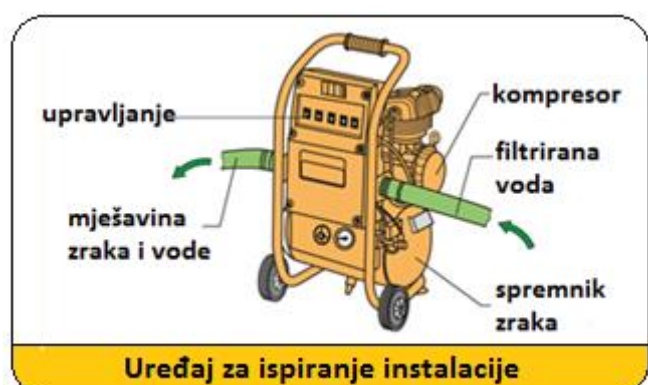
Kod čeličnih cijevi i višeslojnih cijevi ispitivanje se provodi tako da se narine tlak koji je 50% veći od dopuštenog (ako je dopušteni 10 bara, ispitni je 15 bara). Vrijeme ispitivanja traje 10 minuta nakon izjednačavanja temperature (razlika temperature zraka i vode ne smije biti veća od 10°C), pri čemu ne smije doći ni do kakvog pada tlaka niti curenja vode.

Kod polimernih cijevi dolazi do određenog istezanja cijevi, što utječe na rezultate ispitivanja, pa se postupak sastoji od predispitivanja i glavnog ispitivanja. Ispitni tlak kod predispitivanja za 5 bara je veći od najvećeg dopuštenog, a potrebno ga je postići dva puta unutar 30 minuta i u razmaku od 10 minuta. Nakon toga ne bi sljedećih 30 minuta smio pasti više od 0,6 bara. Nakon toga slijedi glavno ispitivanje pri čemu prethodno očitani tlak ne bi smio pasti sljedećih 2 sata za više od 0,2 bara.



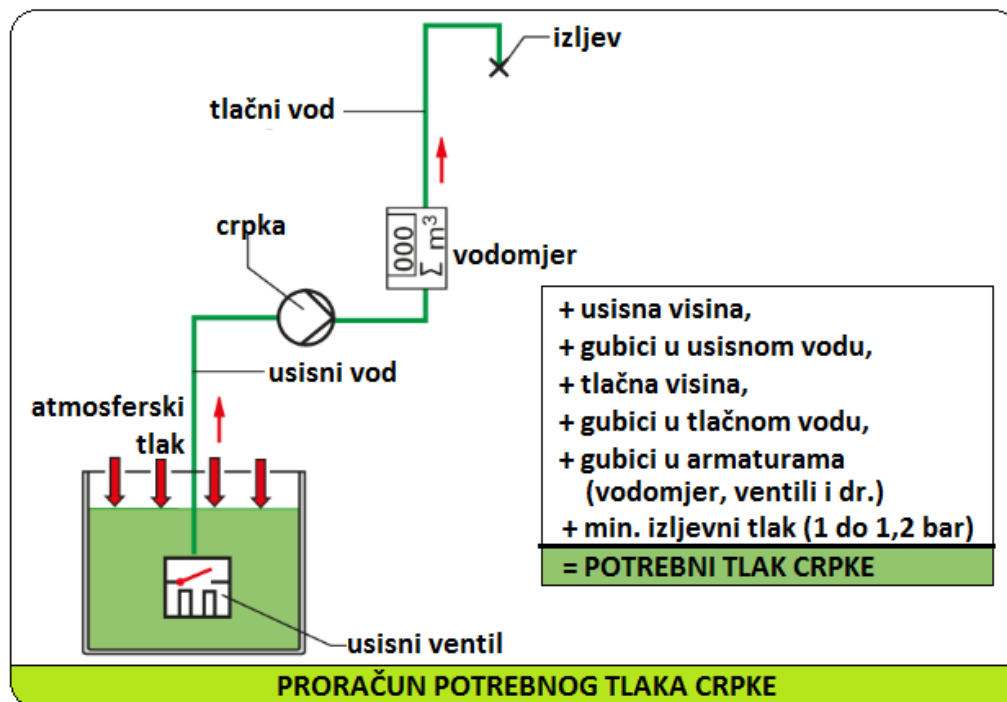
Ispiranje instalacije slijedi nakon ispitivanja nepropusnosti. Ispiranjem se otklanjaju sva onečišćenja koja su mogla dospjeti u cjevovod tijekom izvođenja radova, a koja bi mogla utjecati na pogonsku sigurnost.

Ispiranje se izvodi posebnom smjesom vode i zraka iz posebnog uređaja za ispiranje. Ispiranje se izvodi pulzirajućim (intermitirajućim) strujanjem uz određeni redosljed otvaranja i zatvaranja izljevних mjesta. Posebno osjetljive uređaje treba premostiti.



3.1.6. UREĐAJI ZA POVEĆANJE TLAKA U INSTALACIJI

Proračun potrebnog tlaka crpke

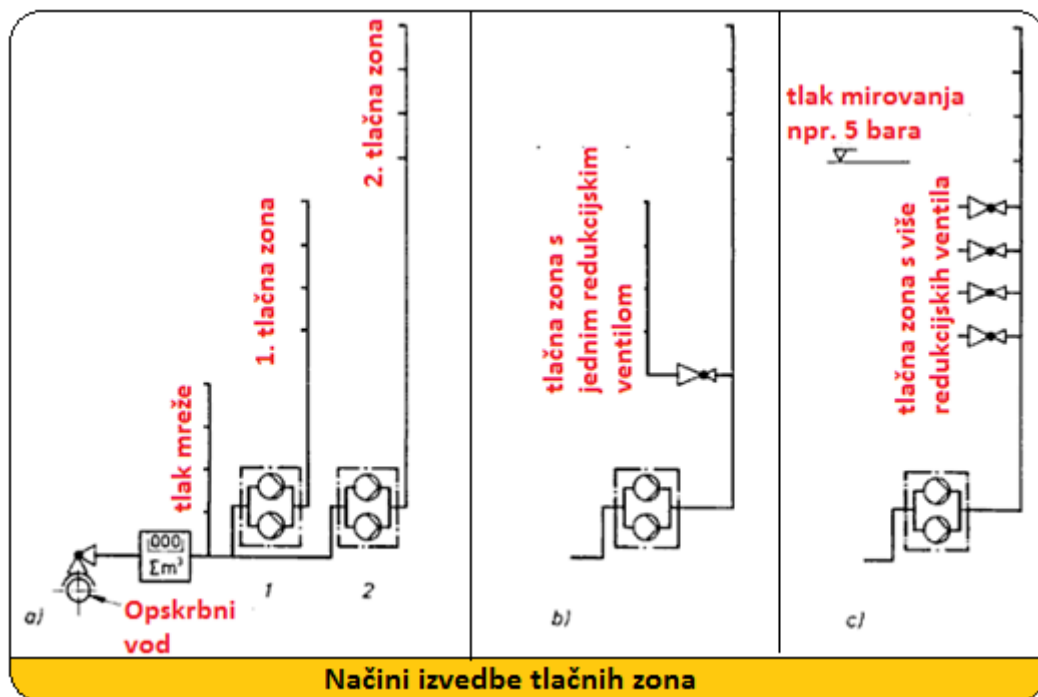
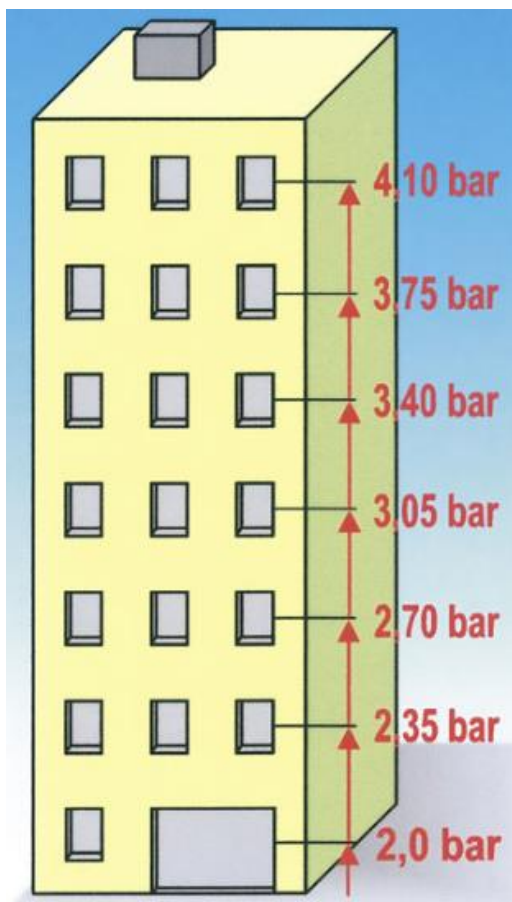


Minimalni izljevni tlak

Na svakom izljevnom mjestu mora postojati određeni minimalni izljevni tlak kako bi dotjecala određena željena količina vode. To je naročito bitno kod nekih uređaja i aparata (zagrijači vode, tlačni ispiraći, sušalice i perilice rublja, vodokotlići, termostatski ventili) koji neće raditi ispravno ili uopće neće raditi ako priključni tlak nije dovoljan.

Minimalni tlak za izljevna mjesta		
Izljevno mjesto	Nazivna veličina cijevi DN	Minimalni izljevni tlak (bara)
Ispusna slavina bez perlatora	15-25	0,5
Ispusna slavina perlatorom	10-15	1
Ispusna slavina s priključkom za crijevo	15-25	1,5
Miješalice	15-20	1
Tlačni ispirać	15-20	1,2
Tlačni ispirać	25	0,4
Vodokotlić	15	0,5
Tuš	15	1
Sušerica i perilica rublja	15	1

Primjer:



Kod visokih zgrada postojeći pritisak u javnom vodovodnom sustavu nije dovoljan za opskrbu viših katova. U takvim se slučajevima ugrađuju tlačne stanice.

Tlačne zone

Minimalni tlak na izljevnom mjestu mora biti 1 do 1,2 bara (*vidi tablicu*), dok maksimalni tlak ne smije iznositi više od 5 bara (zbog zaštite od buke). Da bi se ti uvjeti zadovoljili potrebno je visoke zgrade podijeliti u više tlačnih zona od kojih svaka obuhvaća najviše 4 kata.

Primjer:

-u jednoj zgradi je najviše izljevno mjesto 50 m iznad kućnog priključka. Najmanji opskrbeni tlak iznosi 4 bara. Gubici tlaka u mreži iznose maksimalno 1,5 bar. Na koliko tlačnih zona treba podijeliti zgradu?

Rješenje:

Tlak vode mora dostajati za gubitke u armaturama, za geodetsku visinu i za minimalni izljevni tlak od 1,2 bara.

Tlačna zona 1: -bez povećanja tlaka:

- $p=4 \text{ bara} - 1,2 \text{ bara} - 1,5 \text{ bara} = 1,3 \text{ bara}$

ovaj tlak će zadovoljavati do visine od 13 metara.

Tlačna zona 2: -sa stanicom za povećanje tlaka:

-potreban tlak za svladavanje visine od 50 m je $5 \text{ bara} + 1,2 \text{ bar}$ minimalnog izljevnog pritiska + $1,5 \text{ bara}$ zbog gubitaka = $7,7 \text{ bara}$.

Povećanje tlaka u odnosu na postojeći tlak od 4 bara iznosi dakle $7,7-4= 3,7 \text{ bara}$.

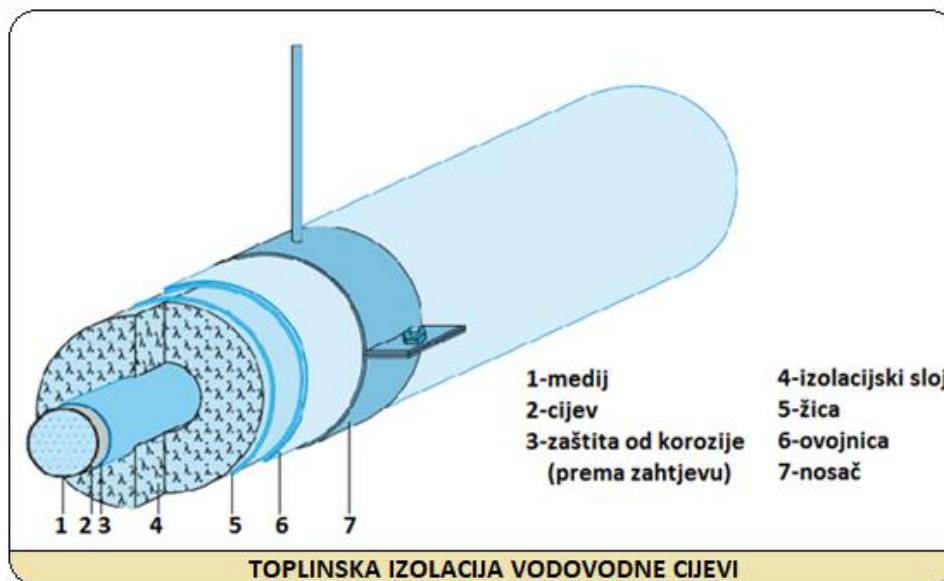
Kako bi se zadovoljili svi uvjeti ponekad je potrebno u nekim zonama ugrađivati redukcijske ventile.

Postoji nekoliko načina priključivanja pumpnih stanica:

- direktno priključivanje,
- priključivanje s tlačnim spremnikom,
- indirektno priključivanje s otvorenim spremnikom.

3.1.7. Toplinska izolacija vodovodnih instalacija

Toplinska izolacija vodovodnih instalacija izvodi se kako na cijevima hladne vode, tako i na cijevima tople vode.



Toplinska izolacija cjevovoda hladne vode

Izvodi se iz nekoliko razloga:

- sprječavanje kondenzacije na vanjskim stjenkama, a time i mogućnosti pojave korozije,
- održavanje temperature vode (5 do 15°C), a time i kakvoće vode,
- zaštite od smrzavanja cijevi postavljenih u negrijanim prostorijama.

Najmanja potrebna debljina izolacijskog sloja kod instalacija hladne vode dana je sljedećoj tablici:

Uvjeti polaganja	Debljina izolacije (mm)
Slobodno položene cijevi u negrijanom prostoru (npr. u podrumu)	4
Slobodno položene cijevi u grijanom prostoru	9
Cijevi u kanalima uz koje ne prolaze cijevi tople vode	4
Cijevi u kanalima pored cijevi tople vode	13
Cijevi u zidu (usponski vod)	4
Cijevi u zidu pored cijevi tople vode	13
Cijevi na betonskoj ploči	4
<i>Navedene debljine izolacije su za vrijednost toplinske vodljivosti $\lambda=0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, i za promjer cijevi $d=20\text{mm}$!</i>	

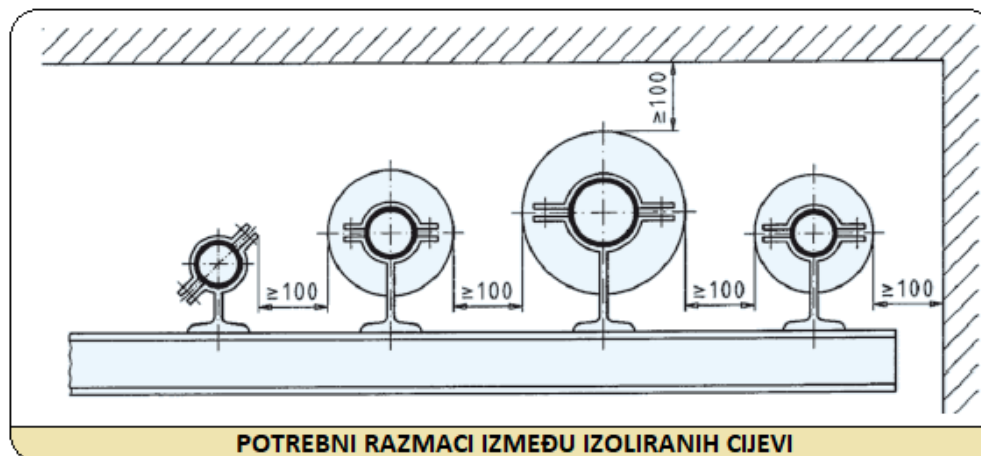
Toplinska izolacija cjevovoda tople vode

Izvodi se zbog sprječavanja toplinskih gubitaka, a time i potrošnje energije. Potrebne debljine izolacijskog sloja ovise o dimenzijama cijevi i dane su u sljedećoj tablici:

Minimalne debljine toplinske izolacije za cjevovode i armature tople vode i cjevovode rashladnih uređaja		
1.	Cijevi unutrašnjeg promjera do 22 mm	20 mm
2.	Cijevi unutrašnjeg promjera 22 do 35 mm	30 mm

3.	Cijevi unutrašnjeg promjera 35 do 100 mm	jednako unutrašnjem promjeru
4.	Cijevi unutrašnjeg promjera preko 100 mm	100 mm
5.	Cijevi i armature od 1 do 4 koje prolaze kroz deke i zidove	½ od gore navedenih debljina
6.	Cijevi hladne vode i armature klimatizacijski uređaja	6 mm

Između toplinski izoliranih cijevi kao i između cijevi i zidova potrebno je ostaviti određeni razmak radi mogućnosti prilaza cijevi prilikom radova.



Materijali za toplinsku izolaciju

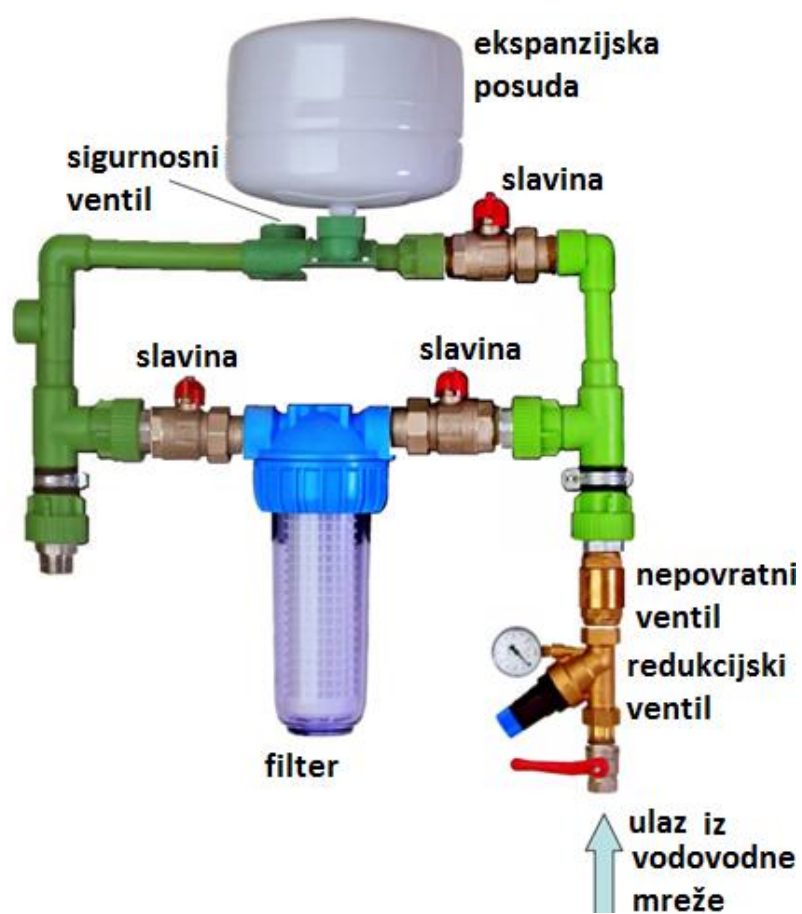
Materijali za toplinsku izolaciju moraju imati mali koeficijent toplinske vodljivosti ($\lambda < 0,1 \text{ W/mK}$). Osim toga izolacijski materijali ne smiju biti vodoupojni, te otporni na oštećenja i na požar. Uglavnom se koriste:

- polimerne izolacijske pjene,
- kamena ili staklena vuna.

Vježba: crtanje simbola

učenik: _____

Nacrtaj prikazanu instalaciju pomoću simbola:



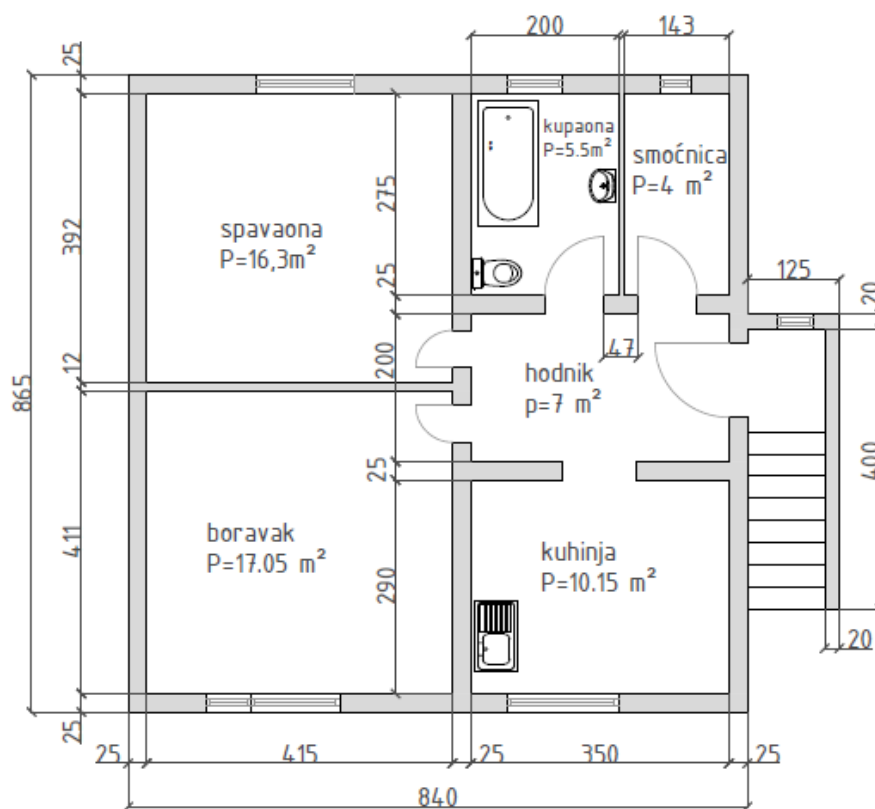
Pitanja za ponavljanje

1. Koja dva osnovna načina opskrbe pitkom vodom poznaješ?
2. Koji su osnovni dijelovi neovisnog sustava opskrbe pitkom vodom?
3. Što je hidrofor i navedi glavne dijelove?
4. Koji su osnovni segmenti kućne vodovodne instalacije?
5. Navedi neka opća pravila za postavljanje kućne vodovodne instalacije.
6. Objasni način priključivanja na vodoopskrbnu mrežu pomoću tkzv. „sedla“.
7. Što je izolirajući komad?
8. Nacrtaj osnovne simbole vodovodnih instalacija.
9. Prepoznavaj osnovne simbole vodovodnih instalacija.
10. Koje armature (dijelove) sadrži vodomjerni sklop?
11. Što su armature i kako se dijele?
12. Koje su zaporne armature i čemu služe?
13. Što je reduksijski ventil i kada se ugrađuje?
14. Što je uloga sigurnosne armature i koji uređaji tu spadaju?
15. Iz kojih razloga može doći do povratnog strujanja onečišćene vode u vodove pitke vode?
16. Koje uređaje za sprječavanje povratnog strujanja poznaješ?
17. Objasni kako se izvodi ispitivanje novopostavljene vodovodne instalacije u slučaju čeličnih cijevi i plastičnih cijevi.
18. Nabroji vrste izljevniha armatura i objasni njihovu funkciju i način rada.
19. Na koje sve načine se mogu izvesti tlačne zone u visokim zgradama?
20. Koje tri veličine treba uzeti u obzir pri proračunu potrebnog tlaka u višim zgradama?
21. Izračunaj potrebno povećanje tlaka za zgradu visoku 60 m, ako tlak u mreži iznosi 5 bara.
22. Koji su razlozi izoliranja cijevi hladne vode?
23. Koji su razlozi izoliranja cijevi tople vode?

Vježba:

- Potrebno je nacrtati tlocrt vlastite kuće/stana, najprije prostoručno, a zatim u AutoCadu. Uputa: metrom izmjeriti dužinu i širinu svih prostorija, vanjske mjere kuće, te udaljenost i širinu prozora i vrata, te dimenzije i položaj sanitarija (kada, tuš kada, umivaonik, WC školjka i dr.)

Primjer:



2.2 INSTALACIJE ZA ODVODNJU



pripremio: **prof. Križnjak**

Sadržaj:

Uvod - otpadne vode

1. Javni kanalizacijski sustav

2. Kućni kanalizacijski sustav

2.1. Dijelovi kućnog kanalizacijskog sustava

2.2. Sanitarni elementi

2.3. Vodoravni kanalizacijski sustav

2.3.1. Stupanj ispunjenja

2.3.2. Promjer priključnih odvodnih cijevi

2.3.3. Pad cijevi

2.4. Vertikalni kanalizacijski sustav

2.4.1. Spoj vertikale s temeljnim sabirnim vodom

2.4.2. Priključak na okomiti vod

2.5. Odzračni vodovi

2.5.1. Automatski dozračni ventili

2.6. Uređaji za sprječavanje povratnog strujanja

2.7. Cijevi za odvodnju i njihovo spajanje

2.7.1. Cijevi od sivog lijeva

2.7.2. Čelične cijevi

2.7.3. Polimerne cijevi

2.7.4. Prikaz odvodnih instalacija

Vježba

UVOD - Otpadne vode

Otpadne vode nastaju onečišćenjem pitke ili procesne vode tijekom njezine upotrebe. Otpadne vode mogu biti:

1. **Sanitarne** (kućanstva)
 - od pranja i čišćenja („smeđe vode“)
 - fekalne („crne vode“)
2. **Tehnološke** (obrtništvo i industrija)
3. **Oborinske** (kišnica i otopljeni snijeg)

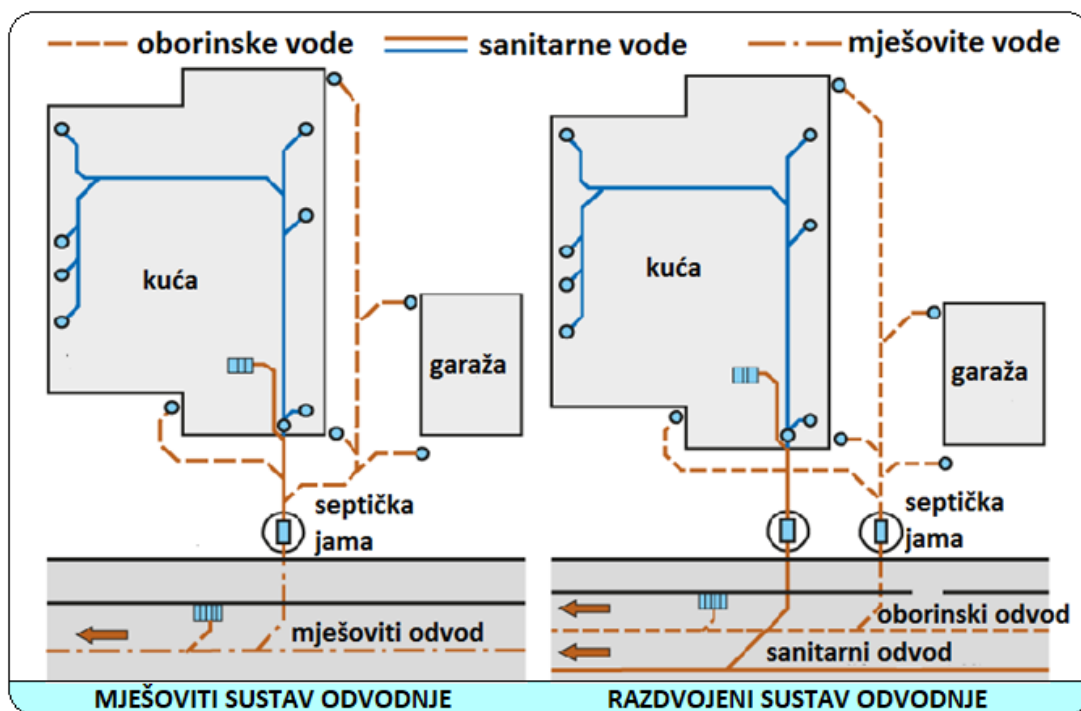
Kanalizacijski sustavi

1. Javni
2. Kućni

1. Javni kanalizacijski sustav ili javna (gradska) kanalizacija

Služi za prikupljanje sanitarnih, industrijskih i oborinskih otpadnih voda te njihovu odvodnju u središnji sustav za pročišćavanje.

Javni kanalizacijski sustav može biti: **razdvojeni i mješoviti**



Kod mješovitog sustava otječu sanitarne i oborinske vode iz kuće u zajedničku septičku jamu a zatim u zajednički kanalizacijski vod.

Kod razdvojenog sustava otječu zasebno oborinske vode u oborinski odvod a sanitarne vode u zasebni sanitarni odvod.

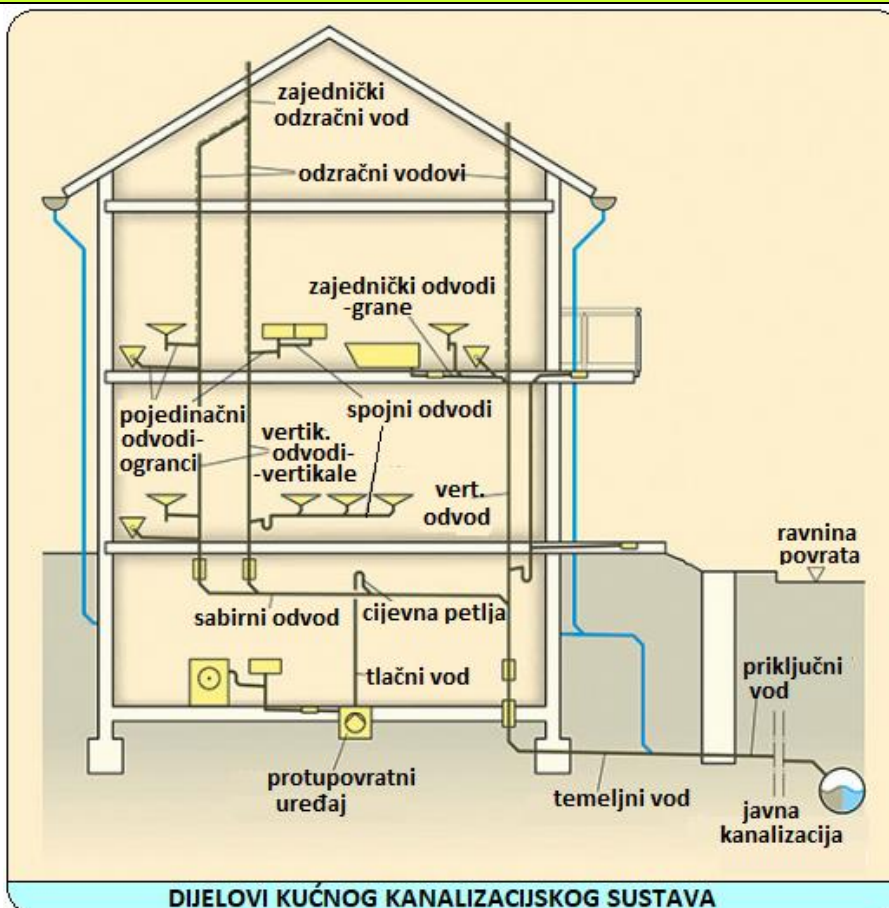
2. KUĆNI KANALIZACIJSKI SUSTAV

Kućni kanalizacijski sustav služi za odvodnju sanitarnih otpadnih voda iz stambenih i poslovnih prostora. Započinje na izljevu sanitarnog elementa ili kućnog uređaja, a završava na spoju s javnim kanalizacijskim sustavom.

http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=iz7CRk9wdk8

http://www.youtube.com/watch?v=P8O_OUlsA1U&feature=related

2.1. Dijelovi kućnog kanalizacijskog sustava

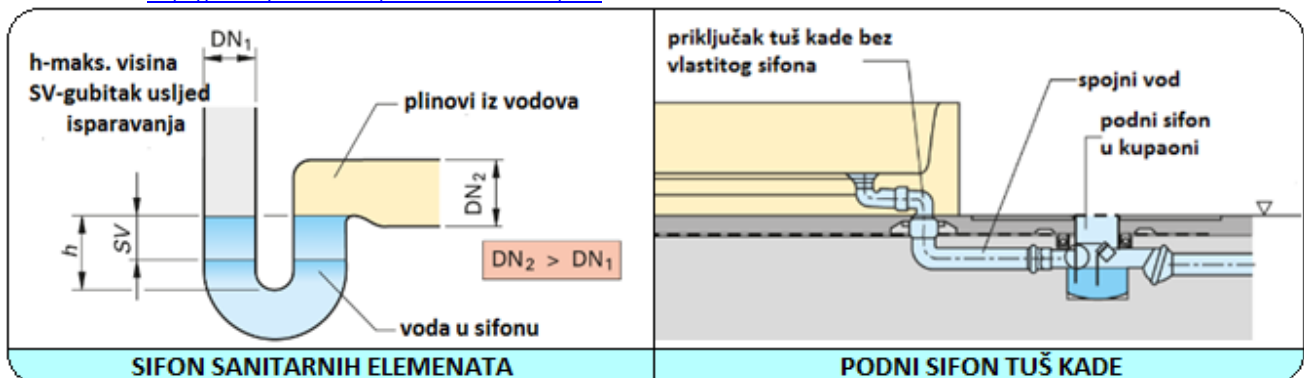


- Pojedinačni priključni odvod (ogranci)
 - Vodoravni sabirni priključni odvod (grane)
 - Glavni vodoravni sabirni odvod (u najnižoj etaži ili u tlu-podzemni)
 - Okomiti odvod (vertikale)
 - Vodoravni odsječak okomitog sabirnog voda
 - Odzračni vodovi
 - Odvod oborinskih voda
 - Priključak na javni kanalizacijski sustav
- Osim navedenih dijelova, kućni kanalizacijski sustav može sadržavati još i:
- Objekte i uređaje za potpuno ili djelomično pročišćavanje otpadne vode (mastolovi, pjeskolovi, sterilizatori)
 - Objekte i uređaje za dizanje otpadne vode na višu razinu, ukoliko je gradska kanalizacija na višoj razini od kućne,
 - Objekte za prikupljanje i obradu otpadnih voda (sabirne i septičke jame),
 - Drenažnu kanalizaciju.

2.2. Sanitarni elementi sa sifonom (prijemnici otpadne vode)

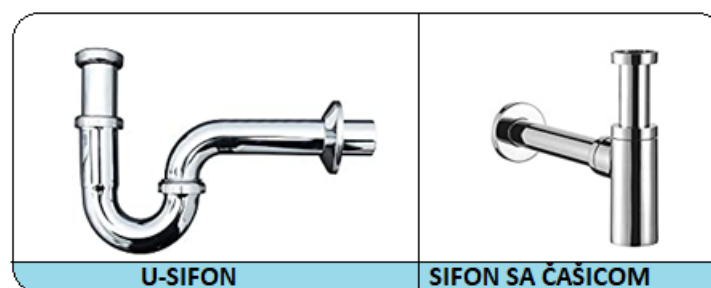
Svaki sanitarni element mora bit osiguran od prodora plinova iz cijevi kanalizacije i septičke jame. To se uglavnom izvodi pomoću **sifona** u kojem se stalno nalazi određena količina vode koja ne dozvoljava prodor plinova u prostor. Visina vode u sifonu mora biti, zbog mogućnosti isušivanja, minimalno 50 mm.

<https://www.youtube.com/watch?v=IMB5adWpS1o>



Najčešće izvedbe sifona su:

- U – sifon (metalni ili plastični),
- Sifon s čašicom-



Promjer cijevi ogranka mora biti za jedan stupanj veći od promjera sifonske armature.

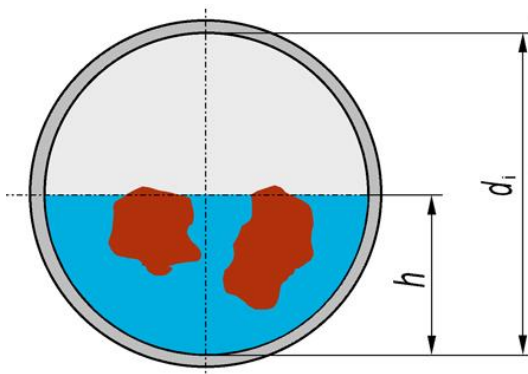
Kanalizacijski cjevovodi specifični su po sljedećim činjenicama:

1. Protok u kanalizacijskim cijevima se odvija **uslijed djelovanja gravitacije**.
2. Cjevovodi su **ispunjeni** (djelomično ili potpuno) **samo za vrijeme ispiranja**.
3. U cijevima je **stalno prisutan zrak**.
4. **Potrebni su odzračni vodovi** zbog:
 - prozračivanja
 - izjednačavanja tlaka

2.3. VODORAVNI KANALIZACIJSKI VODOVI

Tu spadaju **grane** i **ogranici** koji služe za odvodnju otpadnih voda od sanitarnih elemenata do najbliže vertikale ili do temeljnog voda.

Stupanj ispunjenosti



Stupanj ispunjenosti je glavni pokazatelj ispravnog djelovanja vodoravnih kanalizacijskih vodova, i služi kao osnovni podatak za dimenzioniranje cjevovoda

$$S_{isp} = h/d$$

Najpovoljnije je da je stupanj ispunjenosti 0,5, čime je osigurana dovoljna ispunjenost vodom radi odvodnje krupnijih čestica, kao i dovoljno prostora za prozračivanje.

Premala ispunjenost - nedovoljna razina vode za odvod krupnih čestica

Prevelika ispunjenost - stvara zračne džepove koji izazivaju podtlak

Promjer priključnih odvodnih cijevi prema vrsti sanitarnog uređaja:

Minimalni promjeri cijevi pojedinih sanitarnih uređaja određeni su prema DIN 1986, a iskustveno se mogu primijeniti i veći promjeri.

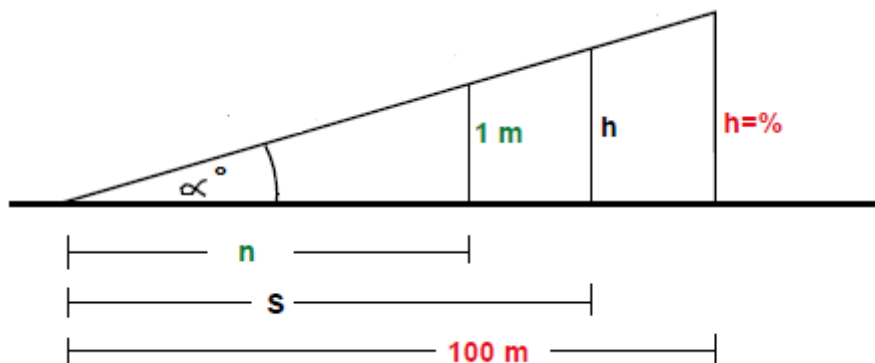
Vrsta sanitarnog elementa	Minimalni promjer priključne odvodne cijevi (cm)
Umivaonik	40
Pisoar	50
Sifon u podu	50
Kuhinjski sudoper	40
Tuš kada	50
Perilica rublja	50
Perilica posuđa	50
WC školjka	100

Pad cijevi

Načini izražavanja nagiba

Nagib cijevi potreban je radi pražnjenja i odzračivanja instalacije. Nagib cijevi može se izraziti:

- u postocima (%)
- omjerom pada na određenoj dužini (1:n)
- u stupnjevima



Izračun nagiba u postocima:

$$n = \frac{h}{s} \cdot 100 \text{ [\%]}$$

Ukoliko znamo koliki treba biti pad (u %), a treba izračunati koliko je to na nekoj dužini, tada izraz glasi:

$$h = \frac{n \cdot s}{100} (\text{cm})$$

primjer 1: Koliki je nagib cijevi (u %) koja je dugačka 80 m, ako je na početku odmaknuta od deke 20 cm, a na kraju 60 cm? (pazi na jedinice)

primjer 2: Cjevovod treba imati pad od 0,5 %. Koliko to iznosi na dužini od 16 m?

Izračun nagiba kao omjera 1:n

$$1 : n = h : s$$

(uputa: desnu stranu svesti na odnos 1:n tako da se i jedan i drugi član podijele s „h“)

primjer: izračunaj omjer nagiba cijevi iz gornjeg primjera 1

Ukoliko nam je poznat nagib u postocima, a treba izračunati omjer nagiba, tada postotak treba dijeliti sa 100 a zatim svesti na odnos 1:n, kao što je objašnjeno ranije.

Tako npr.

0,5%=1:200

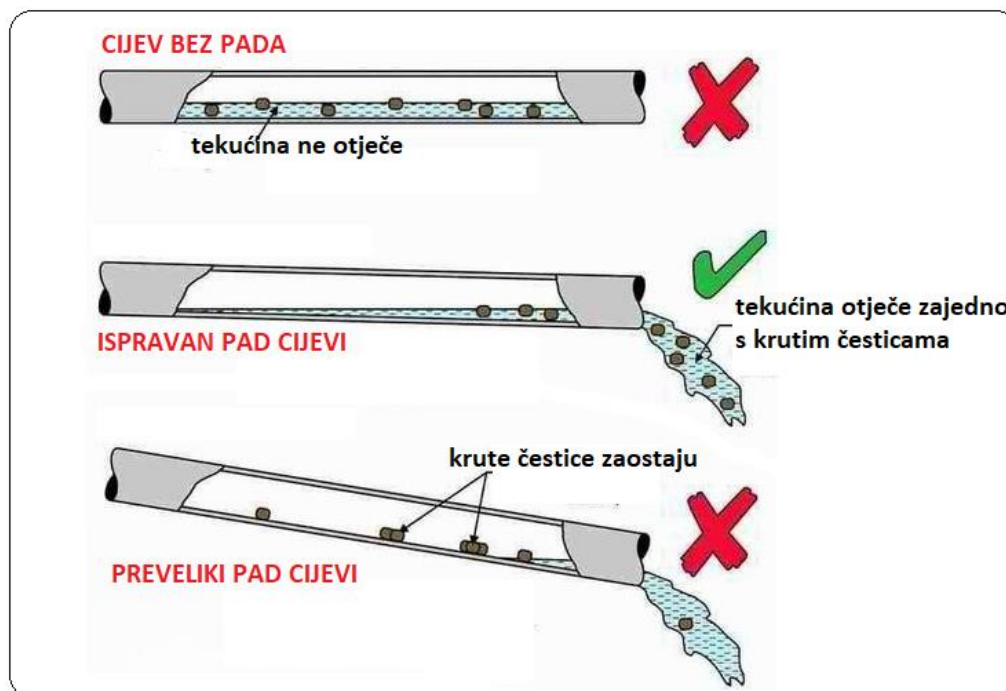
1%=1:100

1,5%=1:66,66

2%=1:50

Pad cijevi kod odvodnih instalacija

Da bi se osiguralo dobro otjecanje i samoispiranje cijevi moraju imati određeni pad.



Ako nema pada ili je pad premali nema ni otjecanja tekućine a time i krutih čestica. Kod prevelikog pada tekućina otječe prebrzo pa krute tvari zaostaju u cijevi.

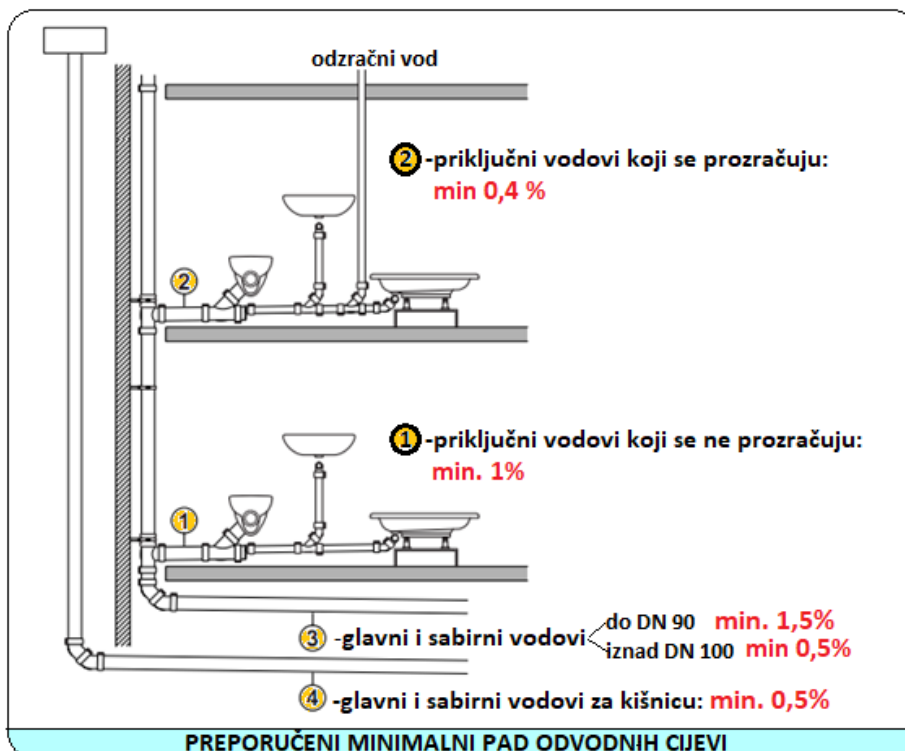
Pad cijevi ovisi i o promjeru cijevi (stupnju ispunjenosti) i prozračenosti cijevi.

Općenito vrijedi: -veći pad - manji promjer cijevi i obratno.

-s odzračnim vodom – manji nagib, -bez odzračnog voda – veći nagib

Maksimalni pad smije iznositi 1:20 (5%).

Preporučeni minimalni pad odvodnih cjevovoda (slika)

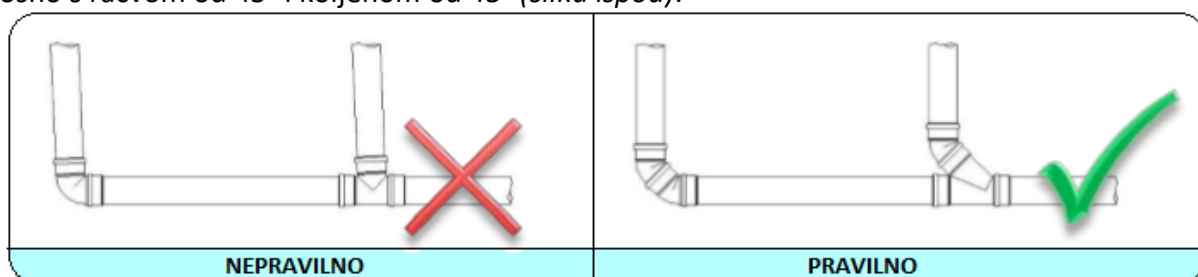


Duljina grana horizontalne kanalizacije ograničene su zbog moguće pojave isisavanja sifona. Duljina grane ovisi o promjeru cijevi a dana je u tablici:

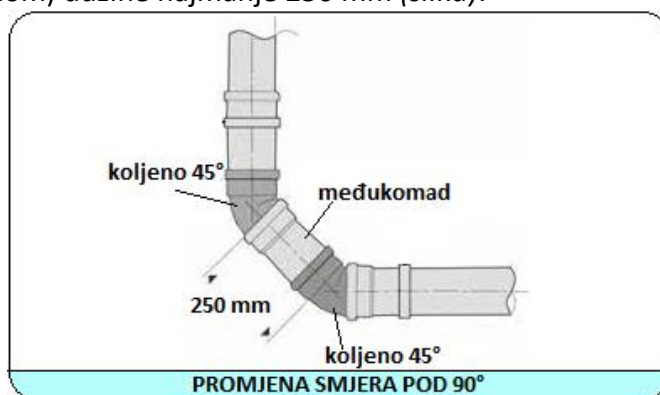
Promjer grane (mm)	Udaljenost (cm)
32	90
40	12
50	170
75	210
100	330

Neka pravila pri postavljanju vodoravnih vodova:

➤ promjenu smjera nije preporučljivo izvoditi pod kutom većim od 45° . To se izvodi gotovim prijelaznim elementima (koljenima i račvama) pod kutom od 45° . Ukoliko je nužno izvesti skretanje pod većim kutom tada to treba izvesti s dva koljena od 45° , odnosno s račvom od 45° i koljenom od 45° (slika ispod).

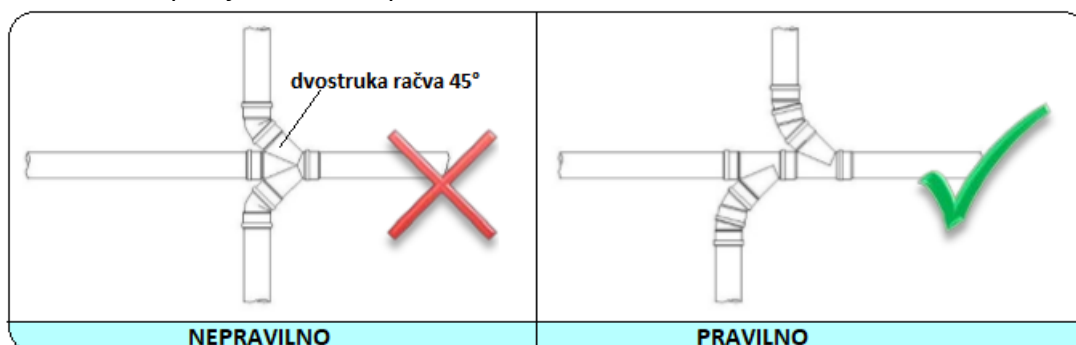


Međutim, najispravnije je skretanje pod 90° izvesti s dva koljena od 45° i prijelaznim odsječkom (međukomadom) dužine najmanje 250 mm (slika).



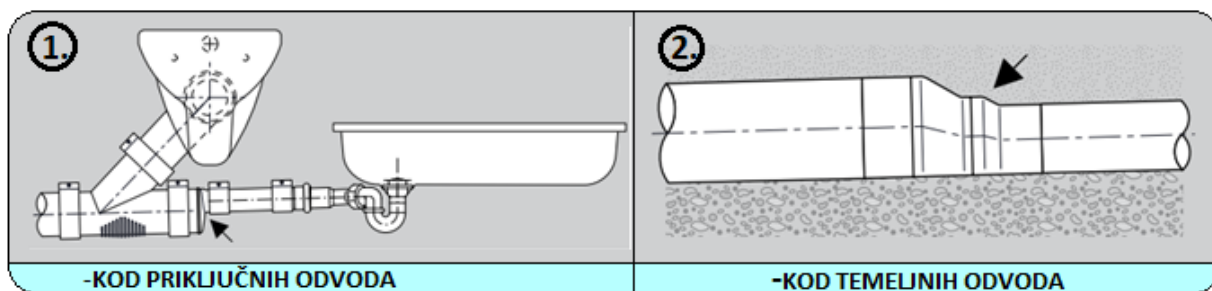
Ukoliko nema dovoljno mjesta može se koristiti i koljeno od $88,5^\circ$, ali s prije postavljenim otvorom za čišćenje.

➤ dvostruki priključci nisu dopušteni.



➤ prijelazi s većeg promjera na manji nisu dopušteni.

- prijelaz s manjeg na veći promjer izvodi se ekscentričnim prijelazom („redukcija“) na način prikazan na slici:



Prednost prvog načina je bolje prozračivanje vodova, dok je prednost drugog načina olakšana provjera kamerama te je povoljnije za transport krutih čestica.

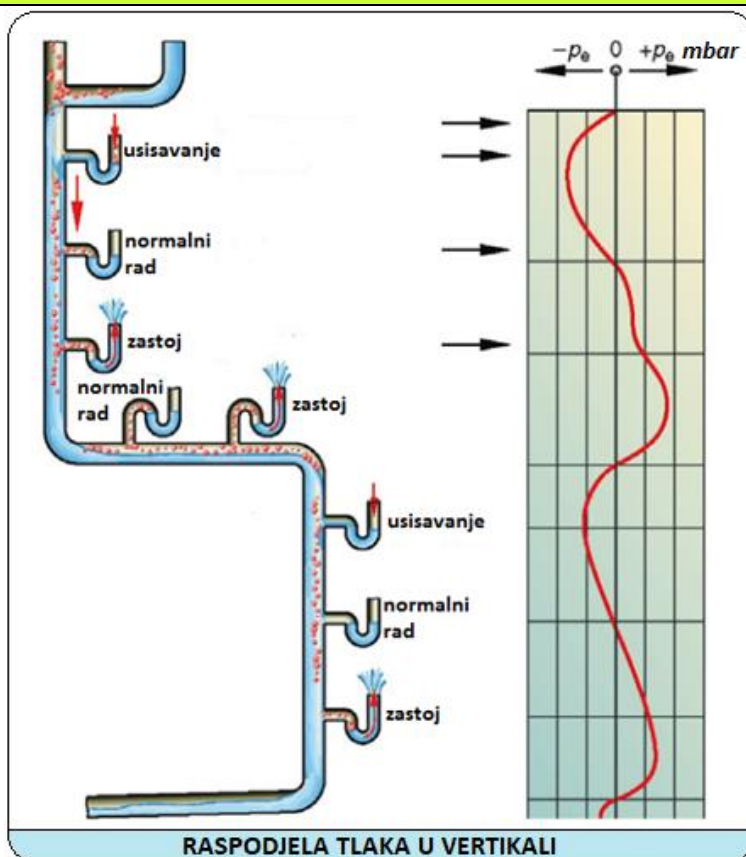
- predvidjeti mjesta za otvore za čišćenje (revizije).
- voditi računa o mogućnosti smrzavanja tj. o zaštiti od smrzavanja.

2.4. VERTIKALNI KANALIZACIJSKI ODVODI

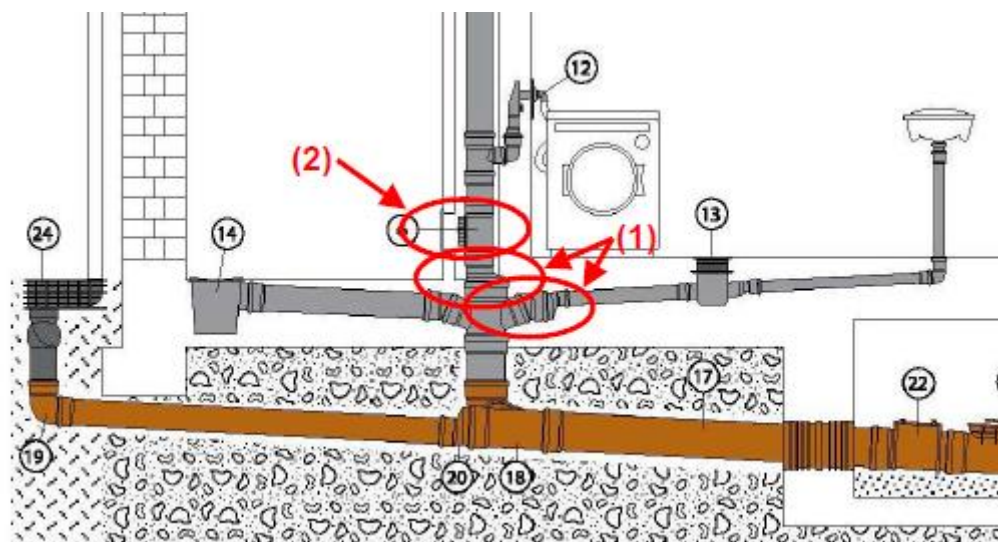
Vertikalni vodovi služe za prikupljanje i odvod otpadne vode od priključnih i sabirnih vodova do glavnog vodoravnog sabirnog voda koji je postavljen u najnižem dijelu zgrade.

Pri ulijevanju vode u vertikalnu, voda više ili manje ispuni presjek cijevi. Pri tome voda oblikuje neku vrstu vodenog klipa koji ispred sebe stvara natlak (sifonaža) a iza sebe potlak (autosifonaža). Povećani tlak može izazvati izbacivanje vode iz sifona, dok smanjeni tlak može izazvati isisavanje vode iz sifona.

Tlak se povećava pri kraju vertikale pa na tom mjestu nije dobro postavljati nikakve priključke.



Na mjestima gdje je potrebno povećati presjek cijevi ugrađuje se multiplikacija (redukcija) (1). Pri dnu vertikale obavezno se ugrađuje revizija (2).

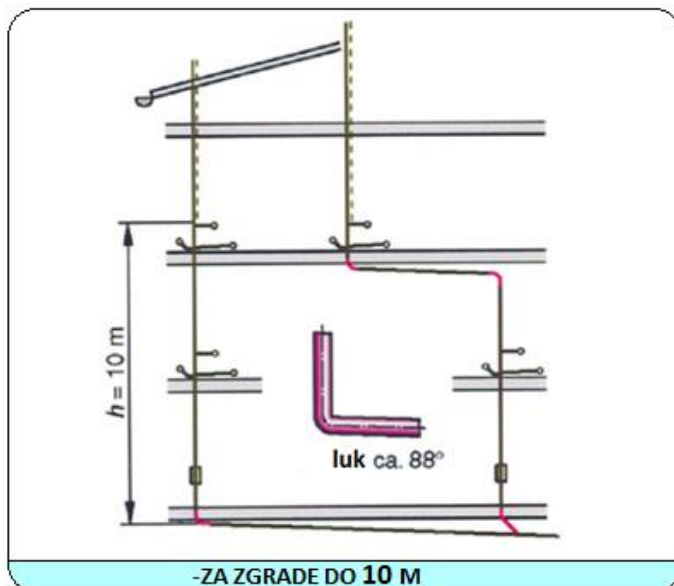


Spoj vertikale s temeljnim sabirnim vodom

Na spoju vertikale s temeljnim razvodom nastaje udar vodenog stupca. Što je zgrada viša, taj udar je jači pa je izvedba tog spoja propisana na sljedeći način:

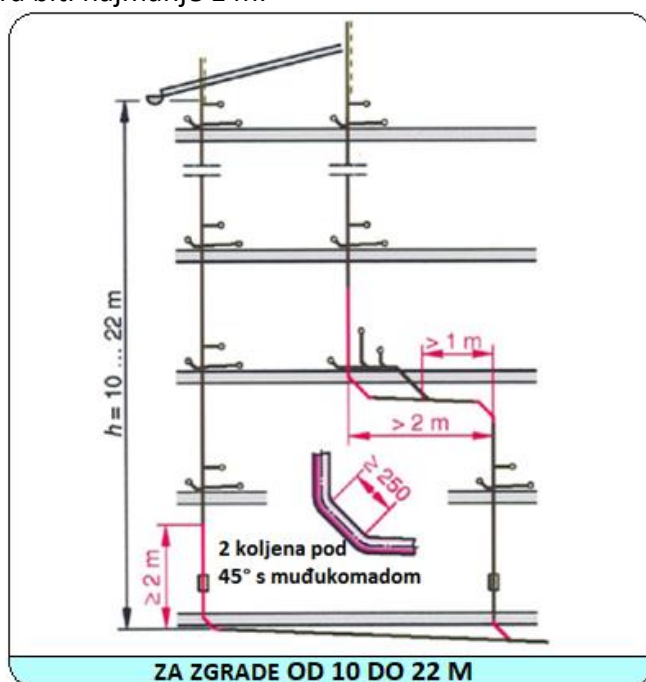
1. za okomite vodove do 10 m (1 do 3 kata)

- prijelaz se može izvesti i s koljenima od 87° ili 90°, iako je bolje s dva koljena od 45° i međukomadom od 250 mm



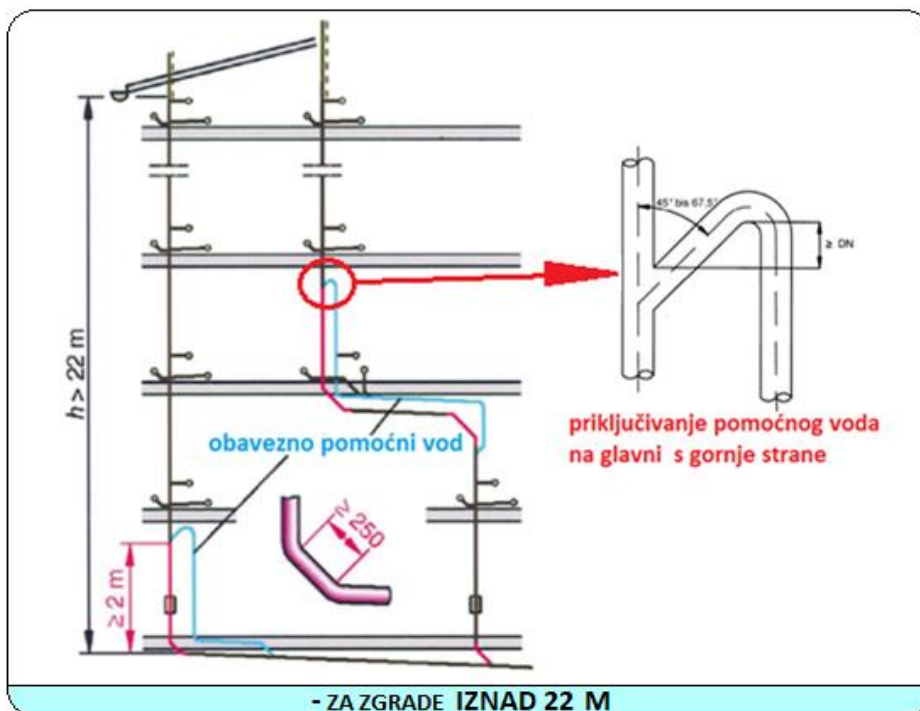
2. za okomite vodove od 10 do 22 m (4 do 8 katova)

- prijelaz se mora izvesti pomoću dva koljena od 45° s međukomad 250 mm.
- 2 metra od mjesta skretanja vertikalnog voda ne smiju se izvoditi nikakvi priključci.
- U slučaju da postoji horizontalni odsječak:
 - a) kraći od 2 m - priključci na njega mogu se izvoditi samo preko pomoćnog voda (kao kod slučaja br. 3) koji se polaže usporedno s glavnim vodom .
 - b) duži od 2 m – priključci na njega mogu se izvoditi direktno na njega, ali udaljenost od koljena mora biti najmanje 1 m.



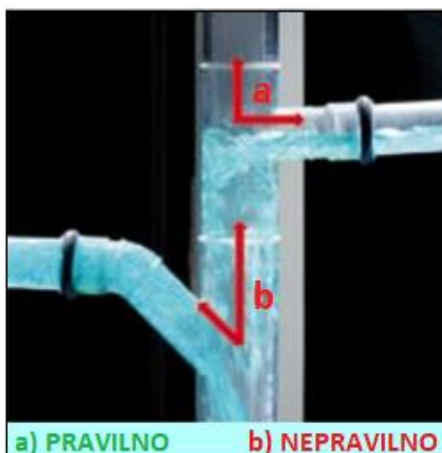
3. za okomite vodove iznad 22 m (preko 8 katova)

- Svi prijelazi se izvode pomoću dva koljena od 45° s međukomadom od 250 mm.
- U području prijelaza obavezno se izvodi pomoćni vod.
- Pomoćni vod se na glavni vod priključuje pod kutom od 45° u odnosu na vertikalu (vidi sliku)



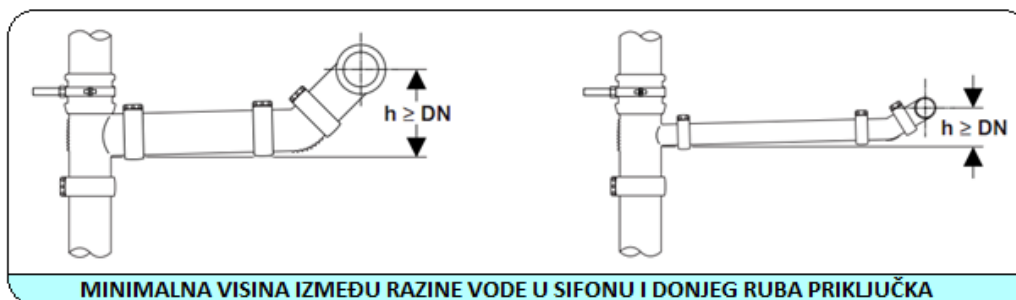
Priključak na okomiti vod

- Pojedinačni vodoravni priključni vodovi koji imaju manji DN od vertikalnog voda spajaju se na okomiti vod spojnim koljenima pod kutom od 88,5° (*slučaj a*) na slici), a ne pod 45° (*slučaj b*) na slici). Razlog je što je u slučaju *b*) otežano odzračivanje priključne cijevi



Ukoliko su dimenzije vertikalne i priključnog voda iste, onda se priključak može izvesti i pod 45° (npr. zahodna školjka).

- Jedan od osnovnih principa kod priključivanja na vertikalni vod je da se visinskom razlikom od minimalno 1 DN (nazivni promjer) između razine vode u sifonu i donjeg ruba priključne cijevi:

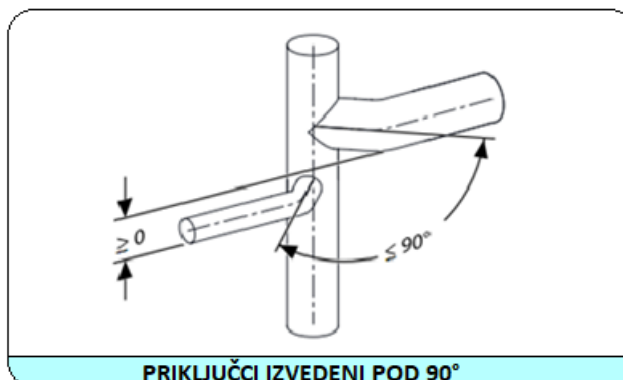


Povrata otpadne vode u sifon naročito je izvjestan kada su dva priključka nasuprot jedan drugom i u neposrednoj blizini.



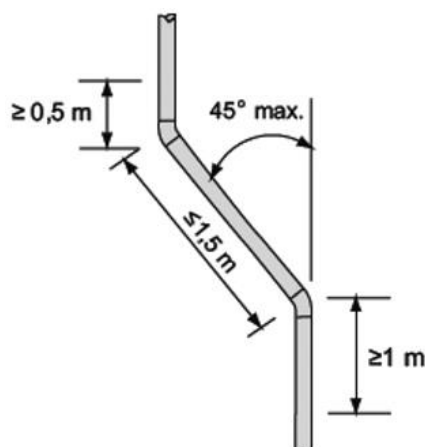
Zbog toga dva nasuprotna priključka moraju biti visinski udaljena minimalno 200 mm.

Ukoliko to nije izvedivo moguće je priključke zamaknuti da ne budu nasuprotno već pod kutom od 90° (slika ispod).



- Dva ili više stana na istom katu ne smiju se priključivati na jednu vertikalu.

Povećanje tlaka nastaje i pri svakom lomu vertikale. Stoga kut loma vertikale mora biti manji od 45° .



2.5. ODZRAČNI VODOVI

Odzračni vodovi su dio kanalizacijske instalacije potrebni radi:

- odvođenja neugodnih mirisa i plinova,
- izjednačavanja tlaka u instalaciji.

Za odzračne vodove važi nekoliko osnovnih pravila:

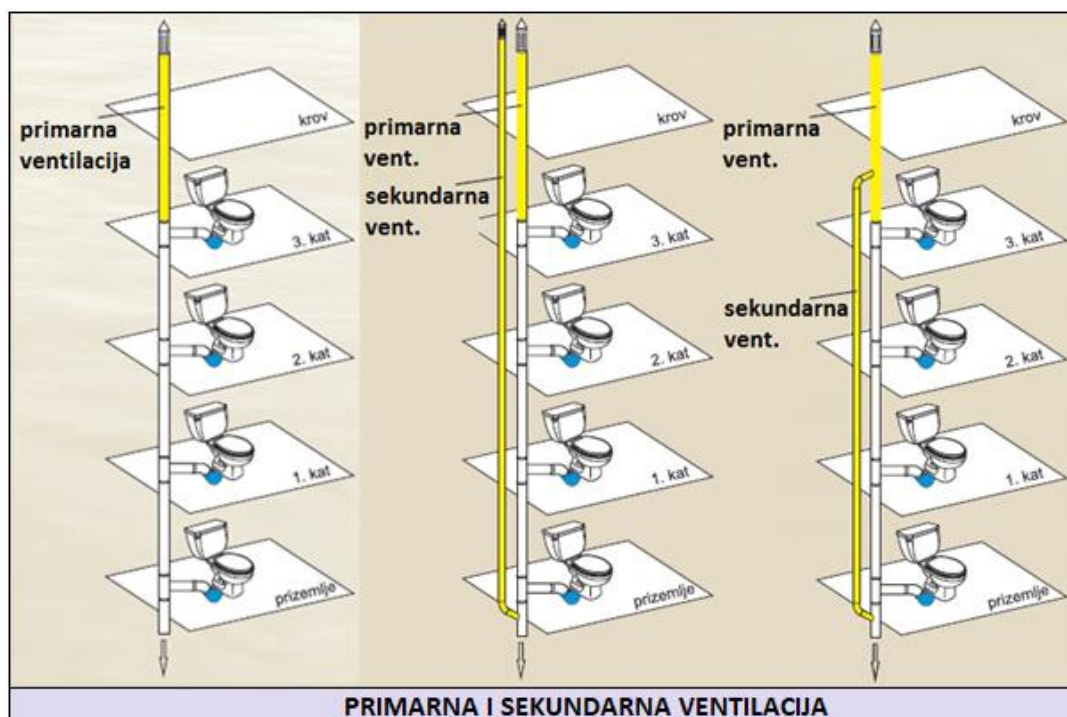
- svaki okomiti vod treba imati produžetak s otvorom na krovu koji služi kao odzračni vod (primarna ventilacija),
- ukoliko nema okomitog voda (npr. u prizemnicama), glavni vodoravni sabirni vod mora imati odzračni vod s otvorom na krovu,
- sustav za odvodnju kišnice ne smije služiti kao odzračni vod.

Odzračni vodovi mogu biti **primarni** i **sekundarni**.

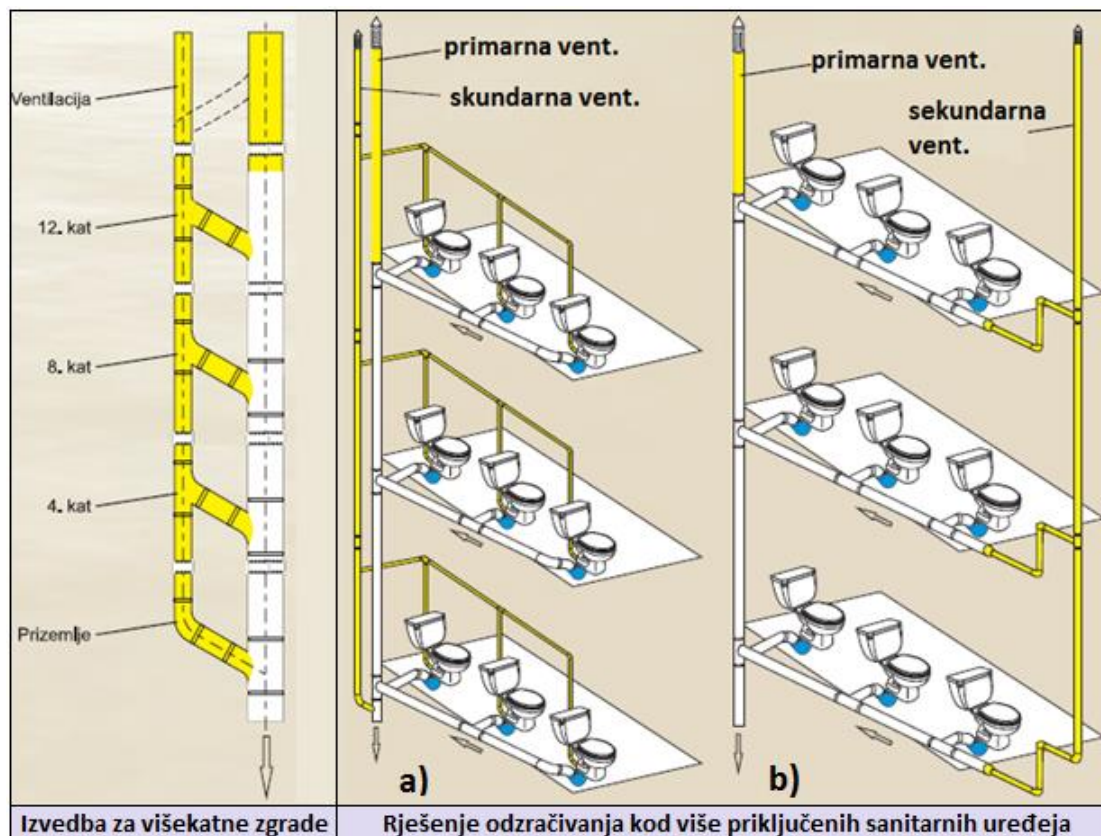
Primarni vod je kada se vertikalna produži preko krova zgrade i služi kao odzračni vod.

Primarni odzračni vod može spriječiti nastanak potlaka, ali ne može u potpunosti spriječiti stvaranje natlaka, pa se može koristiti samo u zgradama do 4 kata.

Sekundarni vod je kada se uz vertikalnu postavlja paralelna odzračna cijev, koja može biti izvedena iznad krova ili se spoji na primarnu iznad najgornijeg priključnog mjesta. Sekundarni vod u potpunosti spriječava nastanak natlaka. Sekundarna ventilacija obavezna je za sve zgrade više od 5 katova.



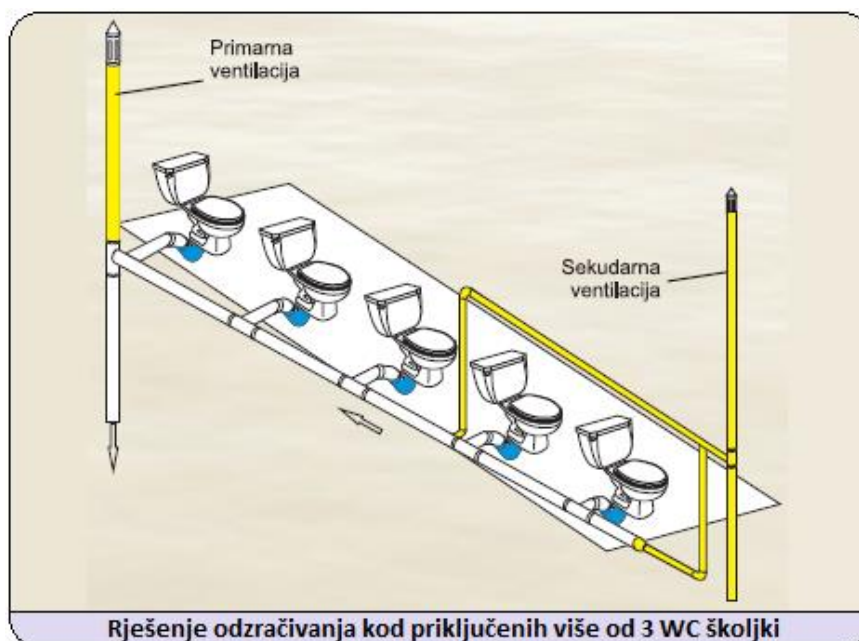
Za jako visoke zgrade je preporučljivo da se svakih 4 do 5 katova izvedu međuspojevi, kako ne bi, u slučaju istovremenog puštanja vode, došlo do lokalnog povećanja i smanjenja tlaka (slika lijevo).



U slučaju da je na istoj etaži spojeno više sanitarnih uređaja koji bi mogli izazvati potlak ili natlak, potrebno je spojiti zadnji ogranak s ventilacijskim vodom. To se može izvesti na dva načina (gornja slika):

- a) pojedinačno spajanje,
- b) zajedničko spajanje (spoj s ventilacijskim vodom mora biti na višoj razini – spoj „na kuku“)

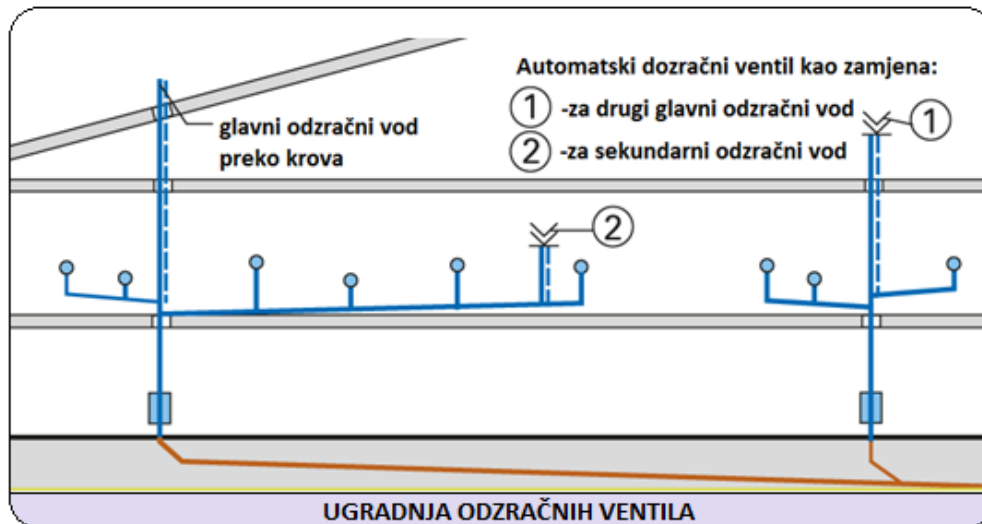
U slučaju spajanja 3 i više sanitarnih uređaja (WC-školjki) potrebno je izvesti međuspoj, kako, u slučaju više istovremenih ispiranja, ne bi došlo do natlaka ili potlaka.



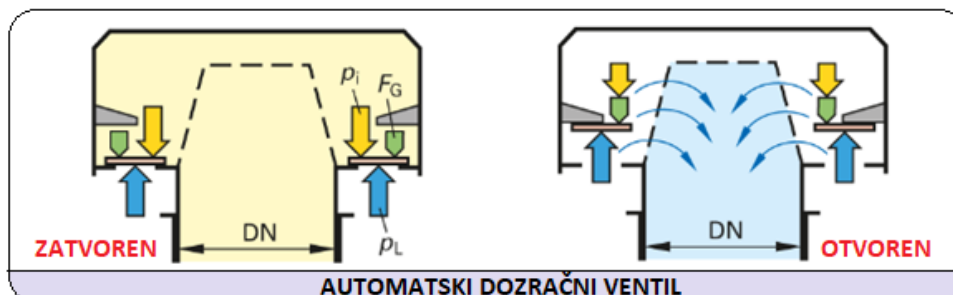
2.5.1 Automatski dozračni ventili

Kod jedno- i dvo-obiteljskih kuća može se dozračivanje dijelom riješiti s automatskim dozračnim ventilom. Dozračni ventil može se ugraditi na glavni odzračni vod, ali uz uvjet da jedan odzračni vod ide preko krova.

Mali dozračni ventil mogu se ugraditi kao zamjena za sekundarni odzračni vod.

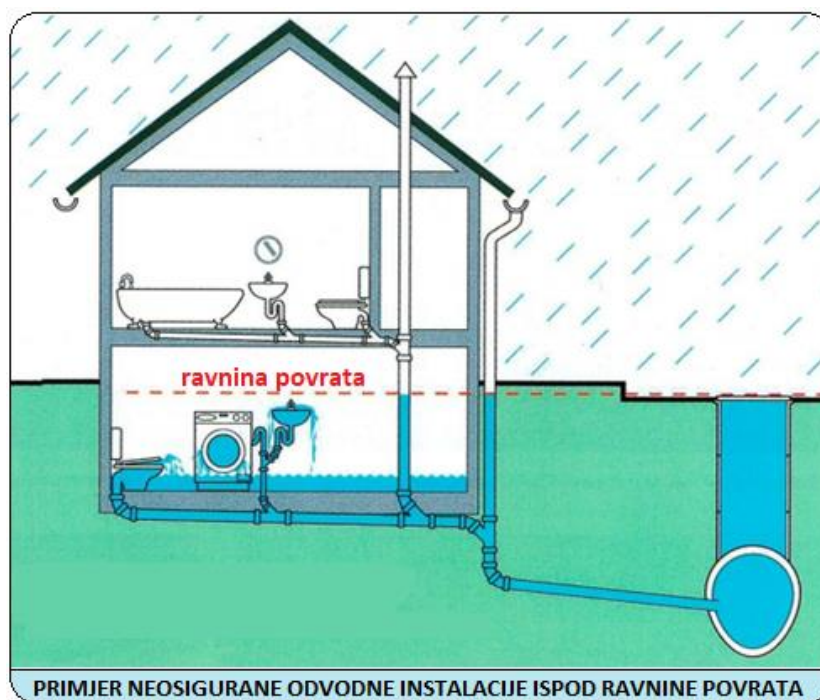


Dozračni ventili su nepovratni ventili koji omogućuju ulaz zraka u instalaciju, ali sprječavaju izlaz zraka koji sadrži neugodne mirise, iz vodova kanalizacije i zato ne mogu u potpunosti zamijeniti odzračne vodove.

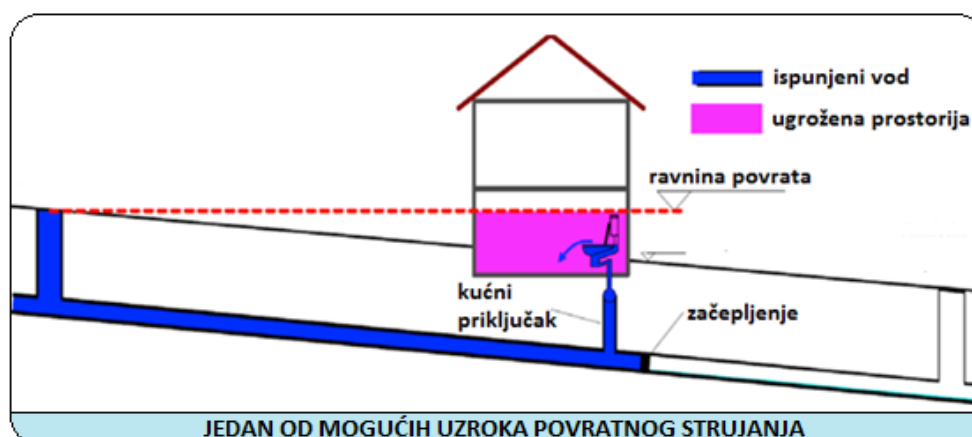


2.6. Uređaji za sprječavanje povratnog strujanja

Do povratnog strujanja iz javne kanalizacijske mreže može doći u slučaju da razina vode u javnom kanalizacijskom sustavu bude viša od nekih dijelova kućne kanalizacije, a to se može dogoditi u slučaju velikih padalina, poplava ili začepljenja javne kanalizacije.



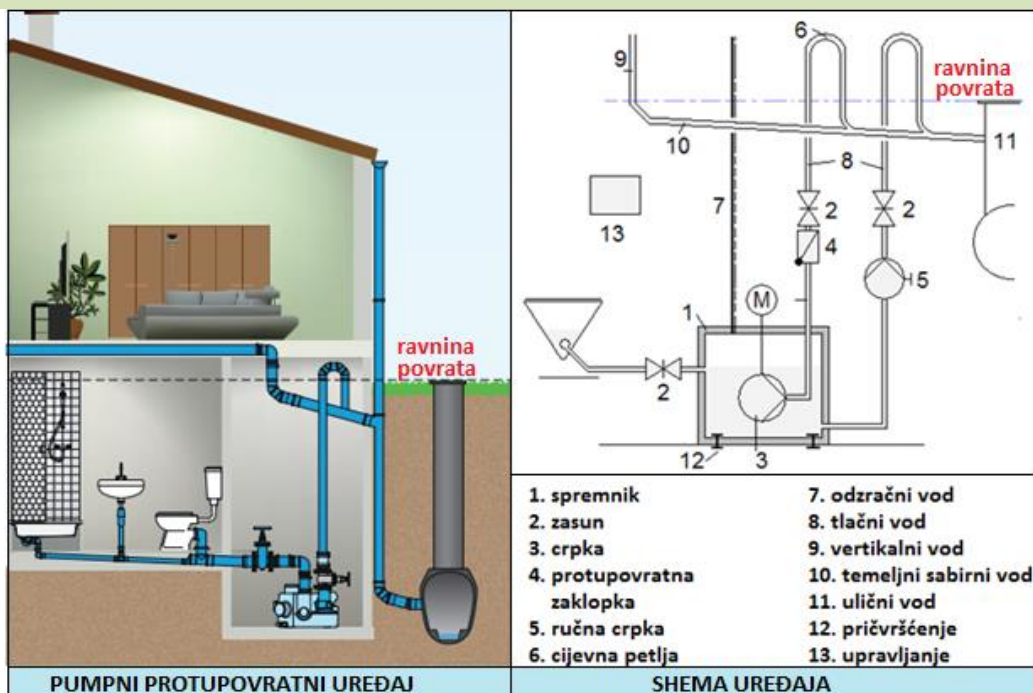
Do izljeva povratnih voda iz kanalizacije može doći i u slučaju kad je kuća na strmom terenu i nalazi se ispod razine višeg kanalizacijskog okna. U slučaju začepljenja iza priključka na kanalizaciju, otpadne vode će, ukoliko nema odgovarajućeg osiguranja, ulaziti u niže dijelove kuće (slika ispod)



Zbog navedenih razloga moraju svi sanitarni elementi koji se nalaze ispod ravnine povrata biti osigurani od povrata otpadnih voda iz javne kanalizacije.

Osiguranje od povrata otpadnih voda može se izvesti na dva načina:

1. Pumpnim uređajima s protupovratnom petljom



<https://www.youtube.com/watch?v=ZnriwiHgya8>

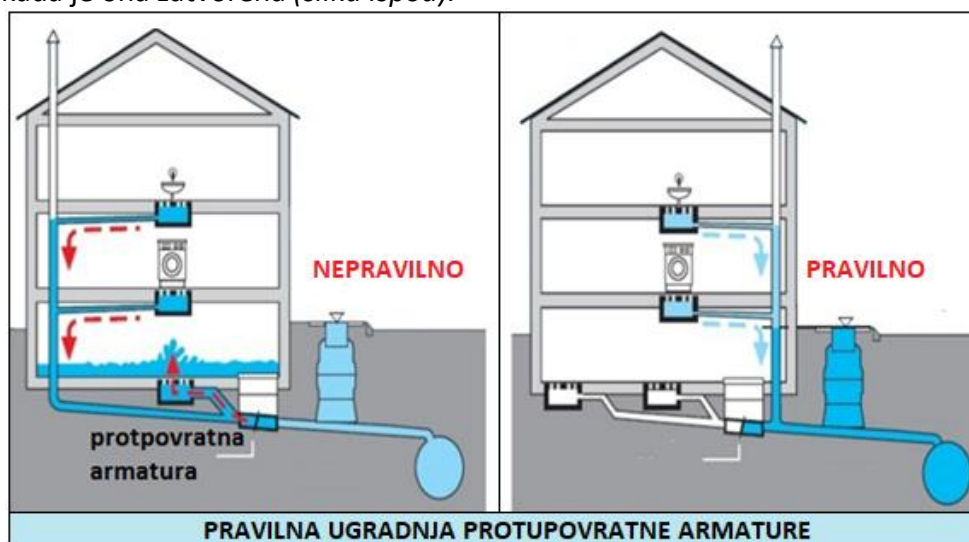
Ovakvi uređaji osim što štite od povrata otpadnih voda, omogućavaju funkcioniranje instalacije i u slučaju kada razina vode dosegne ravninu povrata u javnoj kanalizaciji. Ovakav sustav obavezan je u slučajevima kada je razina prostorije u kojoj se koriste sanitarni uređaji niža od glavnog kanalizacijskog voda.

Uređaji koji se koriste za fekalne vode moraju imati zatvoreni spremnik.

2. Protupovratnom armaturom

To je armatura koja omogućava prolaz sanitarne vode u jednom smjeru (prema javnoj kanalizaciji) a zatvara prolaz iz suprotnog smjera ukoliko dođe do povrata.

Pri ugradnji protupovratne armature treba paziti sa se ona ugradi prije priključka vertikale onih dijelova instalacije koji su iznad ravnine povrat kako bi se omogućilo njihovo funkcioniranje u momentima kada je ona zatvorena (*slika ispod*).



Postoji više različitih izvedbi protupovratne armature, no dvije su osnovne izvedbe:

a. za otpadne vode koje ne sadrže fekalije:

- Uređaj koji se nalazi u podnom sifonu, ima dvije klapne i služi za pojedinačne odvode.



<https://www.youtube.com/watch?v=BLj6oxKIHPM>

- uređaj koji je dio cjevovoda, s dvije zaklopke, mehanizmom za ručno zatvaranje i revizionim oknom- za više zajedničkih odvoda



<https://www.youtube.com/watch?v=jR-KC85XmPo>

b. za otpadne vode koje sadrže fekalije

Ovi uređaji se otvaraju i zatvaraju elektromotorom pod nadzorom automatike, a sadrže i ručni mehanizam za zatvaranje u slučaju kvara ili nestanka električne struje.

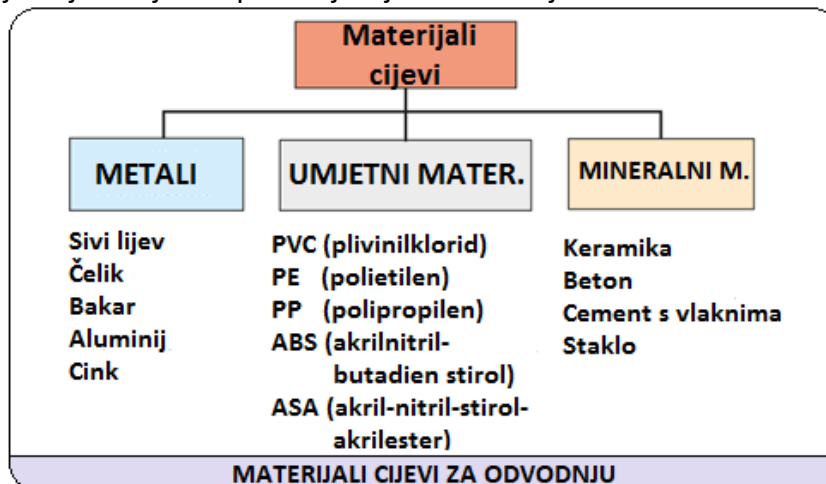


2.7. CIJEVI ZA ODVODNJU I NJIHOVO SPAJANJE

Zahtjevi koje moraju ispunjavati cijevi za odvodnju, u različitim okolnostima, su:

- Otpornost na agresivne otpadne vode,
- Otpornost na temperaturne razlike,
- Otpornost na visoke temperature,
- Otpornost prema koroziji.

Materijali cijevi koje se upotrebljavaju za odvodnju su:



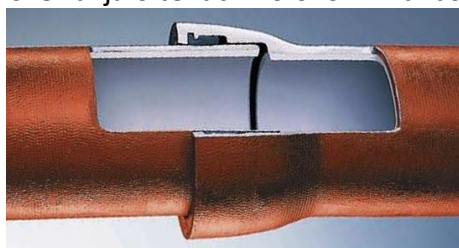
2.7.1. Cijevi od sivog lijeva

Dobra svojstva cijevi od sivog lijeva su:

- Čvrstoća, tvrdoća i krtoš,
- Temperaturna postojanost,
- Mogu se reciklirati,
- Nisu gorive,
- Dobro prigušuju buku,
- Korozijski postojanje uz odgovarajuću površinsku zaštitu.

Cijevi od lijevanog željeza koristile su se od samih početaka u izvođenja kanalizacije.

Njihovo spajanje izvodilo se naglavkom (kolčakom), a kao način brtvljenja koristila se kudelja koja se utiskivala u kolčak, da bi se zatim sve zalijalo tekućim olovom. Danas se takve cijevi više ne koriste.

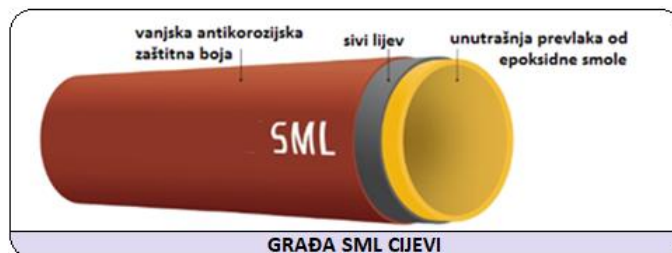


No, sivi lijev se i danas koristi za odvodne cijevi, međutim to su cijevi bez naglavka (SML cijevi).

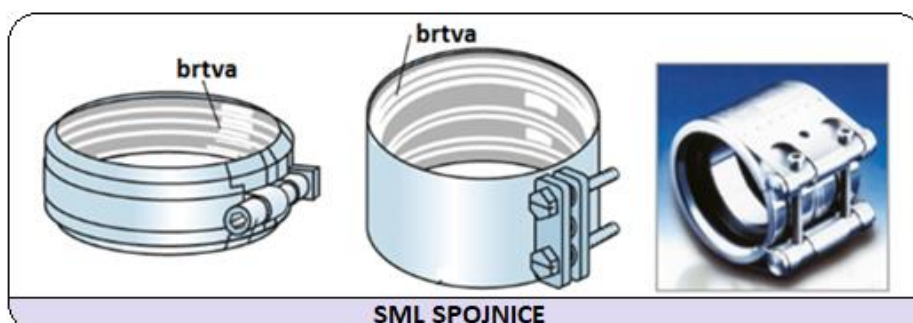
SML cijevi (*System MuffenLos*)

To su lijevanje cijevi izvana i iznutra zaštićene crvenkasto smeđim slojem epoksidne smole. Služe za izvedbu sabirnih vodova u zgradama (ne koriste se za grane i ogranke). Za podzemne vodove koristi se izvedba (TML), a postoje i posebne izvedbe za kuhinje i agresivne medije (KML), za odvodnju na mostovima (BML), za ventilaciju (LML), te toplinski izolirane (VML).

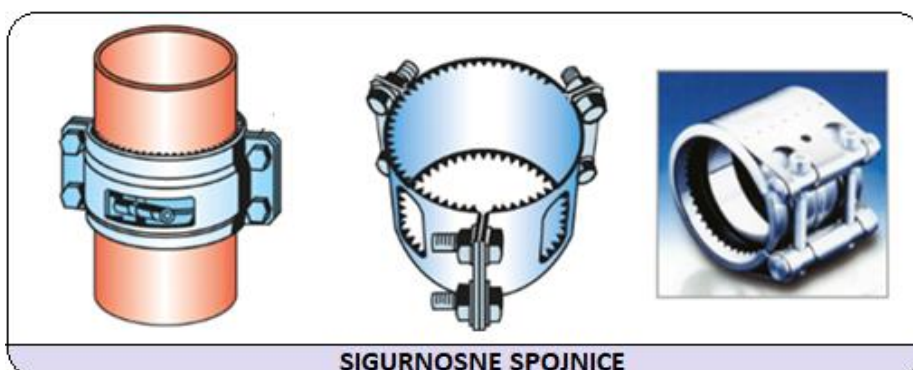
SML cijevi dobivaju se centrifugalnim lijevanjem. Izvode se s promjerom od 40 do 300 mm.



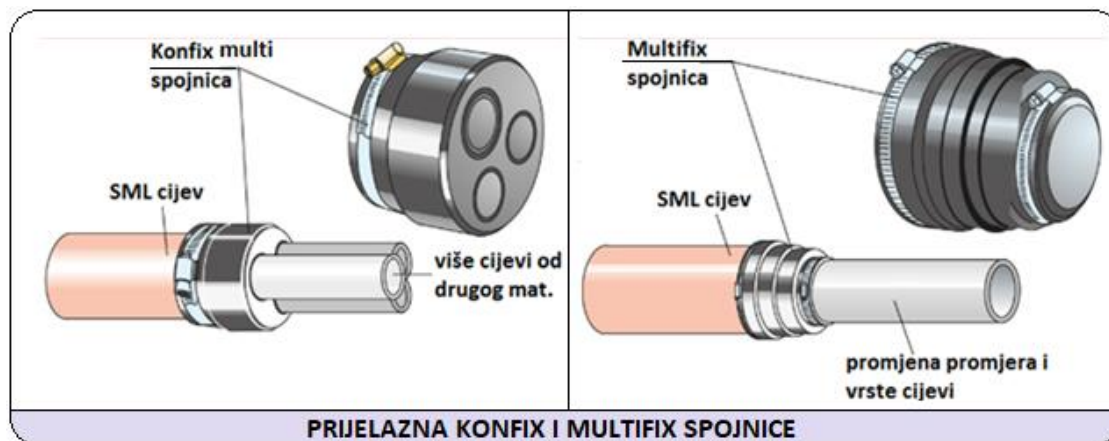
SML cijevi izvedene su bez naglavka (kolčaka) i spajanje se izvodi odgovarajućim spojnica.



U slučajevima kada postoji opasnost od uzdužnog razdvajanja spoja kao i kod cijevi koje su pod tlakom, ugrađuje se dodatna spojница koja sprečava uzdužno razdvajanje.



Za spajanje sa cijevima od drugih materijala koriste se specijalne prijelazne spojnice (**Konfix i Multiquick**)



2.7.2. Čelične cijevi

Čelične cijevi također se mogu koristiti za odvodne instalacije, osim za podzemne vodove. Izvana su pocinčane a iznutra zaštićene polimernim prevlakama. Koriste se i za ventilaciju i odvodnju plinova. Za agresivne medije postoji izvedba od nehrđajućeg čelika. Mogu biti i toplinski predizolirane.

Spajaju se naglancima s brtvom utisnim spajanjem.



2.7.3. Polimerne cijevi

Polimerne (termoplasti) cijevi imaju mnoge prednosti u odnosu na metalne, i danas se najviše koriste za uobičajene slučajeve odvodnje. Koriste se različiti polimerni materijali (PE, ABS, ASA), no **najčešće se koriste PVC i PP odvodne cijevi.**

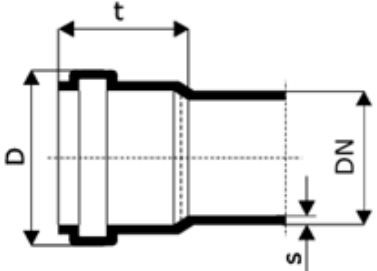
S obzirom na namjenu razlikujemo nekoliko vrsta cijevi. To su:

➤ **KG cijevi (Kunststoffabflusrohr Grundleitungen)**

To su PVC-U cijevi koje služe za polaganje u zemlju i odvodnju izvan kuće. Ne smiju se koristiti u kući gdje mogu doći u doticaj s visokim temperaturama (samo do 50-ak °C). Drugi je razlog zbog čega se ne koriste unutar kuća je što pri izgaranju (u slučaju požara) razvijaju izuzetno toksične spojeve. Narandasto-smeđe su boje i isporučuju se u dimenzijama od 100 do 500 mm. Postoje i KG cijevi zelene boje (npr. KG 2000 od Wavin) izrađene od PP MD, koje imaju nešto bolja svojstva od PVC-a (otpornije na udarce)



Dimenzije KG cijevi:



DN(OD)	s [mm]	D [mm]	t [mm]
110	3,2	127	66
125	3,2	144	68
160	4,0	182	84
200	4,9	225	106
250	6,2	287	128
315	7,7	355	162
400	9,8	445	194
500	12,3	567	219

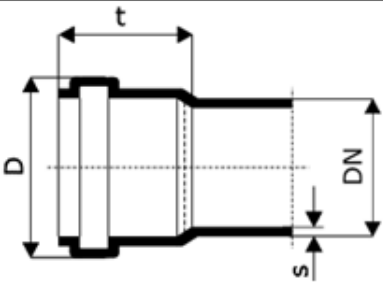
STANDARDNE DIMENZIJE KG (PVC-U) CIJEVI

➤ HT cijevi (Hohe Temperaturbeständigkeit)

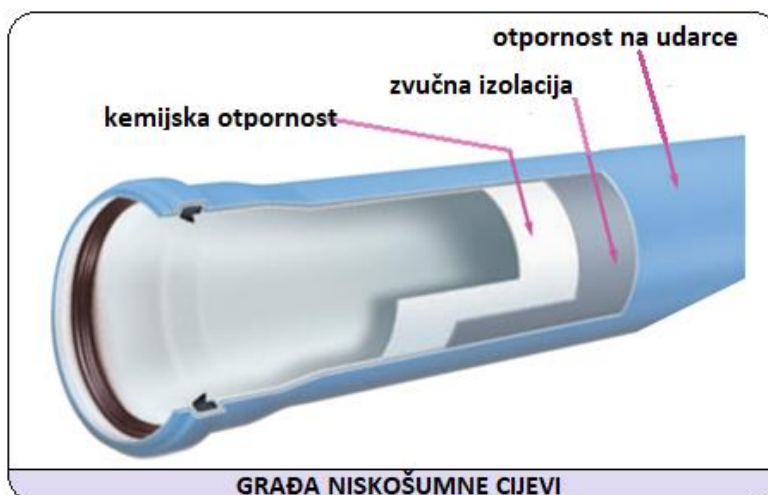
To su PP (sive), PE (crni) ili ABS/ASA/PVC tamno sive cijevi, postojanje na više temperature (do 110°C) pa se koriste za kućne instalacije. Sive su boje i isporučuju se od promjera 32 do 160 mm.



Dimenzije HT cijevi:

	DN(OD)	s [mm]	D [mm]	t [mm]
	32	1,8	44	40
	40	1,8	53	55
	50	1,8	63	56
	75	1,9	88	61
	90	2,2	105	58
	110	2,7	125	76
	125	3,1	143	82
	160	3,9	181	90
STANDARDNE DIMENZIJE HT (PP) CIJEVI				

- **Niskošumne cijevi** – to su višeslojne cijevi od polimera, kod koji je srednji sloj ojačan mineralnim vlaknima koja prigušuju buku na 30 pa čak i na 20 dB.



Spajanje polimernih cijevi

Većina polimernih cijevi spaja se **utičnim spojevima**. Na jednom kraju svake cijevi ili spojnice nalazi se naglavak (kolčak) s integriranom brtvom, dok drugi kraj cijevi ima skošenje. Brtva se prije utiskivanja premaže posebnim mazivom (ne smiju se koristiti obična ulja i masti), a zatim se dva kraja ručno utiskuju jedan u drugi.

Rjeđe se odvodne cijevi spajaju nekim drugim načinima (*primjeri na slici*)

- Dugi naglavak
- Navojno spajanje,
- Spajanje prirubnicom,
- Lijepljenje,
- Zavarivanje



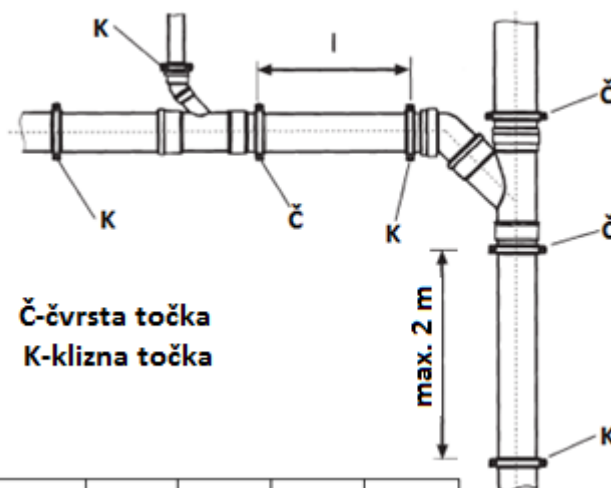
Postavljanje polimernih cijevi

Odvodna nadžbukna instalacija mora biti postavljena tako da nije izložena nikakvim naprezanjima, te da se omogući toplinsko istezanje cjevovoda.

Toplinsko istezanje kompenzira se tako da se cijev nakon utiskivanja vrati za oko 10 mm iz naglavka.

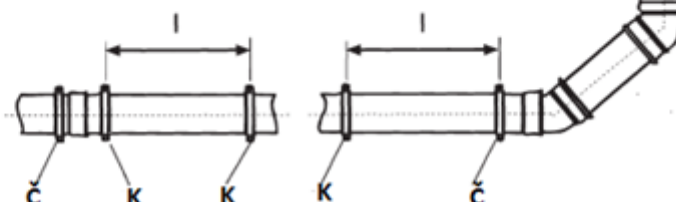


Cjevovod se pričvršćuje obujmicama u čvrstim (Č) i kliznim točkama (K). Obujmice se uvijek postavljaju na cijevi (ne na spojne komade) neposredno uz naglavak. Razmak među obujmicama na horizontalnom dijelu ne smije biti veći od 10 promjera cijevi.



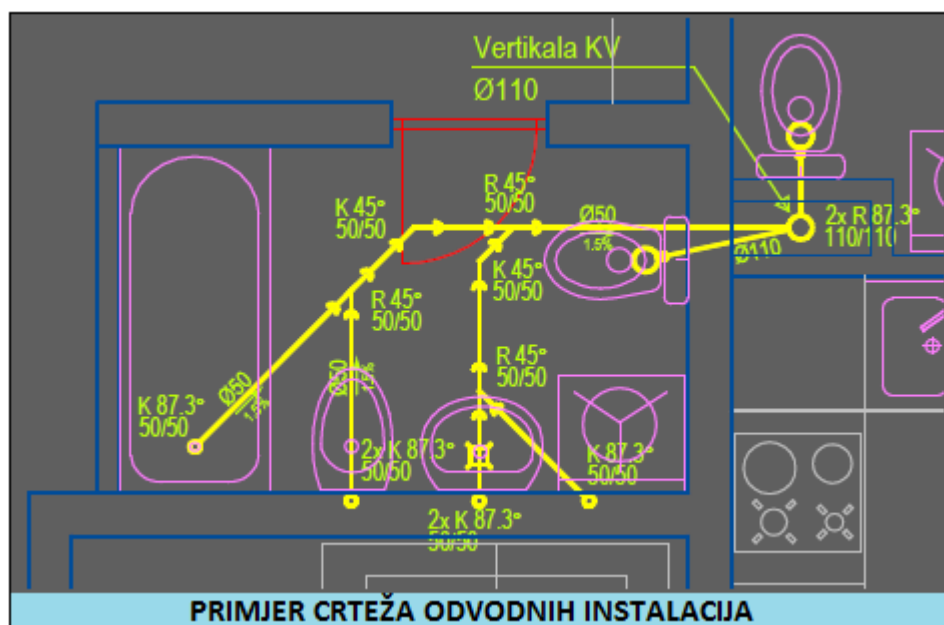
NO	30	40	50	70	100	125	150
vodoravno (m)	0,5	0,5	0,5	0,8	1,1	1,25	1,6
okomito (m)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0

$l = \max. 10 \times \text{promjer cijevi}$



2.7.4. Prikaz odvodnih instalacija na tehničkim crtežima

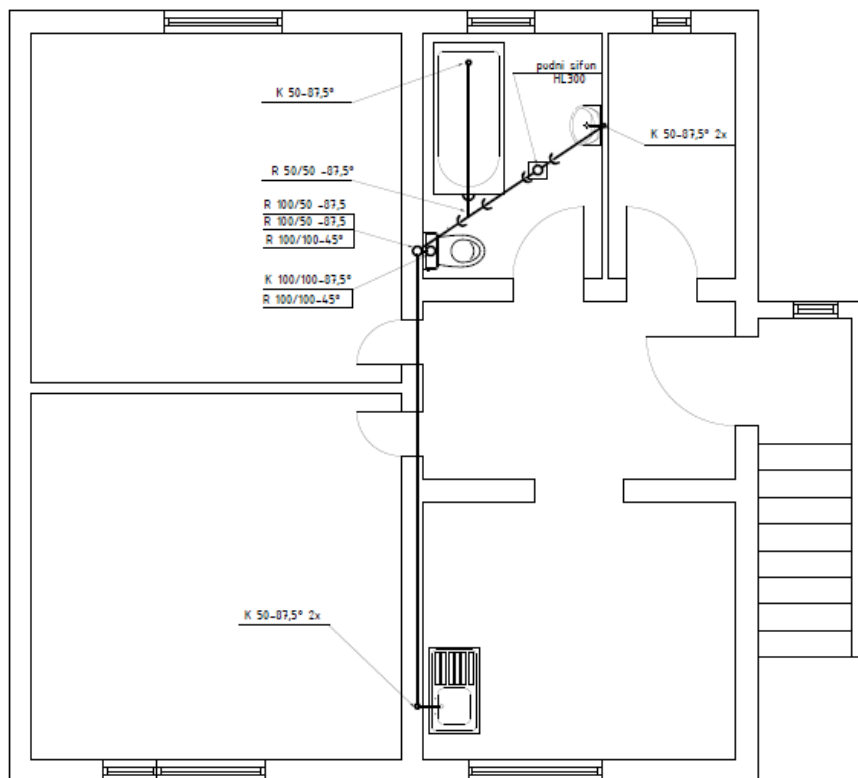
simbol	naziv	izgled	simbol	naziv	izgled
	cijev			račva 90	
	koljeno			dvostrana spojnica	
	račva 45			revizija	
	dvoračva 45			otvor za čišćenje	
	redukcija			promjena dimenzija	
	promjena materijala			poklopac	
SIMBOLI ODVODNIH INSTALACIJA					



http://files.schulbuchzentrum-online.de/onlineanhaenge/files/92162_8.pdf

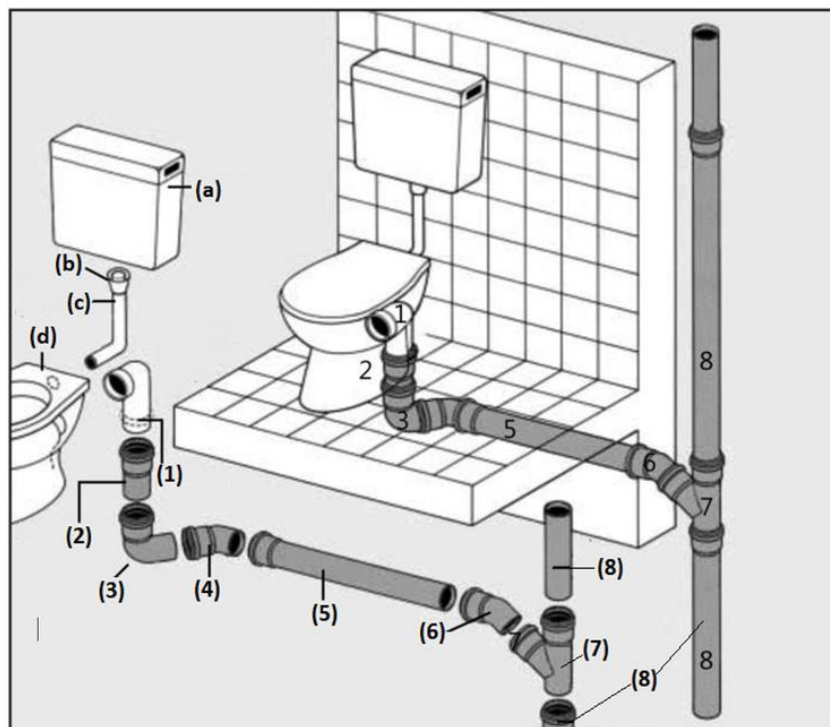
Vježba:

- Na prethodno izrađenom nacrtu u AutoCadu simbolima nacrtati odvodnu instalaciju.
primjer:



- U Excel-u ili Word-u izraditi tablicu i specifikaciju svih materijala za dotičnu instalaciju





(a)	vodokotlić
(b)	manžeta
(c)	PVC cijev za ispiranje
(d)	podna zahodska školjka
(1)	PVC koljeno odgovarajuće za školjku
(2)	cijev Ø110 (odsječak)
(3)	koljeno PE Ø110/87°
(4)	koljeno PE Ø110/45°
(5)	cijev Ø110
(6)	koljeno PE Ø110/45°
(7)	račva Ø110/ Ø110/45°
(8)	cijev Ø110



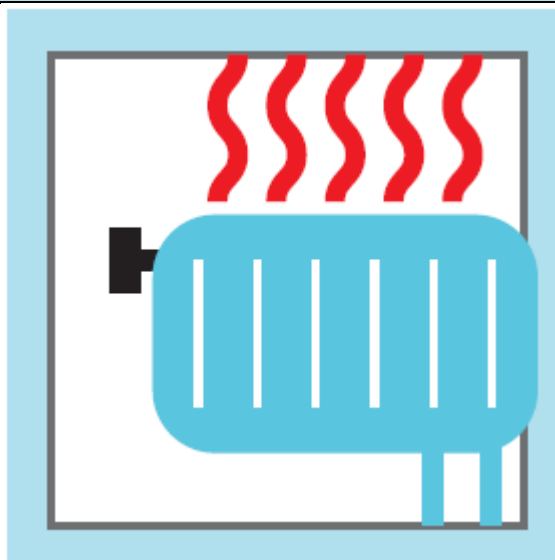
Pitanja za ponavljanje

1. Što su otpadne vode i koje vrste poznaješ?
2. Što je javni (kakav može biti) a što kućni kanalizacijski sustav?
3. Nabroji dijelove kućnog kanalizacijskog sustava.
4. Što je karakteristično za kanalizacijske cjevovode?
5. Što je sifon? Koje pojave mogu dovesti do pražnjenja sifona?
6. Što je „stupanj ispunjenosti“ cjevovoda te što znači premala a što prevelika ispunjenost?
7. Navedi minimalne promjere priključnih vodova sanitarnih uređaja.
8. Koji su minimalni padovi pojedinih odvodnih cjevovoda?
9. Navedi neka pravila za postavljanje vodoravnih kanalizacijskih vodova.
10. Koje nepovoljne situacije se mogu pojaviti kod vertikalnih vodova, i zbog čega nastaju?
11. Kako pravilno treba izvesti prijelaz s okomitog na vodoravni vod?
12. Kako pravilno treba izvesti priključke na okomiti vod?
13. Zbog čega su potrebni odzračni vodovi i koja su glavna pravila pri njihovom izvođenju?
14. Zbog čega može nastati povratno strujanje kod kućne kanalizacije i kako se ono može spriječiti?

2.dio - cijevi

15. Koji su osnovni zahtjevi na materijale cijevi za odvodnju?
16. Nabroji materijale od kojih se izrađuju cijevi za odvodnju.
17. Što su SML cijevi, gdje se koriste i kako se spajaju?
18. Što je to kolčak?
19. Što je Konfix i Multifix spojnica?
20. Što su KG i HT cijevi, i od čega su izrađene?
21. U kojim rasponima dimenzija se izrađuju:
 - a) HT-cijevi od DN _____ do DN _____
 - b) KG-cijevi od DN _____ do DN _____
22. Što su niskošumne cijevi, kako su izvedene?
23. Kako se kompenzira toplinsko istezanje kod polimernih odvodnih cijevi?
24. Objasni način pričvršćivanja odvodnih cijevi.

2.3 SUSTAVI ZA RAZVOĐENJE TOPLINE



pripremio: **prof. Križnjak**

Sadržaj:**I. TEORETSKE OSNOVE**

- 1. Temperatura**
- 2. Toplinsko istezanje**
 - Toplinsko istezanje vode
 - Toplinsko istezanje plinova
- 3. Mjerenje temperature**
 - Termometri s tekućinom
 - Bimetalni termometri
 - Otporni termometri
 - Termoelektrični termometri
- 4. Toplina**
- 5. Specifični toplinski kapacitet**
- 6. Snaga ili učin i izmjena topline**
- 7. Prijenos topline**
 - Vježbe

II. VRSTE CENTRALNIH GRIJANJA

Povijest grijanja

Odlike modernih centralnih grijanja

1. SUSTAVI TOPLOVODNIH CENTRALNIH GRIJANJA

- 1.1. Uvod**
- 1.2. Podjela prema načinu ekspanzije vode**
 - Otvoreni
 - Zatvoreni
- 1.3. Podjela prema načinu cirkulacije**
 - Prirodni – gravitacijski
 - Prisilni – sa crpkom
- 1.4. Podjela prema načinu razvoda**
 - Jednocijevni
 - Dvocijevni
 - Etažna grijanja

Pitanja i vježbe

I. TEORETSKE OSNOVE

1. Temperatura

Temperatura je **osnovna fizikalna veličina**. Definira se kao **stupanj zagrijanosti nekog tijela**. Mjerna jedinica za temperaturu je stupanj ($^{\circ}$). Jedan stupanj je stoti dio temperaturne razlike između ledišta i vrelišta vode pri normalnom atmosferskom tlaku (1013,25 mbara).

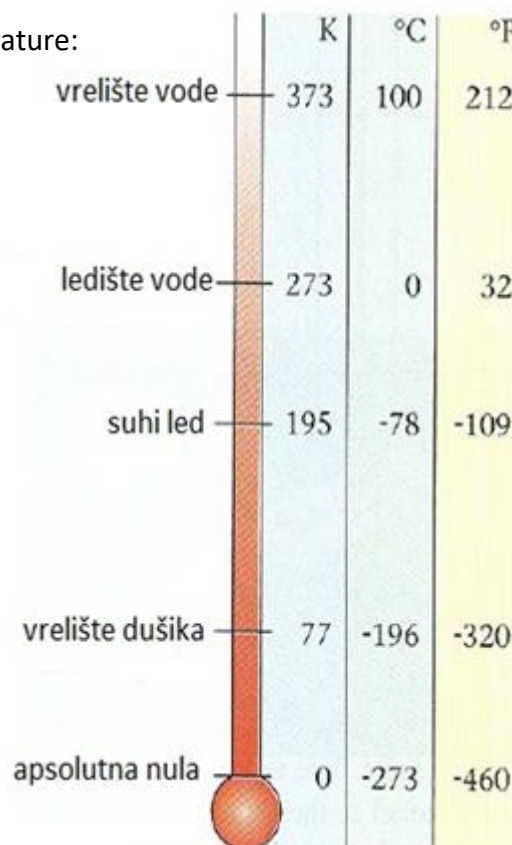
Postoji više skala ili ljestvica za iskazivanje temperature:

➤ **Kelvinova skala** ili apsolutna skala:

Ova skala počinje od najniže moguće temperature, tzv. **apsolutne nule (0 K)**. To je temperatura kod koje u materijalu prestaje bilo kakvo kretanje atoma. Prema toj skali ledište vode je na 273,15 K a vrelište na 373,15 K.

➤ **Celsiusova skala** –ova skala ima nulu na temperaturi ledišta vode, dok je temperatura vrelišta vode označena sa 100 $^{\circ}$ C. Temperature ispod 0 $^{\circ}$ C označavaju se s negativnim predznakom. Apsolutna nula je na –273,15 $^{\circ}$ C.

➤ **Fahrenheitova skala**:-koristi se uglavnom u SAD.



Preračunavanje $^{\circ}$ C u K i obrnuto:

$$T [K] = 273 + t [^{\circ}C]$$

i

$$t [^{\circ}C] = T [K] - 273$$

Zadatak 1 $t=28^{\circ}C$, $T=?$

Zadatak 2 $T=420 K$, $t=?$

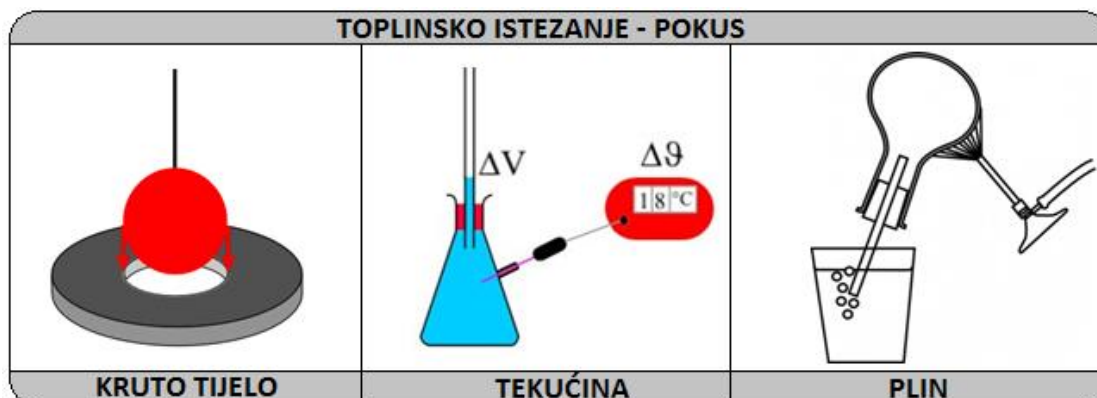
Preračunavanje $^{\circ}$ C u $^{\circ}$ F i obrnuto

$$[^{\circ}C] = ([^{\circ}F] - 32) \times 5/9$$

$$[^{\circ}F] = [^{\circ}C] \times 9/5 + 32$$

2. Toplinsko istezanje

Većina se tvari uslijed djelovanja topline rastežu, odnosno skupljaju. Plinovi i tekućine rastežu se po cijelom volumenu, dok se rastezanje čvrstih tvari može promatrati kao dužinsko, površinsko i volumno. Kao dokaz istezanja tvari mogu poslužiti sljedeći pokusi:



Dužinsko istezanje

Kod dijelova čija je jedna dimenzija (dužina) dominantna u odnosu na ostale dvije (šipke, cijevi) može se promatrati samo dužinsko istezanje. To istezanje je bitno poznavati npr. pri postavljanju cijevi za grijanje i toplu vodu. Veličina dužinskog istezanja daje se kroz **koeficijent linearnog toplinskog istezanja α u mm/(m K)**. To je broj (u mm) koji pokazuje za koliko se cijev/šipka dužine jednog metra produlji ako se zagrije za 1°C.

Različiti materijali imaju različite koeficijente istezanja:

Koeficijenti linearnog toplinskog istezanja nekih tvari u [mm/m K]	
▪ aluminij	0,024
▪ bakar	0,017
▪ čelik	0,012
▪ nehrđajući čelik	0,016
▪ mesing	0,019
▪ meki polietilen	0,2
▪ tvrdi polietilen	0,16
▪ beton	0,012
▪ cigla	0,004

Na primjer: koeficijent za bakar iznosi 0,017. To znači da će se šipka bakra dužine 1 m, ako se zagrije za 1°C, produžiti za 0,017 mm.

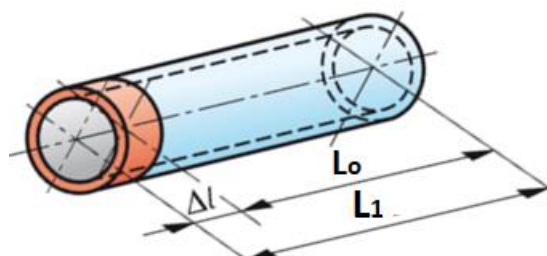
Ako se želi izračunati za koliko se produlji cijev bilo koje duljine i za bilo koju temperaturnu razliku, koristi se izraz:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

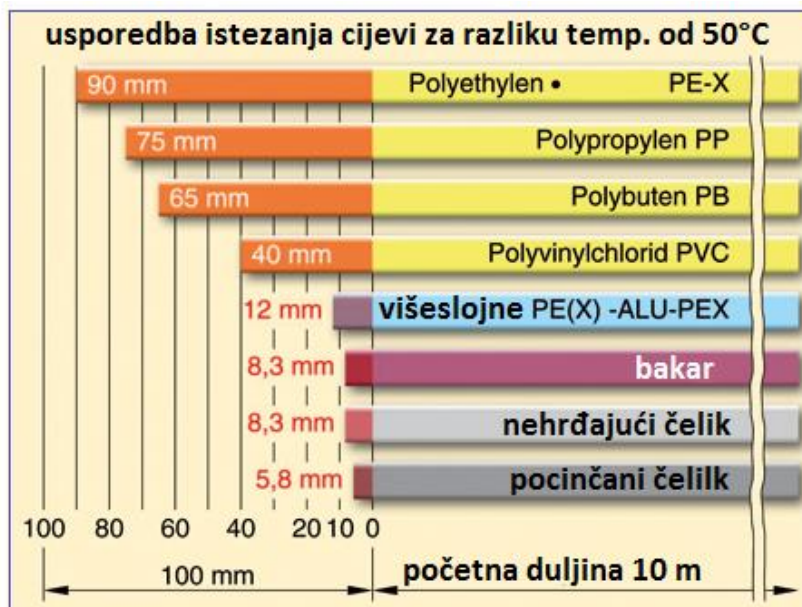
ΔL – produljenje [mm]

L_0 – početna duljina [m]

Δt – razlika temperature [°C].

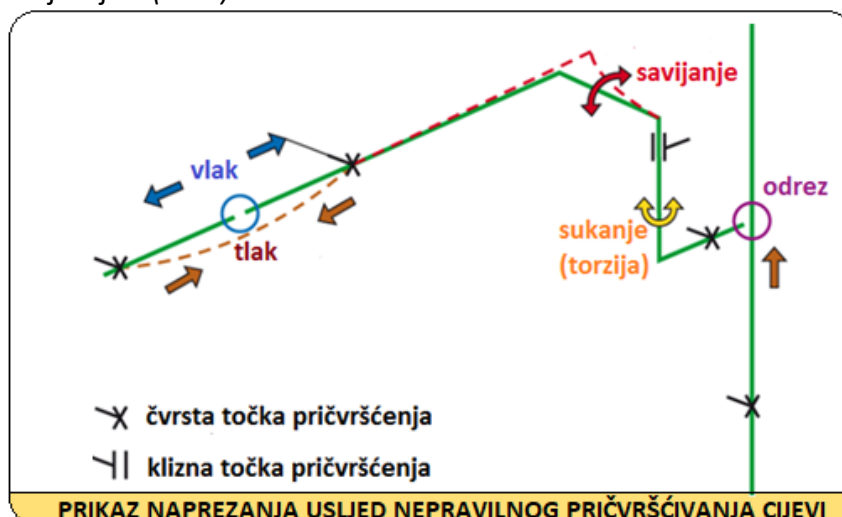


Donja ilustracija zorno prikazuje veličine istezanja na primjeru cijevi od različitih materijala, duljine 10 metara, u slučaju zagrijavanja za 50°C:



Preuzimanje toplinskih istezanja cijevi

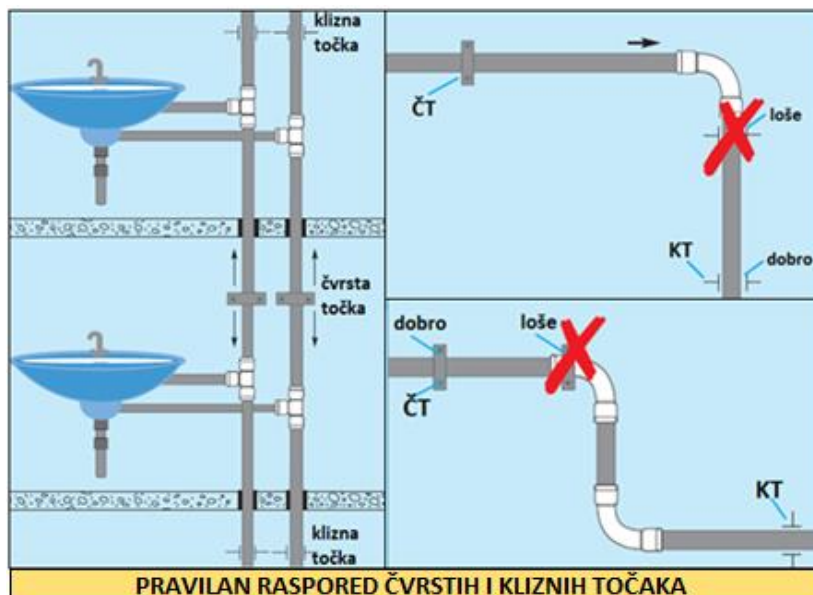
Zagrijavanjem i hlađenjem okoline te tekućine koja protječe kroz cijevi, dolazi do njihovog toplinskog rastezanja. U slučaju nepravilnog pričvršćivanja, na instalaciji se mogu pojaviti različiti oblici naprezanja i deformacije cijevi (*slika*).



Instalacije se, stoga, pričvršćuju u pravilnom rasporedu **čvrstih (ČT)** i **kliznih (KT)** točaka.



Klizne točke omogućuju uzdužno pomicanje cijevi. U pravilu se na jednom odsječku cjevovoda postavlja samo jedna čvrsta točka, a ostale klizne. (*donja lijeva slika*)



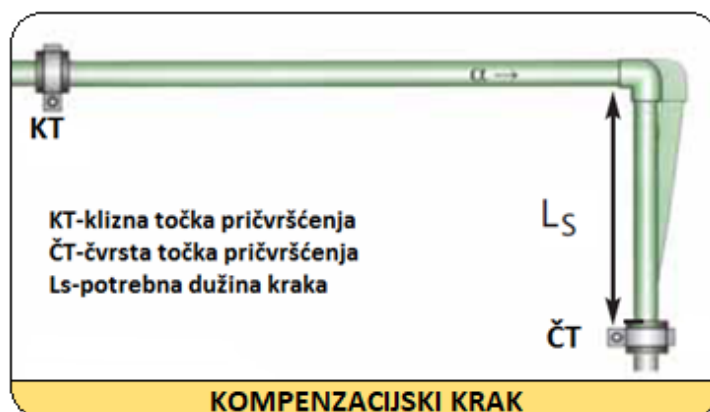
Pričvršćivanje cijevi ne smije se izvoditi u blizini promjene smjera cijevi i na samoj spojnici (slika gore desno)

Između dvije čvrste točke treba predvidjeti način preuzimanja toplinskog istezanja. Za preuzimanje toplinskih rastezanja cjevovoda koriste se:

- **kompenzacijski krakovi,**
- **dilatacijske lire (U i Z oblika),**
- **kompenzatori,**

Kompenzacijski krak

To je način preuzimanja rastezanja na mjestu gdje cjevovod mijenja smjer. Duljina kraka L_s proračunava se ili uzima iz dijagrama proizvođača



Dilatacijska lira

Koristi se kada nije moguće kompenzaciju izvesti kompenzacijskim krakom, npr. na duljim ravnim dijelovima cjevovoda. Izvode se Z i U lire.



Kompenzatori

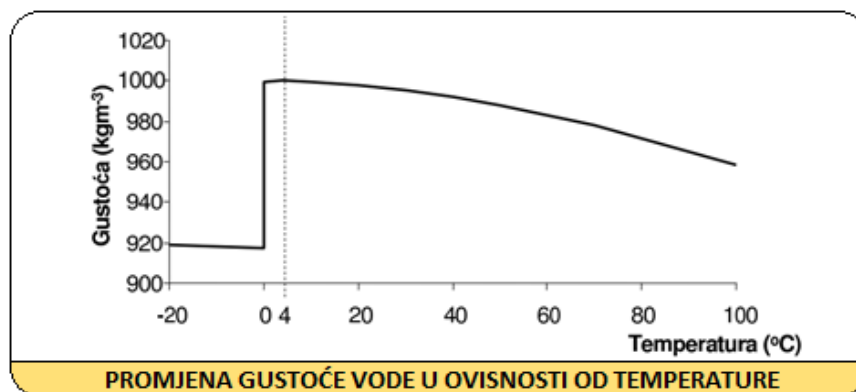
To su posebni elementi, koji se ugrađuju na cijevi između dvije čvrste točke, koji imaju mogućnost uzdužnog produljivanja.



KOMPENZATORI

3. Toplinsko istežanje vode

Za razliku od većine materijala koji se zagrijavanjem i hlađenjem jednakomjerno rastežu i skupljaju, voda se ponaša potpuno drugačije. Voda ima najveću gustoću, te adekvatno tome najmanji specifični volumen kod 4°C.



Zagrijavanjem ili hlađenjem njezina gustoća pada, a specifični volumen raste i to nelinearno, što se može vidjeti iz tablice:

Temperatura (°C)	Gustoća (kg/dm³)	Spec. volumen (dm³/kg)
-50	0,89	1,1240
0 (led)	0,9167	1,0906
0	0,9998	1,0002
4	1,0000	1,0000
10	0,9996	1,0004
20	0,9982	1,0018
30	0,9956	1,0044
40	0,9922	1,0079
50	0,988	1,0121
60	0,9832	1,0171
70	0,9777	1,0228
80	0,9718	1,0290
90	0,9653	1,0359
100	0,9583	1,0435
100 (para)	0,0006	1673

Ova čudna pojava kod vode naziva se **anomalija vode**.

Posljedica ove pojave su mnogostruke:

- led pliva na vodi jer ima manju gustoću od vode,
- smrzavanje vode može dovesti do pucanja spremnika i cijevi jer led zauzima veći volumen od vode,
- topla voda ima manju gustoću pa se diže prema gore što nazivamo **prirodna cirkulacija**,
- u zatvorenim posudama prilikom zagrijavanja dolazi do povećanja tlaka jer topla voda (a naročito para) zauzima veći prostor.

4. Toplinsko istezanje plinova

Guy-Lussac-ov zakon

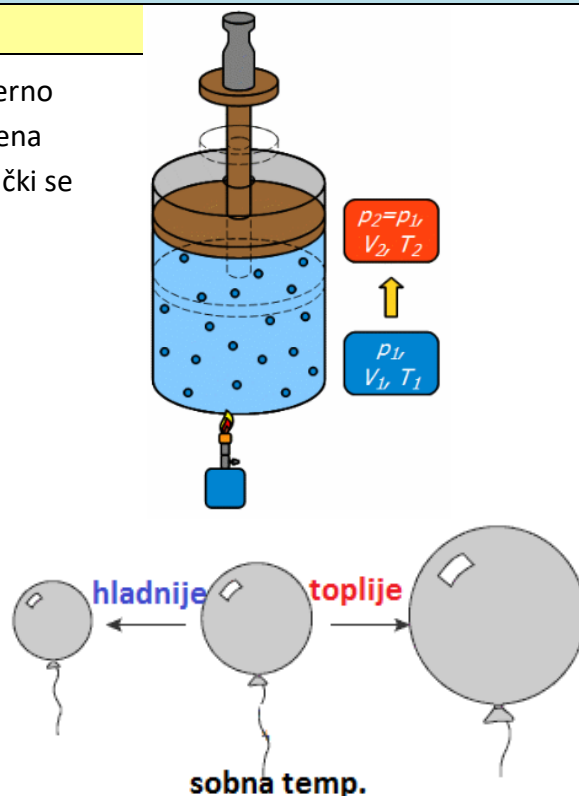
Svi plinovi ako ih zagrijemo za 1K (1°C) ravnomjerno se prošire (povećaju svoj volumen) za 1/273 njihovog volumena kod 0°C (uz uvjet da se pri tome ne promjeni tlak). Matematički se može napisati kao:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \frac{V}{T} = \text{konstant}$$

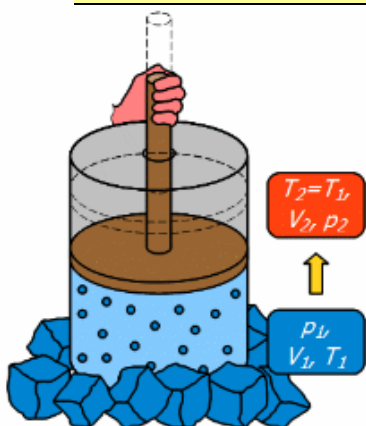
odnosno: **pri konstantnom tlaku se volumen plina mijenja linearno s temperaturom.**

Drugim riječima: za koliko puta se poveća temperatura za toliko puta se poveća volumen.

Promjena stanja pri konstantnom tlaku naziva se **izobara**.



Boyle-Mariottov zakon



$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad p \cdot V = \text{konstant}$$

Promjena volumena plina odvija se obrnuto razmjerno promjeni tlaka. (uz konstantnu temperaturu)

Drugim riječima; -za koliko se puta poveća tlak plina, za toliko se puta smanji njegov volumen.

Opći plinski zakon

Boyle-Mariottov zakon i Guy-Lussacov zakon mogu se sažeti u jedan zakon koji se naziva opći plinski zakon. **On opisuje međusobnu ovisnost tlaka, volumena i temperature.**

$$\frac{p_{\text{aps1}}}{T_1} \cdot V_1 = \frac{p_{\text{aps2}}}{T_2} \cdot V_2$$

$p_{\text{aps1}}, p_{\text{aps2}}$ –apsolutni tlak plina u stanju 1 i 2

V_1, V_2 –volumen plina u stanju 1 i 2,

T_1, T_2 –apsolutne temperature plina u stanju 1 i 2.

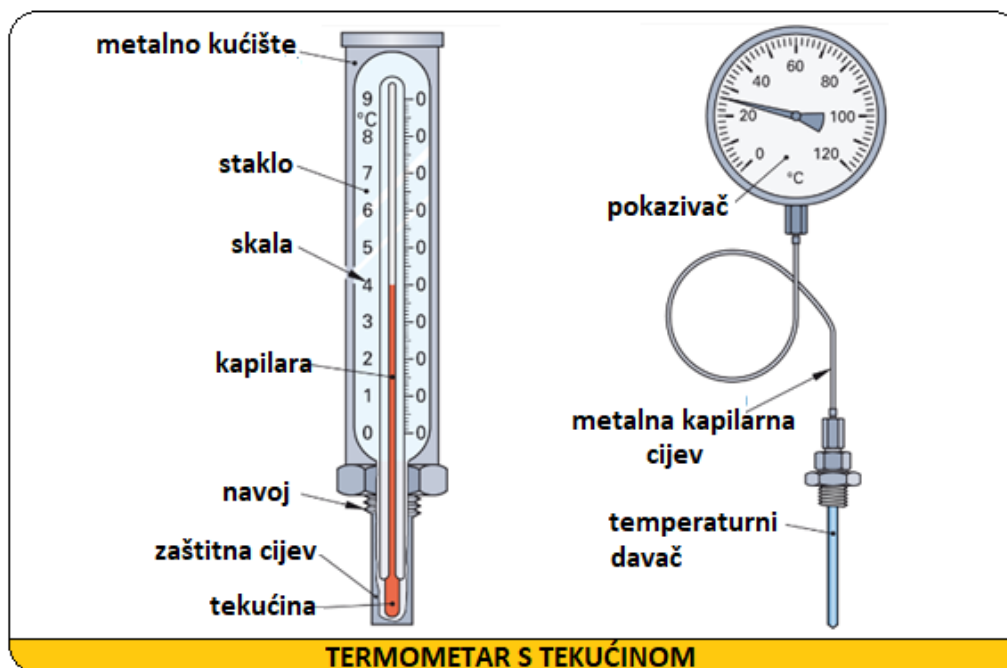
5. Mjerenje temperature

Temperatura se mjeri termometrima. Prema principima na kojima se zasniva njihov rad, razlikujemo:

1. Termometri s tekućinom

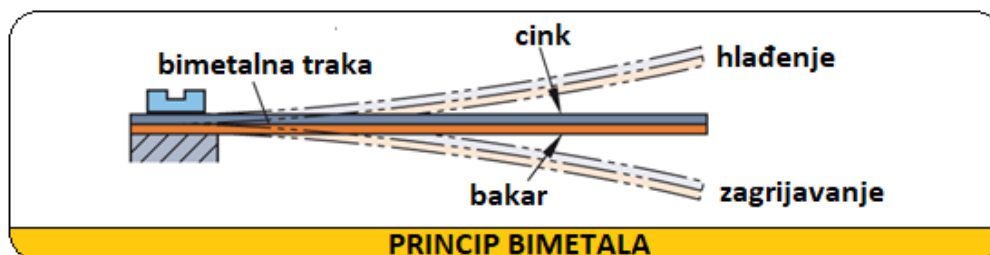
Koriste svojstvo tekućine da se prilikom zagrijavanja rasteže. Kao tekućine koriste se živa (-35°C do $+600^{\circ}\text{C}$) ili alkohol (-70°C do $+70^{\circ}\text{C}$).

Za mjerenje većih temperatura (**do 800°C**) koristi se tekućinski termometar sa cijevnom oprugom (*slika desno*). Sastoji se od temperaturnog davača koji je povezan s metalnom kapilarnom i cijevnom oprugom unutar koji je zatvorena tekućina. Zagrijavanjem tekućine, koja se nema kamo širiti, raste tlak koji rasteže spiralnu oprugu koja je povezana s kazaljkom na skali.



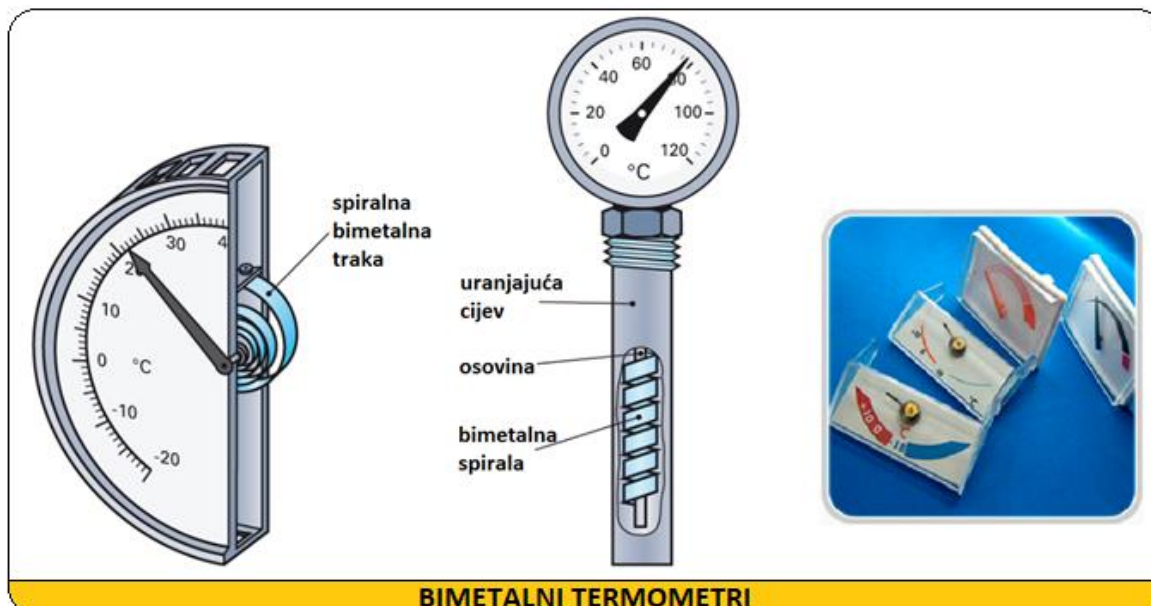
2. Bimetalni termometri

Bimetal se sastoji od dva metala koja su međusobno čvrsto spojena valjanjem, a imaju različite koeficijente toplinskog istezanja. Pri zagrijavanju se metal s većim koeficijentom toplinskog istezanja isteže jače od drugog, zbog čega dolazi do savijanja bimetala.



(cink: $-0,03 \text{ mm}/(\text{m K})$ bakar: $-0,017 \text{ mm}/(\text{m K})$)

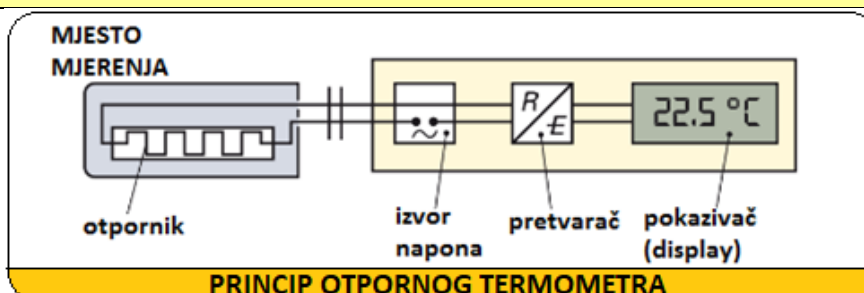
Kod stvarne izvedbe bimetalna traka je u obliku spirale. Spirala se nalazi u zaštitnoj cijevi. Ovim termometrima mjere se temperature **do 300°C** .

**BIMETALNI TERMOMETRI**

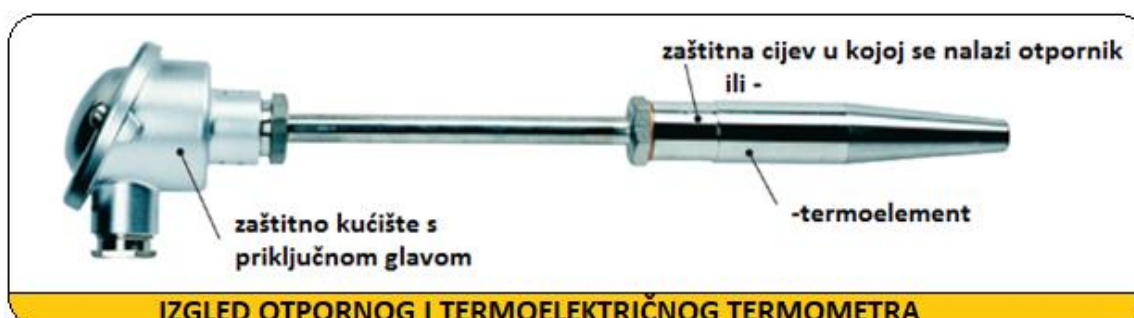
Princip bimetala koristi se u mnogim uređajima (bojleri, termostati, grijalice, pegla i sl.) kao automatski prekidač. Princip djelovanja prikazan je na slici desno.

**BIMETAL KAO AUTOMATSKI TERMIČKI PREKIDAČ**

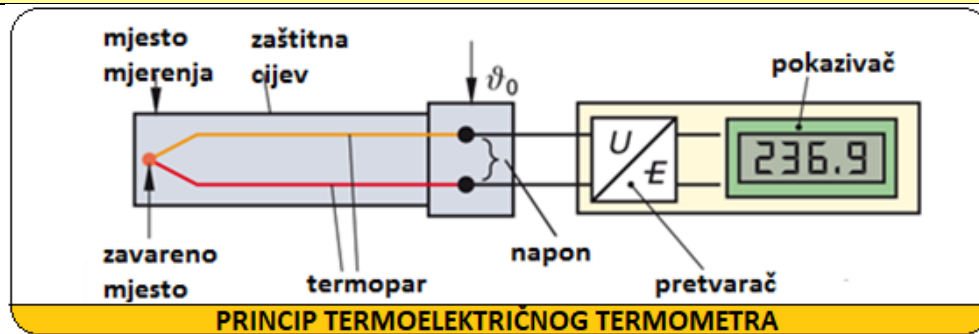
3. Otporni termometri

**PRINCIP OTPORNOG TERMOMETRA**

Kod ovih termometara koristi se svojstvo metala (nikal, platina ili NiCr legura) da promjenom temperature mijenja električni otpor. (*Razlikujemo PTC i NTC otpornike. Kod PTC otpornika s porastom temperature otpor raste, a kod NTC otpornika s porastom temperature otpor pada*). Mogu se mjeriti temperature od -200°C do $+850^{\circ}\text{C}$. Prednost im je što se temperatura može mjeriti i na većim udaljenostima. Za funkcioniranje treba izvor napona.

**IZGLED OTPORNOG I TERMoeLEKTRIČNOG TERMOMETRA**

4. Termoelektrični termometri



Spoje li se krajevi dviju metalnih žica (npr. bakar i kromnikal (konstantan)), npr. lemljenjem ili zavarivanjem, a drugi kraj žica je slobodan, dobije se tzv. **termopar**. Zagrijava li se mjesto spoja, na drugom, hladnom kraju pojaviti će se napon koji je proporcionalan razlici temperatura toplog i hladnog kraja.

Ovim termometrima mogu se mjeriti temperature od -200 do $+2000^{\circ}\text{C}$.

6. Toplina

Sve tvari koje imaju temperaturu višu od 0 K (-273°C) sadrže toplinu.

Toplina je jedan od oblika energije. Energija je, općenito, sposobnost da se obavi neki rad, odnosno, to je umnožak sile i puta:

$$E = F \cdot s$$

E – energija [J] F – sila [N], s – put [m]

Energija se ne može proizvesti iz ničega niti pretvoriti u ništa, ali se može preobraziti, tj. promijeniti iz jednog oblika u drugi. Tako se npr. toplina (toplinska energija) može dobiti iz mehaničke energije (trenjem), iz kemijske energije (izgaranjem), ili iz električne energije.

Jedinice za energiju (toplinu)

Energija E , toplina Q i rad W (A) su istovrsne veličine, pa prema tome imaju istu mjernu jedinicu, a to je **Joule** (džul) (J).

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$$

U praksi se koriste još i
Stara jedinica

kJ, MJ, Wh, kWh.
1 cal = 4,1868 J

Mjerenje potrošene topline u zgradama i pojedinačnim stanovima

Na temelju količine vode koja proteče kroz uređaj i razlike u temperaturi polazne i povratne vode proračunava i pokazuje količinu potrošene topline u kWh. Moguće je i daljinsko očitavanje.



UREĐAJ ZA MJERENJE POTROŠENE KOLIČINE TOPLINE

7. Specifični toplinski kapacitet

Da bi se podigla temperatura neke tvari mora joj se dovoditi energija tj. toplina. Pri snižavanju temperature, tvari odaju toplinu.

Da bi se nekoj tvari (tijelu, tekućini, plinu) mase 1 kg podigla temperatura za 1K (1°C) mora se dovesti točno određena količina topline, koju nazivamo **specifični toplinski kapacitet (c)**. Mjeri se u **kJ/(kg K)** odnosno **Wh/(kg K)**.

Stlačive tvari – plinovi - imaju dvije vrste toplinskih kapaciteta:

c_v – pri konstantnom volumenu,
 c_p – pri konstantnom tlaku.

Specifični toplinski kapacitet nekih tvari u [kJ/kg K]	
▪ voda	4,182
▪ led	2,09

▪ živa	0,134
▪ aluminij	0,896
▪ bakar	0,383
▪ željezo	0,452
▪ drvo	2,5
▪ porculan	0,84
▪ olovo	0,13

Količina topline koja je potrebna da bi se bilo kojoj masi tvari podigne temperatura za neki iznos može se izračunati iz izraza:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad [\text{kJ}]$$

m – masa tvari [kg]

c – spec. topl. kapacitet [kJ/kg K]

Δt – razlika temperature [°C]

8. Snaga ili učin i izmjena toplina

Snaga se, općenito, definira kao izvršeni rad u jedinici vremena. Kad se radi o toplini, češće se koristi izraz “**učin**”, koji se definira kao izmijenjena količina topline u jedinici vremena. Izraz za snagu tj. učin glasi:

$$P = \frac{Q}{t} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} \right] \text{ ili } [\text{W}]$$

Q – količina topline [J],

t – vrijeme [s]

9. Prijenos topline

2. zakon termodinamike – *toplina uvijek putuje s mjesta s višom temperaturom na mjesto s nižom temperaturom.*

Toplina se izmjenjuje (širi) trima osnovnim načinima:

1. provođenjem (kondukcijom)

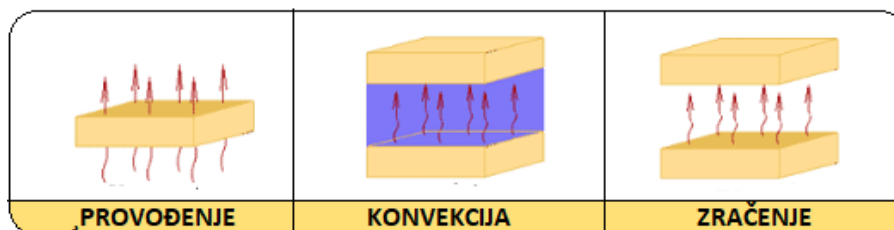
-kroz krutine, (kapljevine i plinove),

2. konvekcijom (komešanjem)

-putem kapljeviti i plinoviti čestica,

3. zračenjem (radijacijom)

-koja se odvija bez materijalnog posredstva.



1. Provođenje:

Kod ovog načina toplina se prenosi zbog gibanja molekula uslijed zagrijanosti. Prosječna brzina molekula je veća što je viša temperatura, pa se brže molekule toplijeg dijela tijela, prilikom sudara sa sporijim molekulama, usporavaju, dok se pri tome hladnije molekule hladnijeg dijela tijela ubrzavaju.

Posljedica takve izmjene impulsa je da se prosječne brzine molekula a time i temperature nastoje izjednačiti.

Na ovaj način toplina se najbolje provodi kroz kruta tijela, međutim različito kod različitih materijala, pa govorimo o boljim i lošijim vodičima topline. Dobri vodiči topline su metali a loši npr. drvo, pluto i slično, jer su šupljikavi, dakle ispunjeni zrakom koji loše provodi toplinu.

Svojstvo provođenja topline nekog materijala definira se veličinom koja se naziva **koeficijent toplinske vodljivosti (provodnosti) materijala**.

Označavamo ga slovom ' λ ' a jedinica je $W/(m K)$.

Neke vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti dane su u tablici:

Koeficijent toplinske vodljivosti „ λ “ [$W/(m K)$]	
▪ bakar	386
▪ aluminij	204
▪ mesing	111
▪ čelik	64
▪ beton	1,4
▪ voda	0,611
▪ drvo (bor)	0,1
▪ Staklena vuna	0,038
▪ Stiropor	0,028
▪ Zrak	0,027

Koeficijent prolaska topline (oznaka: U) (po starom „ k “)

To je je količina topline koju građevni element određene debljine gubi u 1 sekundi po m^2 površine, kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m^2K .

$$U = \lambda \cdot d$$

Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije zgrade i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka (kWh/m^2), a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja

Obrnuto proporcionalna veličina $1/U$ je otpor prolasku topline „ R “

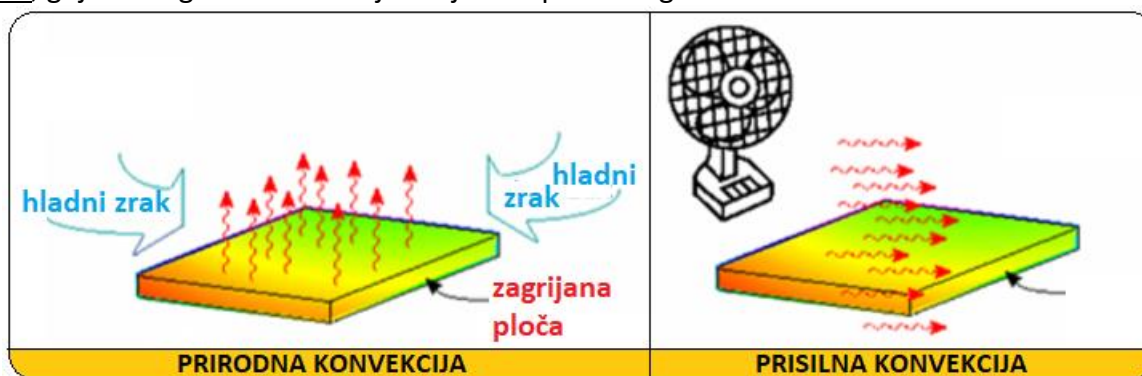
2. Konvekcija

Na ovaj se način toplina prenosi u tekućinama, parama i plinovima. U čvrstim tijelima nema konvekcije jer molekule ne mogu napustiti svoje mjesto. U vakuumu također nema konvekcije jer nema “transportnih” čestica.



Zagrijane čestice toplije tvari putuju s jednog mjesta na drugo i nose toplinu, te miješajući se s hladnijim česticama predaju im dio topline. Na ovaj se način npr. zagrijava zrak u prostorijama, voda u kotlovima. Kreću li se čestice plina, pare ili tekućine uz površine stjenke, predaju im toplinu.

Konvektivna izmjena topline vezana je izravno na pojave strujanje. Strujanje može biti **prirodno** - zbog različite gustoće koja je posljedica različitih temperatura, ili **umjetno** - pomoću crpke ili ventilatora, gdje se događa intenzivnija izmjena topline zbog više lokalnih kontakata čestica.



Prirodna cirkulacija nastaje jer se zagrijana tekućina (npr. voda) širi, dakle gustoća joj pada, time i tlak uslijed težine, pa nastaje mala razlika tlaka koja uzrokuje cirkulaciju.

$$\Delta p = g h (\rho_v - \rho_r) \quad \text{-razlika tlaka zbog različite gustoće.}$$

Primjer ovakve izmjene topline je voda u sustavima grijanja.

3. Zračenje

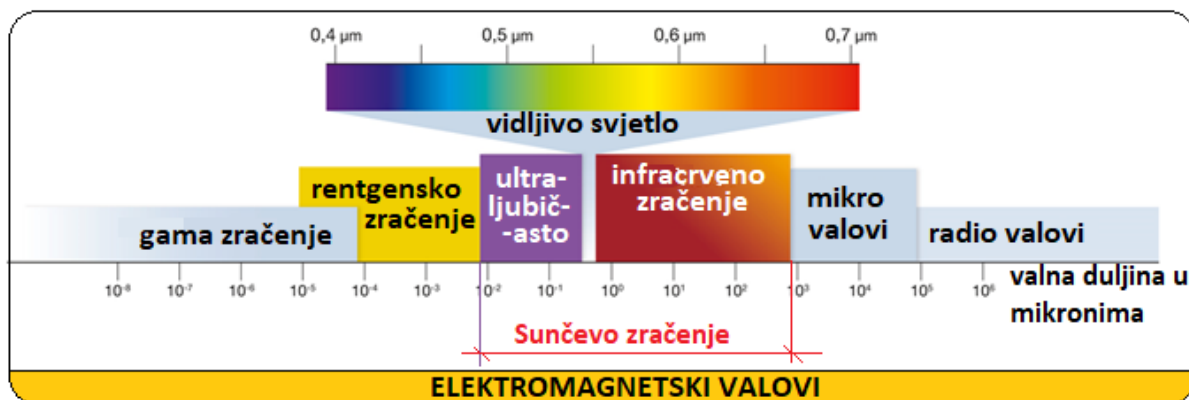
To je izmjena topline koja se može odvijati bez materijalnog posrednika (tvari, tekućine ili plina), dakle i kroz vakuum. Ona se odvija putem toplinskih zraka odnosno elektromagnetskih valova koje nazivamo **infracrveno zračenje (IR)** (valna duljina im je nešto veća od crvenog svjetla).

Naime, svako tijelo određene temperature zrači toplinu koja se u formi elektromagnetskih valova širi do drugog tijela.

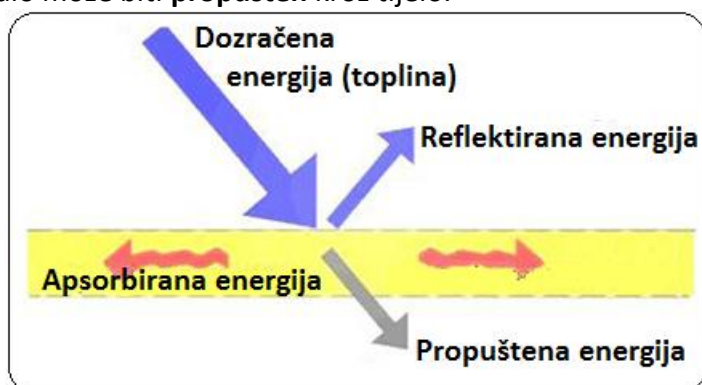
Na ovaj način toplina Sunca dolazi do Zemlje.

Sunce, osim infracrvenih valova, zrači i vidljivo svjetlo i UV zrake.





Dio energije zračenja koje padne na neko tijelo se **reflektira** i putuje dalje, dio se **apsorbira** (upija) i zagrijava tijelo, a dio može biti **propušten** kroz tijelo.



Koliko će se topline apsorbirati ovisi o tome da li je površina tijela svjetlija ili tamnija. Tamnija tijela apsorbiraju više topline.

primjer 1 -na primjeru prijenosa topline kod sustava centralnog grijanja imamo sva tri načina izmjene topline:

- voda u cijevima i radijatorima prenosi toplinu konvekcijom,
- prolaz topline kroz metalnu stjenku radijatora odvija se provođenjem,
- od radijatora na zrak toplina se prenosi i konvekcijom i zračenjem.

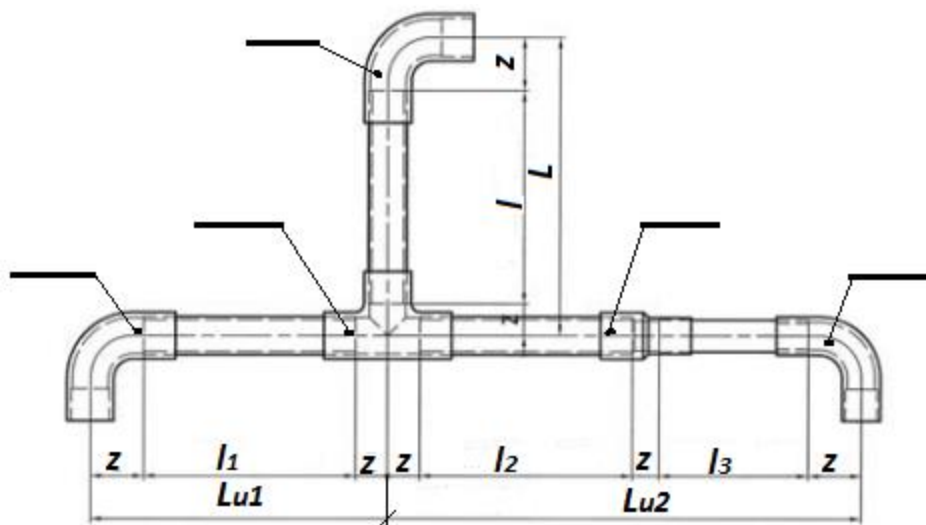
primjer 2-različiti načini prijenosa topline na primjeru otvorene vatre



VJEŽBA:

Izračunaj duljine (l , l_1 , l_2 , l_3) na koje treba izrezati cijevi da bi se dobile potrebne konačne mjere. Duljinu $l_2 + l_3$ rasporedi u omjeru 2/3 : 1/3.

Dimenzije cijevi i spojnice izaberi po želji i upiši na crtež.



L	l	$Lu1$	l_1	$Lu2$	l_2	l_3

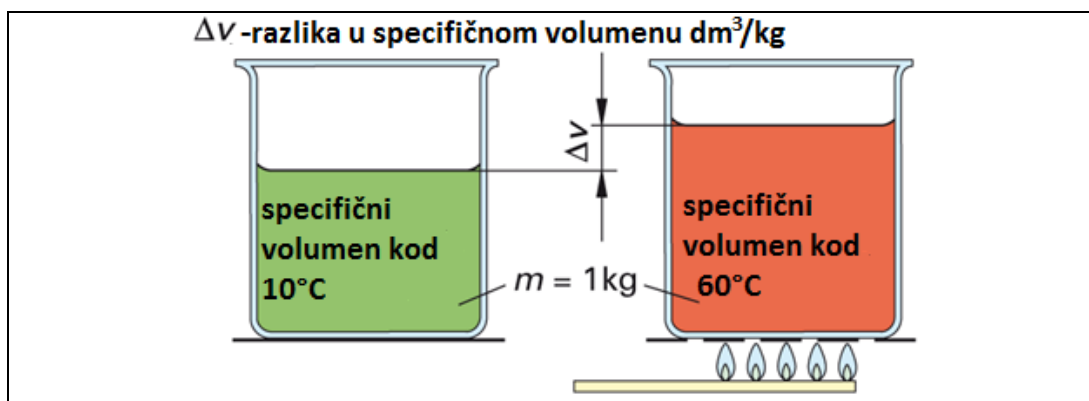
Podaci uzeti iz: <http://www.conexbanninger.com/uploads/8292e2c281948e8c33988eebaea9e12705964ed2.pdf>

D_N	a	Z	Koljeno 90°
6	15	9	
8	17	10	
10	20	12	
12	23	14	
14	28	17	
15	29	18	
16	27	16	
18	32	19	
22	40	24	
28	52	34	

D_N	a	b	Z	Z_b	T-spojnica
6	11	11	5	5	
8	12	12	5	5	
10	15	15	7	7	
12	16	16	7	7	
14	19	19	8	8	
15	19	19	8	8	
16	20	20	9	9	
18	23	23	10	10	
22	28	28	12	12	
28	34	34	15	15	
D_N	a	Z	Redukcija		
8x6	18	5			

10x6	20	6
10x8	20	5
12x8	22	6
12x10	22	5
14x10	25	6
14x12	24	4
15x8	26	8
15x10	26	7
15x12	26	6
15x14	25	3
16x10	27	8
16x12	27	7
16x14	27	5
16x15	27	5

Zadatak: -za koliko će se povećati volumen vode u spremniku koji sadrži 200 kg vode, ako se ona zagrije s 10 na 60°C?



Iz tablice očitamo:

$-v_{60^{\circ}\text{C}} = 1,0171 \text{ dm}^3/\text{kg}$, $-v_{10^{\circ}\text{C}} = 1,0004 \text{ dm}^3/\text{kg}$.

Razlika spec. volumena je dakle:

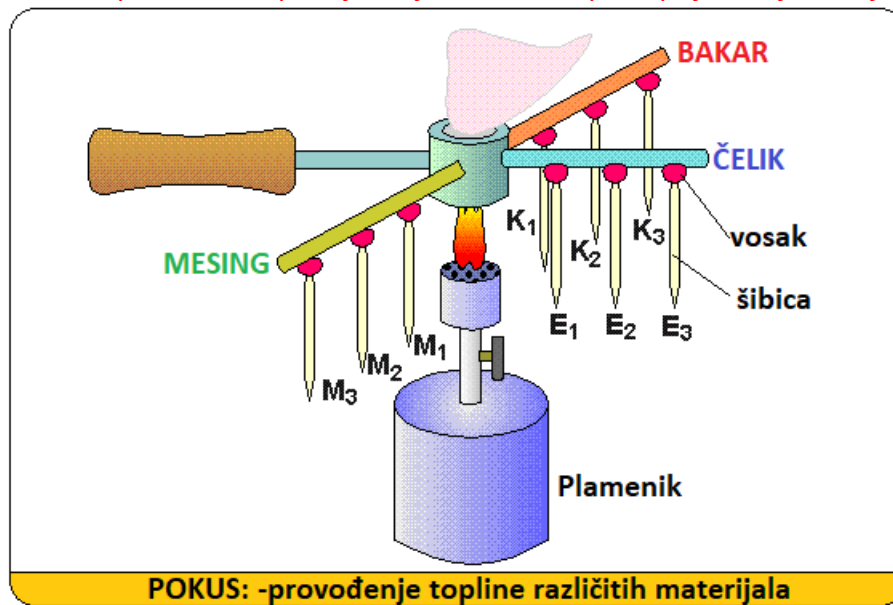
$\Delta v = 1,0171 - 1,0004 = 0,0167 \text{ dm}^3/\text{kg}$.

Na ukupnu masu od 200 kg to iznosi:

$V = 200 \cdot 0,0167 = 3,34 \text{ kg}$ odnosno približno 3,34 litara.

Pokus: (provođenje topline)

Na tri metalne šipke različitih materijala, (od čelika i bakra i mesinga), pričvrsti se pomoću voska od svijeće niz šibica na jednakim udaljenostima. Krajevi šipki ravnomjerno se zagrijevaju. Zbog širenja topline vosak se otapa i šibice otpadaju. Koje šibice će otpasti prije a koje zadnje? Zbog čega?



PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. Što je temperatura?
2. Pretvori ____ °C u Kelvine. Pretvori ____ K u °C.
3. Što je "apsolutna nula"?
4. Što je *koeficijent linearnog toplinskog istezanja α* (objasni na primjeru)?
5. Navedi veličinu linearnog toplinskog istezanja za: a) bakar, b) aluminij, c) čelik
6. Izračunaj produljenje šipke od _____ (izaberi materijal), duljine _____, ako se zagrije od 20°C na _____ °C.
7. Što je anomalija vode? Zašto led pliva na vodi? Što je prirodna cirkulacija?
8. Što je uzrok pucanja vodovodnih cijevi na temperaturama ispod 0°C?
9. Objasni Guy-Lusac-ov zakon. (*zavisnost volumena i temperature plina pri konstantnom tlaku*).
10. Objasni Boyle-Mariottov zakon. (*zavisnost volumena i tlaka plina pri konstantnoj temperaturi*)
11. Koje tri veličine opisuju stanje plina? Koji je to zakon?
12. Nabroji vrste termometara i objasni način rada jednog od njih.
13. Što je energija (*definicija*), navedi izraz i jedinice za energiju.
14. Što je specifični toplinski kapacitet?
15. Voda ima 4182 J/(kg K). Što to znači?
16. Za koliko će se povećati volumen vode od 150 litara ako je zagrijemo s 20° C na 90°C?
17. Što je snaga (*definicija*), izraz za snagu i jedinice za snagu.
18. Koja su tri načina prijenosa topline? Navedi po jedan primjer za svaki od načina prijenosa topline.
19. Kolika je energija (rad) potrebna da bi se tijelo težine 1000 N podiglo na visinu od 1 metra?
20. U nekom spremniku nalazi se 600 kg vode. Koju količinu energije-topline treba dovesti toj vodi da bi se zagrijala s 10 na 60°C. Izračunaj to u MJ i kWh.

2. VRSTE CENTRALNIH GRIJANJA

Povijest grijanja:

Topla kuća ili stan danas su sami po sebi razumljivi, kao i voda i WC. No u povijesti čovječanstva nije to uvijek bilo tako. Ovo su neki od važnijih koraka koji su doveli do modernog centralnog grijanja:

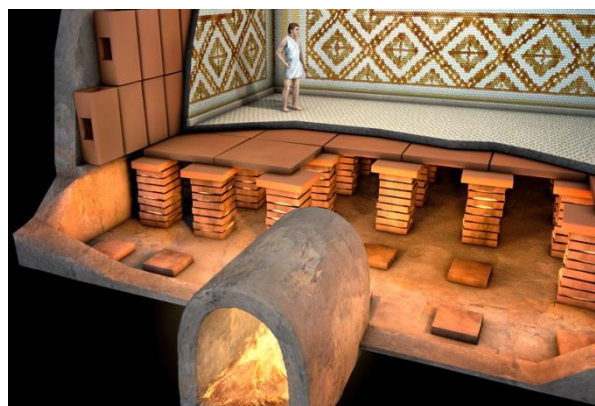
1. Otvorena vatra

Otkad je čovjek otkrio vatru, ona mu je tisućama godina, sve do srednjeg vijeka, služila kao jedini oblik zagrijavanja. Nedostatak otvorene vatre je što toplina nestaje čim prestane gorenje, te što se toplina vrlo brzo rasprši s mjesta na kojem je nastala.



2. Hipokaust

Prije više od 2000 g. Rimljani su razvili grijanje koje se može smatrati pretečom današnjeg grijanja – hipokaust. Primjenjivalo se najviše u javnim kupalištima. Zrak se zagrijavao u jednom centralnom ložištu odakle se vodio u prostore ispod poda prostorije koja se grijala. Potrošnja goriva je bila visoka, ali je razina ugođe bila vrlo velika.



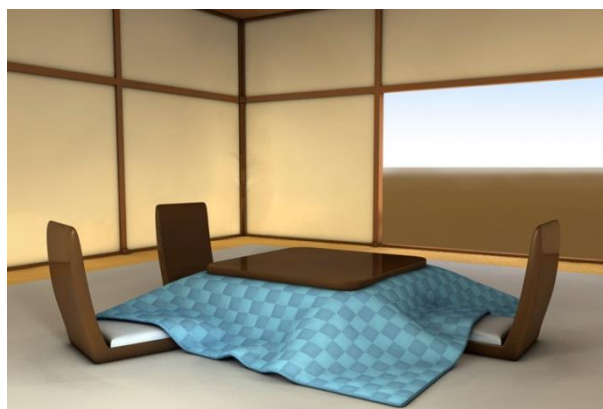
3. Otvoreni kamin

Od 8. stoljeća se otvorena vatra iz sredine prostorije preselila u zidani otvor na zidu s dimnjakom. Osim što se dobilo na sigurnosti i kontroli vatre, efikasnost je bila povećana zbog akumulacije topline u zidovima. No još uvijek je veći dio topline odlazio kroz dimnjak.



4. Kotatsu

Još vrlo rano su ljudi shvatili da kamen koji se postavi uz ložište akumulira toplinu koju predaje još neko vrijeme nakon prestanka loženja. Na tom principu su u Japanu u 14. stoljeću razvili „kotatsu“. Radi s o rupi u zemlji napunjenoj šljunkom i kamenom te vrućim ugljenom, preko kojih je postavljen stol prekriven širokom dekom. I danas se taj oblik grijanja koristi u Japanu, ali s električnim grijačima ispod stola.



5. Lijevana i kalijeva peć

Otkrićem lijevanog željeza u 15. stoljeću, nastala je mogućnost smještaja vatre u zatvoreno ognjište. Takva peć sastojala se od više lijevanih komada, a često je bila obložena kamenim ulošcima, koji imaju bolja svojstva akumuliranja topline od lijevanog željeza.

Još efikasnija u pogledu akumuliranja topline je kalijeva peć koja se pojavila također u 15. stoljeću.



6. Centralno grijanje u 18. stoljeću

1716. godine Šveđanin Marten Trifvald razvio je prvi u svijetu sustav toplovodnog centralnog grijanja, kojim je zagrijavao staklenike u engleskom Newcastleu. Grijanje se sastojalo od ložišta, parnog kotla i cjevovoda u kojem je cirkulirala para pod tlakom. Nakon toga centralno grijanje se postepeno uvodi u bogataške kuće, a krajem 19. stoljeća i u građanske kuće.

7. Uljno i plinsko centralno grijanje

Nakon dugogodišnjeg korištenja ugljena i drva, početkom 20. stoljeća počinju se koristiti prvi kotlovi na ulje i plin. Braća Buderus su 1920. g. proizvela prvi kotao sa prisilnom cirkulacijom za etažna centralna grijanja s toplom vodom. No još je dosta vremena moralo proteći kako bi centralno grijanje postalo standard – oko 1970.



8. Moderna grijanja: -toplinske crpke, kondenzacijska tehnika, podna grijanja, niskoenergetske kuće.



Od 1970, nakon „naftnog šoka“ došlo je do značajnog napretka tehnike i efikasnosti grijanja. Rezultat tog napretka su kondenzacijska tehnika, toplinske crpke i dr. čija je efikasnost, uz korištenje podnog grijanja i niskoenergetske kuće, daleko iznad sustava grijanja od prije 30 do 40 godina.

Odlike modernog centralnog grijanja

Upotreba modernih sustava grijanja, ispravno dimenzioniranje i redovito godišnje održavanje omogućuju štedljivo, tiho, i za okoliš neškodljivo grijanje.

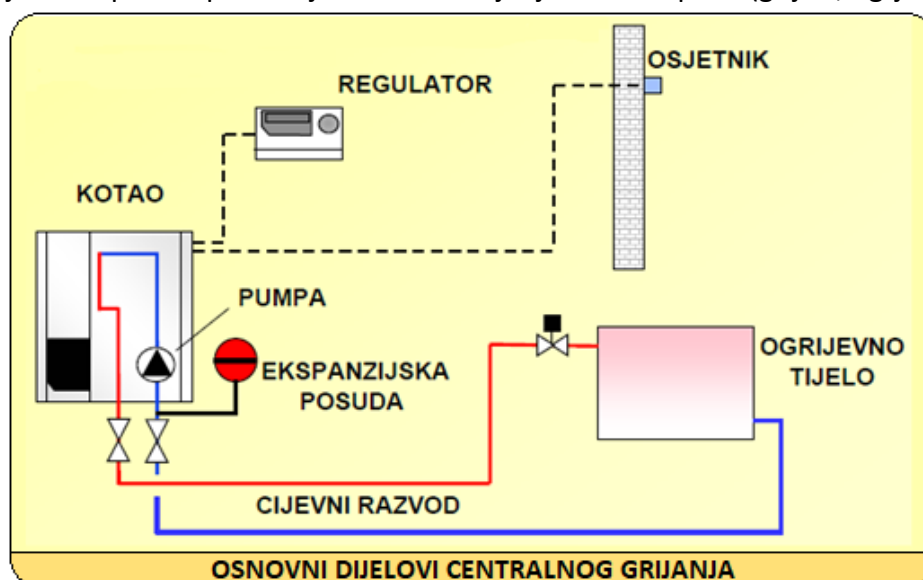
Karakteristike modernih sustava grijanja su:

- Niske temperature polaza i povrata,
- Cirkulacijske crpke s elektronskom regulacijom i niskom potrošnjom el. energije
- Hidraulički izbalansirani sustav s jednolikom raspodjelom topline,
- Dobro podešena regulacija koja grijaćim tijelima osigurava toplinu u pravom trenutku i s najpovoljnijom temperaturom,
- Odlična toplinska izolacija kotlova i cijevne mreže,
- Pravilno podešeni odnosi tlakova (ekspanzijska posuda),
- Pravilno odabrani radijatorski ventili.

1. SUSTAVI TOPLOVODNOG CENTRALNOG GRIJANJA

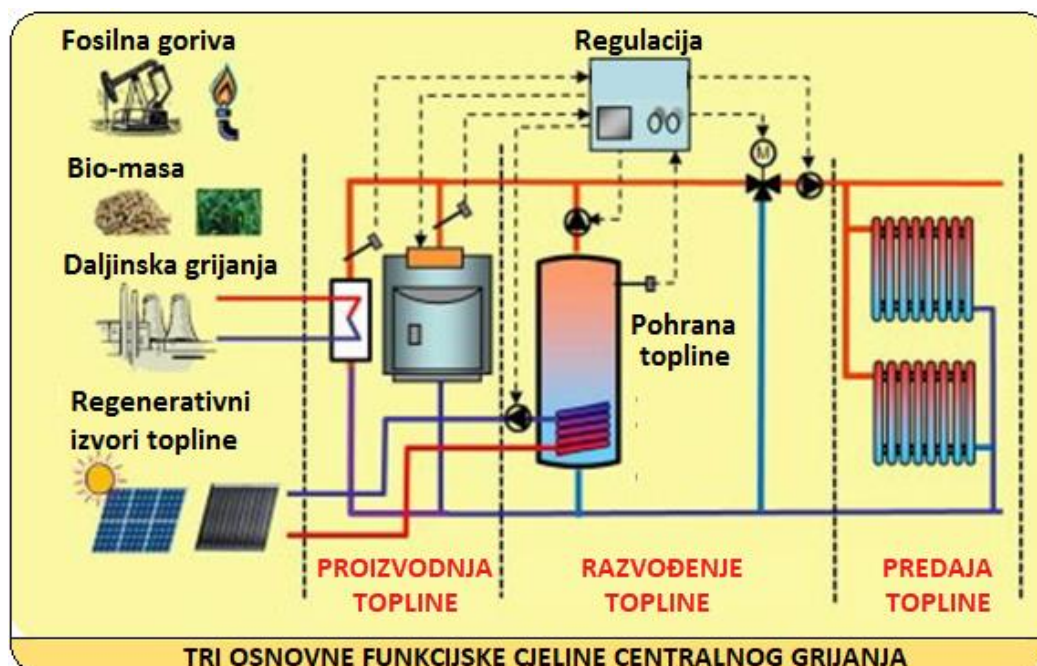
Karakteristike toplovodnog centralnog grijanja:

- za dovođenje topline koristi se voda kao nosilac topline.
- distribucija tople vode po prostorijama izvodi se cijevima.
- prijenos topline u prostoriji izvodi se izmjenjivačima topline (grijači, ogrjevna tijela).



Svako centralno grijanje može se podijeliti na tri osnovne funkcijske cjeline (*sliku ispod*):

1. proizvodnja topline,
2. razvođenje topline,
3. predaja ili korištenje topline.

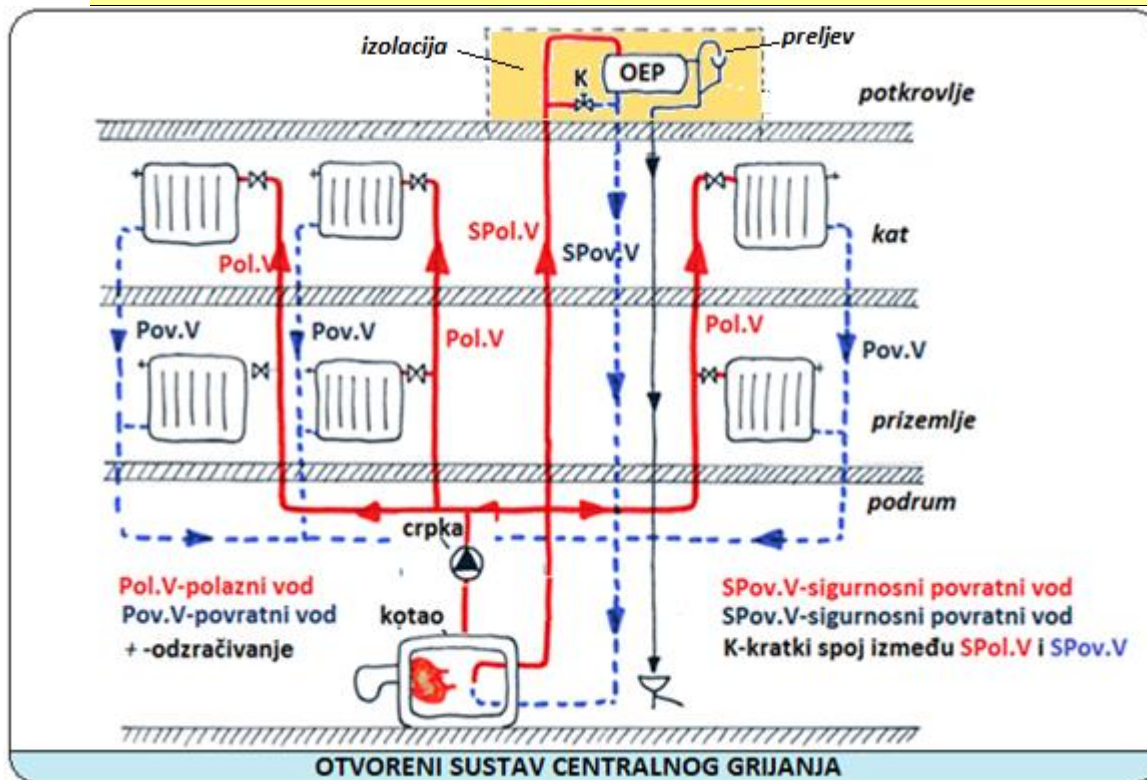


PODJELA CENTRALNIH GRIJANJA	
Podjela prema:	Vrsta centralnog grijanja
-vrsti goriva:	na čvrsta, (drva, ugljen) tekuća (loživa ulja), plinovita goriva (prirodni, naftni plin), na električnu energiju i energiju okoline
-vrsti uređaja koji proizvodi toplinu:	Standardni kotlovi, zidni kotlovi (bojleri), toplinske crpke, solarni uređaji, daljinska grijanja
-vrsti tvari za prijenos topline:	toplovodno, vrelovodno, vrelouljno, parno, zračno
-cirkulaciji:	s prisilnom cirkulacijom (s crpkom), gravitacijsko
-vrsti ekspanzije vode:	otvoreno, zatvoreno
-izvedbi cijevnog razvoda:	jednocijevni, dvocijevni, gornji, donji, etažni
-vrsti ogrjevnog tijela:	radijatorsko, zidno, podno
-načinu zagrijavanja PTV:	decentralno, centralno: -protočno, akumulacijsko

1.2. Podjela prema načinu ekspanzije vode:

Voda se zagrijavanjem širi a hlađenjem skuplja. Instalacija grijanje, stoga, mora imati prostor u koji će se proširiti razlika volumena tople i hladne vode. (*zagrijavanjem vode s 20°C na 90°C volumen vode se poveća za oko 3,4%*). Prema načinu na koji se vodi omogućava širenje prilikom zagrijavanja, sustave grijanja dijelimo na:

➤ otvoreni sustav,



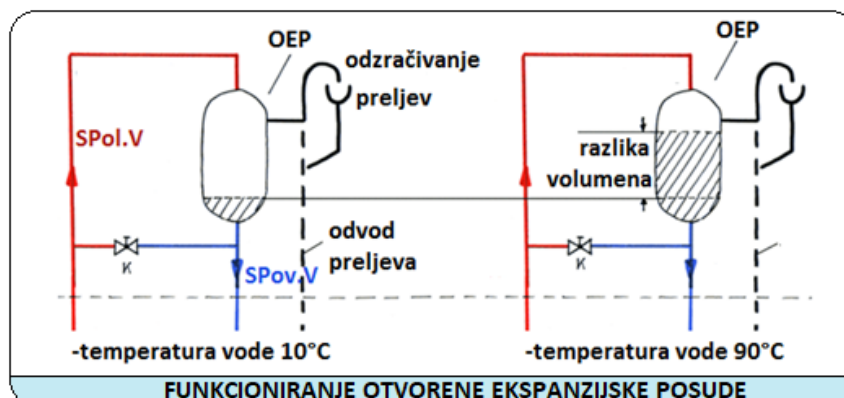
Tlak u otvorenom sustavu je **praktično konstantan**, bez obzira na promjene temperature vode i zavisi isključivo o visini sustava (geodetska visina)

Otvorena ekspanzijska posuda (**OEP**) uvijek se nalazi na najvišem dijelu instalacije (tavan).

S obzirom da je OEP uvijek uvijek otvorena prema atmosferi, to se s vremenom dio vode ispari. Stoga je konstantno **potrebno provjeravati količinu vode** u sustavu.

OEP je povezana sa kotlom sa dva voda –**sigurnosni polazni i sigurnosni povratni vod** - koja ne smiju imati mogućnost zatvaranja (ne smije se ugrađivati nikakav zaporni element). Stoga otvoreni sustav ne treba sigurnosni ventil i ne prijeti nikakva opasnost od prekoračenja tlaka.

Između SPol.V i SPov.V ugrađuje se kratko spojeni cirkulacijski vod s prigušnim ventilom kroz koji stalno cirkulira manja količina tople vode kako bi se onemogućilo smrzavanje vode u ekspanzijskoj posudi.



Otvorni sustav može se izvesti s donjim i gornjim razvodom, kao i s prirodnom i prisilnom cirkulacijom.

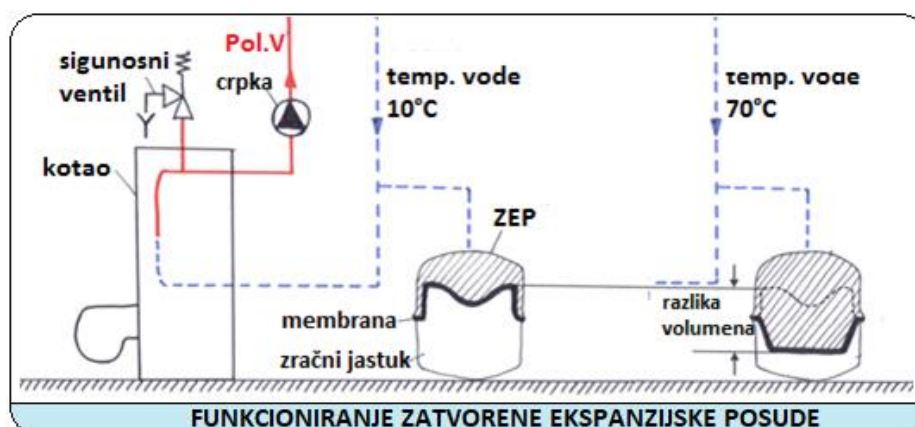
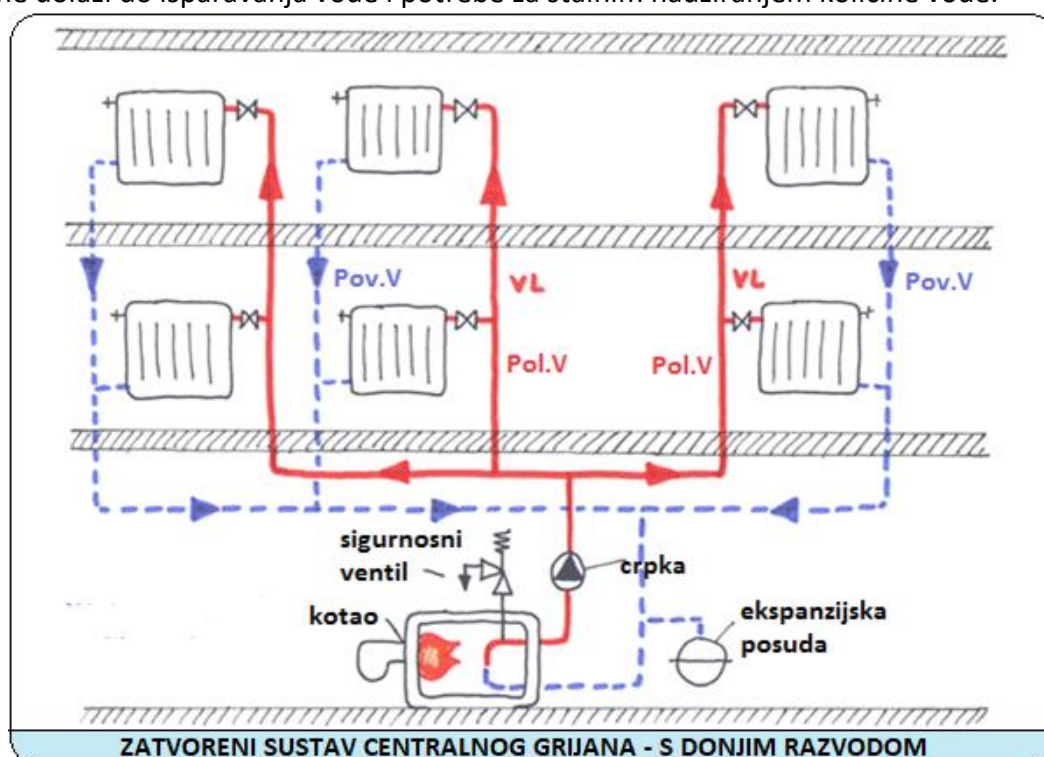
Otvoreni sustav danas se malo primjenjuje zbog velike ekspanzijske posude za koju treba prostor za smještaj, povećana je opasnost od korozije zbog većeg prisustva zraka, a potrebno je i više cijevi zbog sigurnosnog polaznog i povratnog voda. Voda u ekspanzijskoj posudi ne bi smjela cirkulirati kroz sistem radi dovođenja novog kisika i opasnosti od korozije.

➤ **zatvoreni sustav.**

Ulogu kompenzacije toplinskog širenja vode preuzima **zatvorena ekspanzijska posuda**. Zagrijavanjem vode osim do povećanja volumena dolazi i do povećanja tlaka. Oscilacije tlaka nepovoljne su za sustav zbog širenja i skupljanja metalnih dijelova što dovodi do zamora materijala (naročito kod kotlova u zavarenoj izvedbi).

Današnji sustavi centralnog grijanja su isključivo zatvoreni (osim eventualno kod sustava s kotlovima na drva) jer imaju mnoge prednosti u odnosu na otvoreni:

- voda nema kontakt s vanjskim zrakom, pa je manja izloženost koroziji,
- manje je cijevi jer nema sigurnosnog polaznog i povratnog voda,
- ne dolazi do isparavanja vode i potrebe za stalnim nadziranjem količine vode.



1.3. Podjela prema načinu cirkulacije:

➤ **prirodno (gravitacijsko)**

Kod ove izvedbe centralnog grijanja voda cirkulira u sistemu zbog razlike u gustoći hladne i tople vode, te razlike u visini kotla i radijatora. Dakle, ovaj tip grijanja nema cirkulacijske crpke.

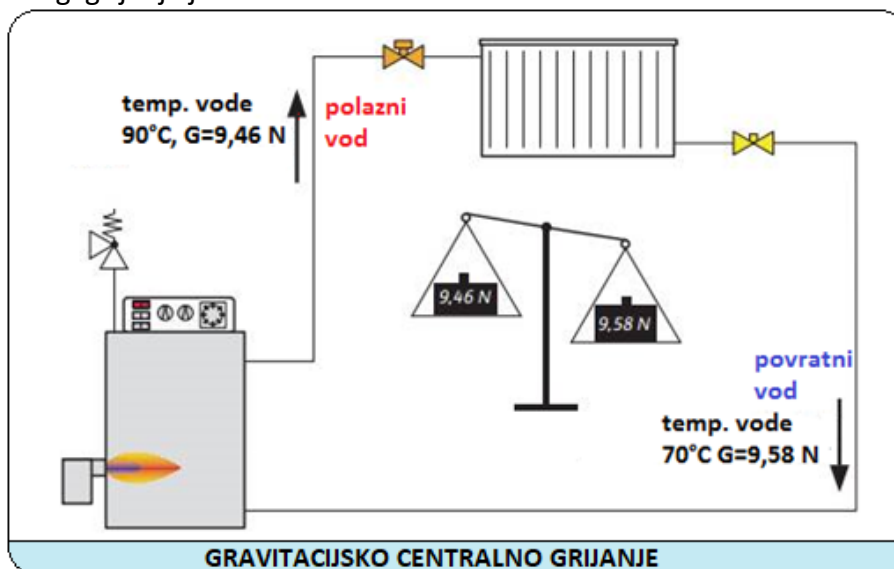
Razlika tlaka zbog različite gustoće tople i hladne vode može se izračunati po formuli:

$$p = g * h * (\rho_2 - \rho_1)$$

Ta razlika tlaka je vrlo mala pa gubici u cijevima moraju biti što manji, stoga **cijevi moraju biti nešto većeg promjera, a time i armature**. Cijevi je poželjno polagati sa što manje skretanja.

Ovaj sustav se danas vrlo malo primjenjuje, eventualno kod kotlova koji se lože krutim gorivima, tako da je sustav **neovisan o električnoj energiji**.

Prednost ovog grijanja je također što **nema nikakvih šumova**.



➤ prisilno (s crpkom).

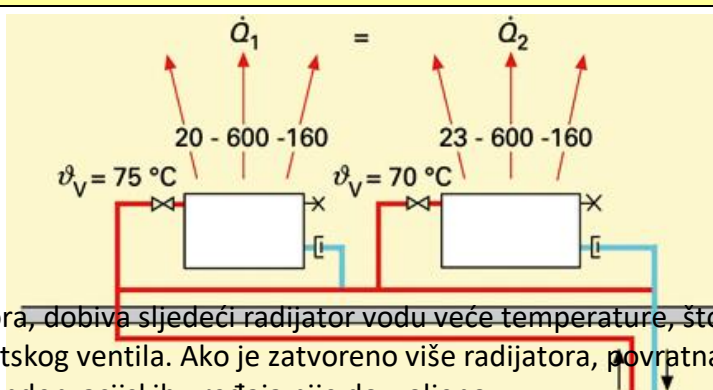
Karakteristike ovog sustava su: veći tlakovi, veće brzine strujanja, brže zagrijavanje, manja inercija. Cijevi su manjeg promjera, gubici topline su manji.

Nedostatak je potrošnja električne energije, šumovi i ovisnost o električnoj energiji.

1.4. Podjela prema načinu razvoda:

➤ jednocjevni sustav,

Kod ovog sustava koristi se jedna cijev koja je istovremeno i polazna i povratna. Voda iz povratnog voda svakog radijatora ulazi u polazni vod i smanjuje temperaturu vode. Stoga svaki sljedeći radijator dobiva vodu niže temperature, odnosno svaki sljedeći radijator mora biti veći da bi dao istu toplinsku snagu.



U slučaju zatvaranja nekog radijatora, dobiva sljedeći radijator vodu veće temperature, što uzrokuje često zatvaranje i otvaranje termostatskog ventila. Ako je zatvoreno više radijatora, povratna temperatura će biti vrlo visoka, što npr. kod kondenzacijskih uređaja nije dozvoljeno.

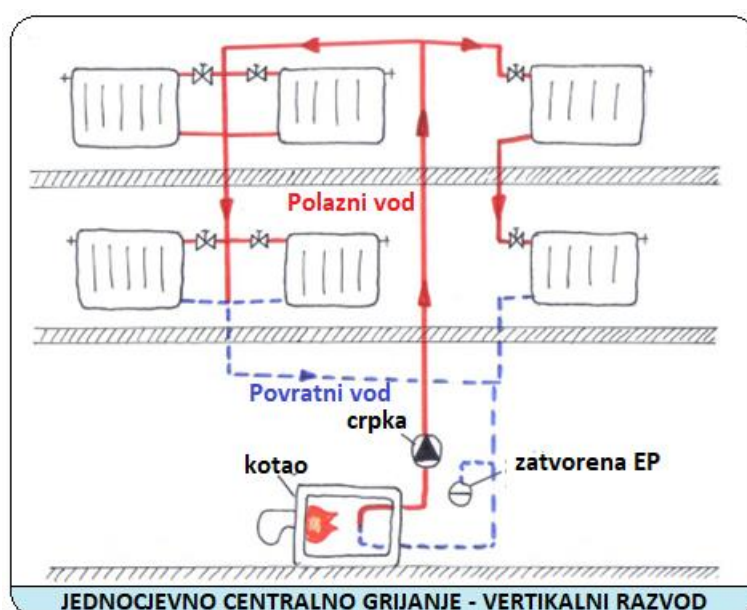
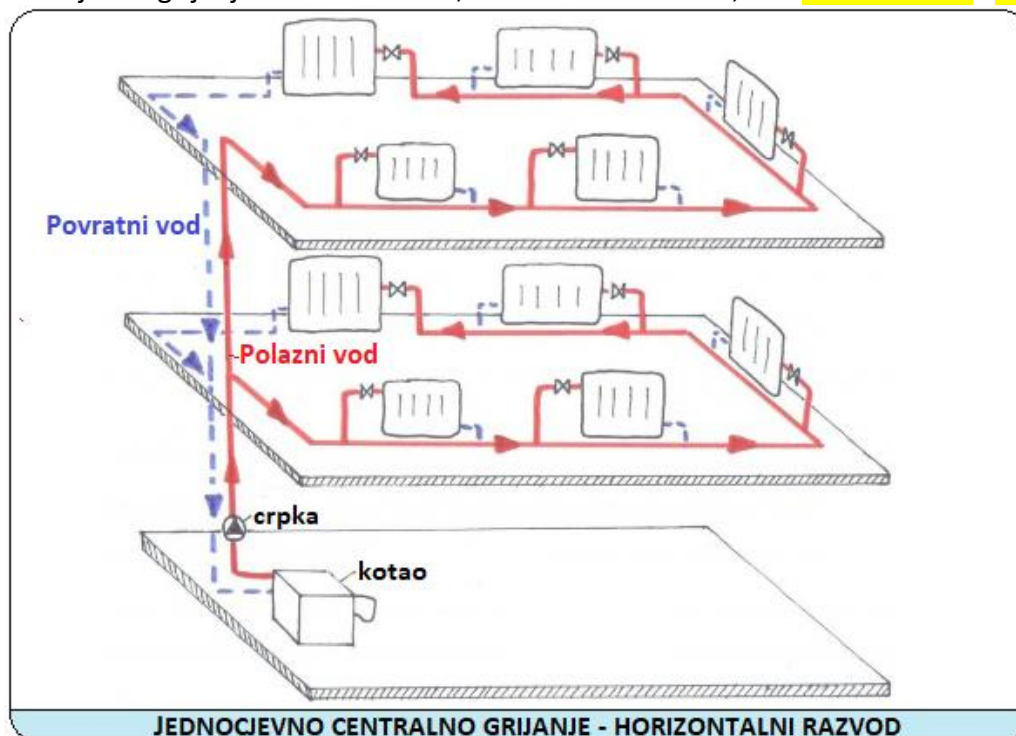
<http://www.bosy-online.de/Einrohrheizung.htm>

Jednocijevno grijanje uglavnom se danas koristi za etažna grijanja, te prilikom renoviranja starijih građevina.

Prednosti	Nedostaci
➤ ušteda na cijevima	➤ veća potrošnja energije
➤ niži troškovi montaže	➤ potrebna je jača crpka
	➤ potrebno pažljivije planiranje i proračun dijelova sustava.

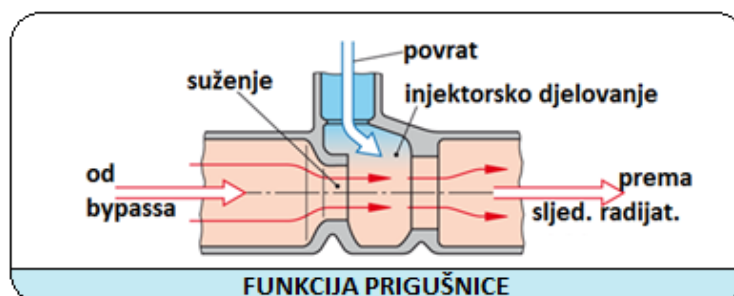
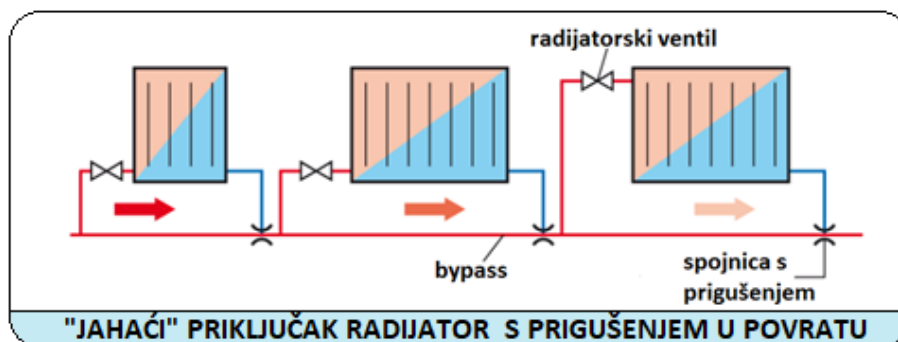
Na ovaj način moguće je spojiti do najviše 7 radijatora ili otprilike 10 kW. Radijatori su spojeni u zatvorenom krugu. Ukoliko je potrebna veća snaga grijanje se dijeli na više zatvorenih krugova.

Jednocijevno grijanje može se izvesti, s obzirom na razvod, kao **horizontalno** i **vertikalno**.

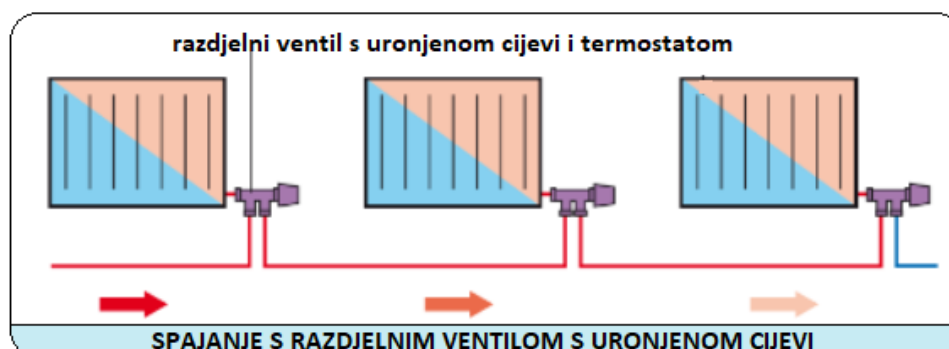
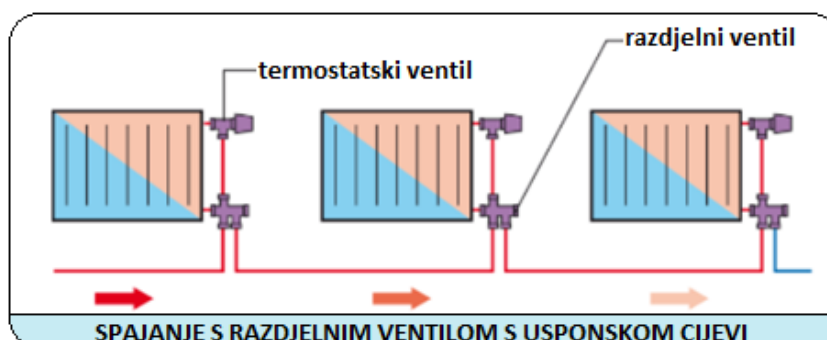


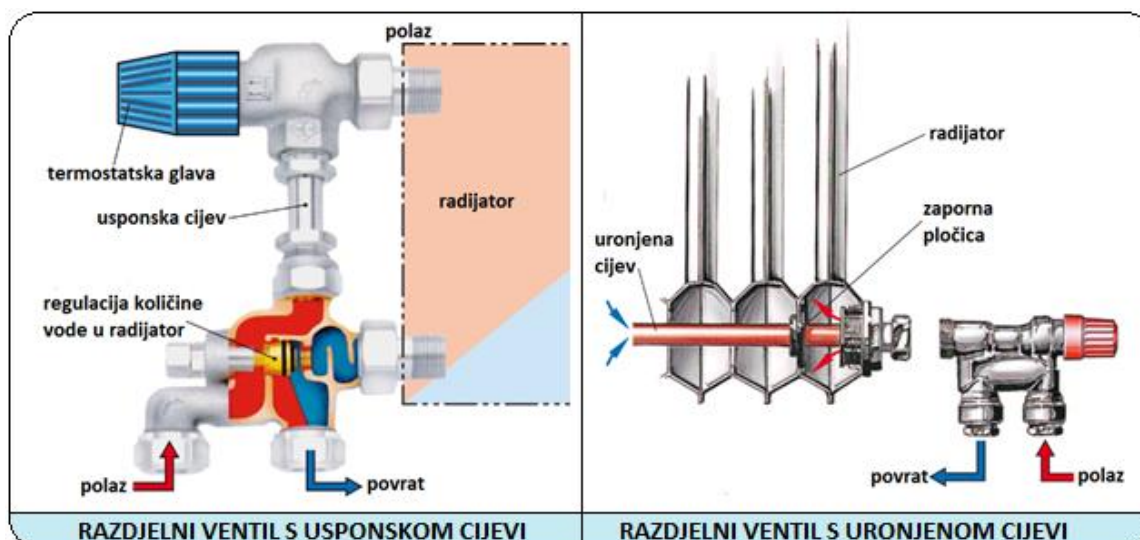
Priključak radijatora može se izvesti tako da sva voda prolazi kroz sve radijatore, što je rjeđi i lošiji način, ili tkzv. „jahači“ priključak (slika), gdje samo dio vode prolazi kroz radijator a ostatak prema sljedećem radijatoru itd.

S obzirom da su otpori protjecanja kroz radijator veći nego kroz polazni vod, voda praktično ne bi ni ulazila u radijator. Zbog toga se na priključku povratnog voda može ugraditi **prigušni ventil** (prolazni ventil sa suženjem) u kojem se stvara potlak koji osigurava protok vode kroz radijator (slika ispod).



Danas se priključivanje radijatora izvodi pomoću **specijalnih ventila za jednocjevna grijanja**. To može biti **razdjelni ventil s usponskom cijevi**, kojim se može regulirati količina vode u radiator (do 30%), ili **razdjelnim ventilom s uronjenom cijevi**. Ovi ventili omogućuju zatvaranje radijatora, a da voda slobodno prolazi prema sljedećem radijatoru (prenosnica).

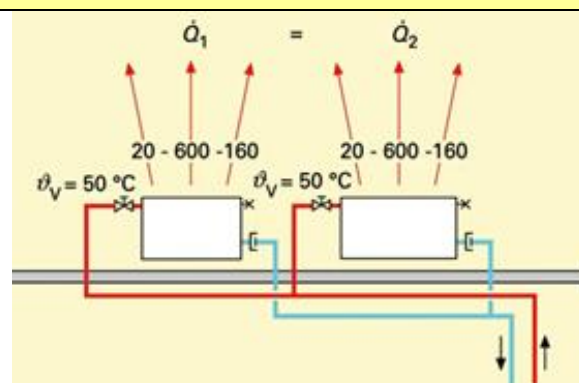




➤ dvocijevni sustav

Kod ovog sustava svako ogrjevno tijelo priključeno je na odvojeni polazni i povratni vod, pa grijače tijelo dobiva vodu približno iste temperature. Mreža cijevi izvedena je pregledno, otpori strujanja su manji pa je potrebna crpka manje snage.

Olakšano je naknadno priključivanje ogrjevnih tijela.



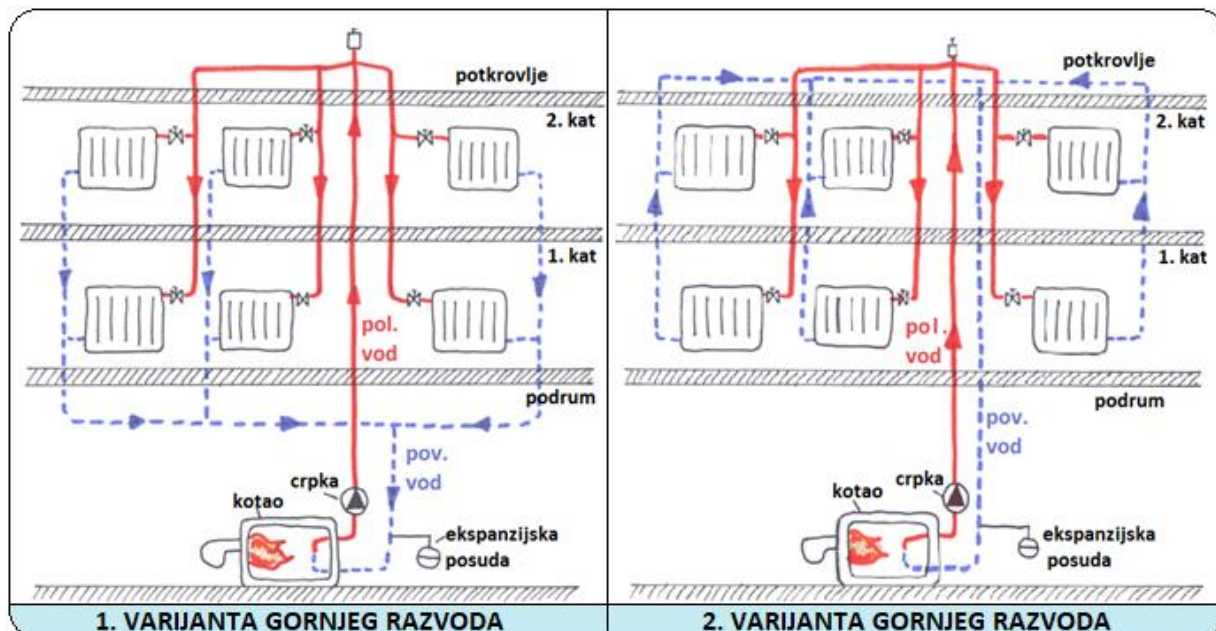
Dvocijevni razvod može se izvesti kao gornji i donji razvod:

Gornji razvod

Gornji razvod može se izvesti u dvije različite varijante.

Kod **1. varijante** centralni polazni vod ide do najviše točke u zgradi (npr. tavana), a zatim se razvodi i spušta do svakog radijatora. U nastavku se povratni vodovi se spuštaju do izvora topline (kotla). Ovakav razvod može se primijeniti i kod gravitacijskog i kod pumpnog grijanja, kao i kod otvorenog i kod zatvorenog sustava (*slika dolje lijevo*).

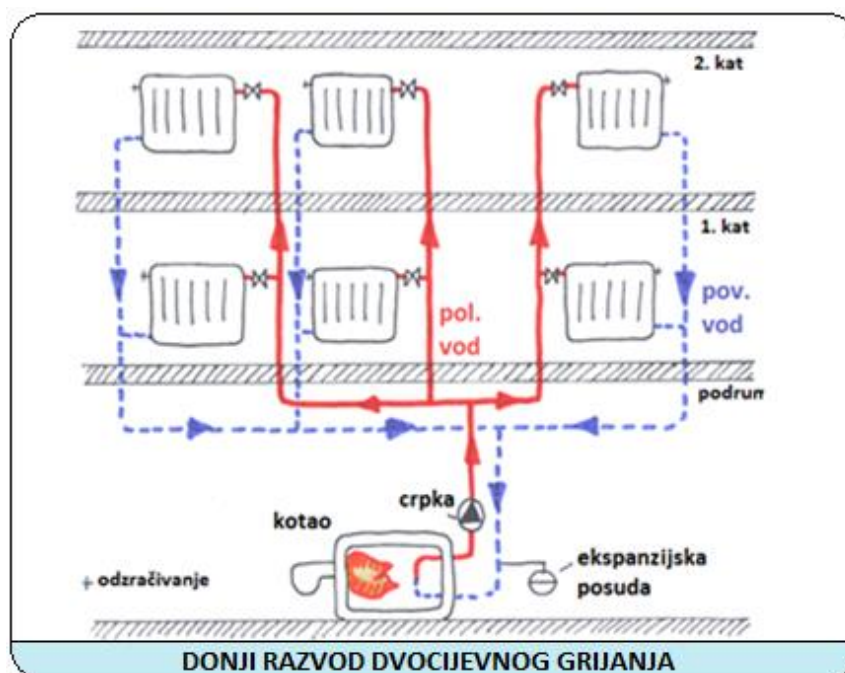
Kod **2. varijante** povratni vod ide do najviše točke a zatim se spušta do kotla. Ova varijanta je nepovoljnija jer zahtijeva više materijala (cijevi), veći su otpori, potrebna je jača crpka, a to znači i veću potrošnju el. Energije (*slika dolje desno*). Razlog za ovu varijantu može biti jedino ako u podrumu nije moguće izvesti razvod. Gravitacijsko grijanje nije moguće izvesti na ovaj način.



Donji razvod

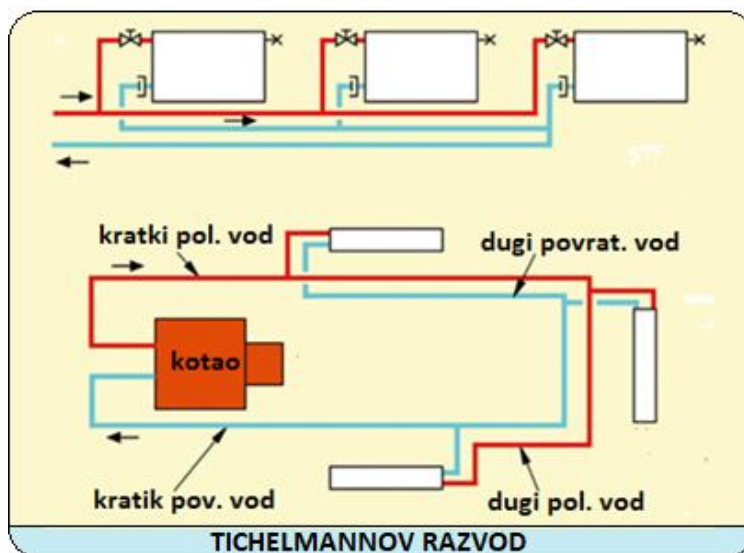
Kod donjeg razvoda cijevi se u podrumu (najčešće) granaju, a zatim se na više mjesta kao polazni vodovi uzdižu do ogrjevnih tijela. Povratni vodovi se spuštaju do horizontalne grane u podrumu kojom se voda vraća u kotao. Ovaj način može se primijeniti kako kod gravitacijskog tako i kod pumpnog grijanja, kao i kod otvorenog i zatvorenog sustava.

Cijevi u podrumu potrebno je toplinski izolirati.



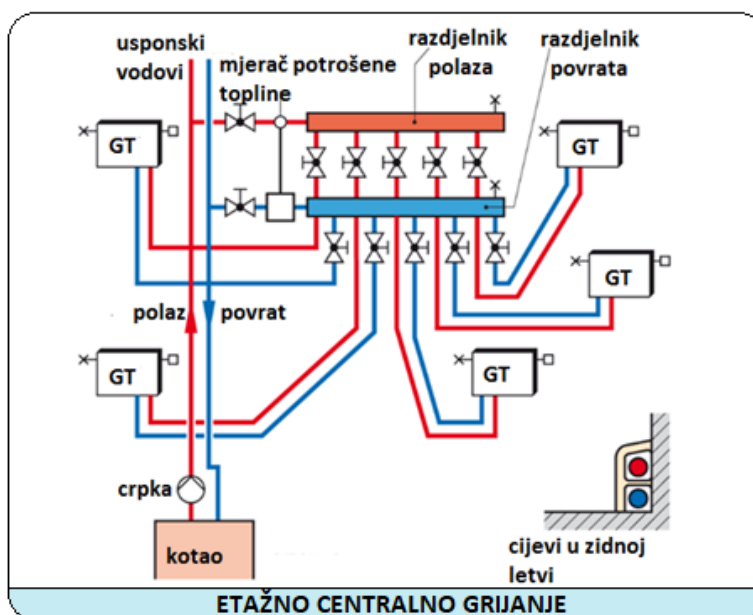
Posebna izvedba dvocijevnog razvoda je **Tichelmann-ov razvod**.

Karakteristika ovog razvoda je da je zbroj duljina polaznog i povratnog voda od razvoda do svakog radijatora približno jednak, čime se izjednačavaju hidraulički otpori i olakšava balansiranje sustava. Zbog potrebne veće dužine cijevi sustav je zahtjevniji i skuplji i rijetko se upotrebljava.



➤ Etažno grijanje

Etažnim grijanjem se smatra grijanje kod kojeg je izvor topline (najčešće plinski protočni boiler) smješten u istoj etaži s radiatorima (jedan stan), ili je više stanova spojeno na zajednički kotao preko razdjelnika (razdjelnik polaza i razdjelnik povrata) topline. Ogrjevna tijela su na razdjelnik spojena u kružnom ili tkzv. zvjezdastom rasporedu. Cijevi mogu biti smještene u podu ili u zaštitnoj zidnoj letvi.



Pitanja za ponavljanje

1. Navedi nekoliko karakteristika modernih sustava centralnog grijanja.
2. Koji su osnovni sastavni dijelovi tipičnog centralnog grijanja?
3. Nabroji podjele centralnih grijanja prema:
 - a) vrsti cijevnog razvoda,
 - b) načinu cirkulacije vode,
 - c) vrsti ekspanzije vode.
4. Objasni razlike, te prednosti i nedostatke otvorenog i zatvorenog sustava.
5. Objasni razlike, te prednosti i nedostatke sustava grijanja s prisilnom i prirodnom cirkulaciju.
6. Objasni razlike, te prednosti i nedostatke jednocijevnog i dvocijevnog sustava.
7. Navedi vrste ventila za jednocijevna grijanja i objasni njihovu ulogu.
8. Na priloženoj skici skiciraj razvod grijanja:
 - a) otvoreno, dvocijevno, sa crpkom, donji razvod,
 - b) zatvoreno, dvocijevno, sa crpkom, gornji razvod,
 - c) zatvoreno, jednocijevno, s crpkom, vertikalni razvod,
 - d) otvoreno, dvocijevno, gravitacijsko, donji razvod

