

## 1. Hidrostatični tlak na ravno ploskev

Hidrostatični tlak  $p$  je tlak v tekočini, ki ga povzroča njene teža. Izražen je z enačbo:

$$p = \frac{G}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{A} = \frac{A \cdot h \cdot \rho \cdot g}{A}$$

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad (\text{N/m}^2 = \text{Pa})$$

$h$  – višina gladine tekočine v m  
 $\rho$  – gostota tekočine v  $\text{kg/m}^3$   
 $g$  – pospešek prostega pada v  $\text{m/s}^2$

Sila na vodoravno ploskev npr. na dno posode je:

$$F = p \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A \quad (\text{N})$$

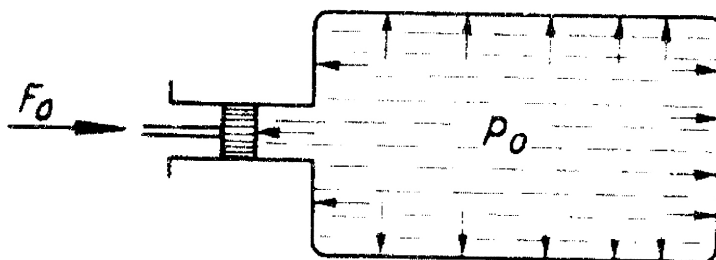
Enote za tlak:

$$1\text{N/m}^2 = 1\text{ Pa} \quad (\text{Pascal})$$

Hidrostatičen tlak ni odvisen od oblike posode.

## 2. Širjenje tlaka, Pascalov zakon

Če deluje na tekočino tlak  $p_0$  zaradi sile  $F_0$  na bat, se le ta širi zaradi nestisljivosti tekočine enakomerno v vseh smereh. Tako je tlak v tekočini vedno  $p_0$ .

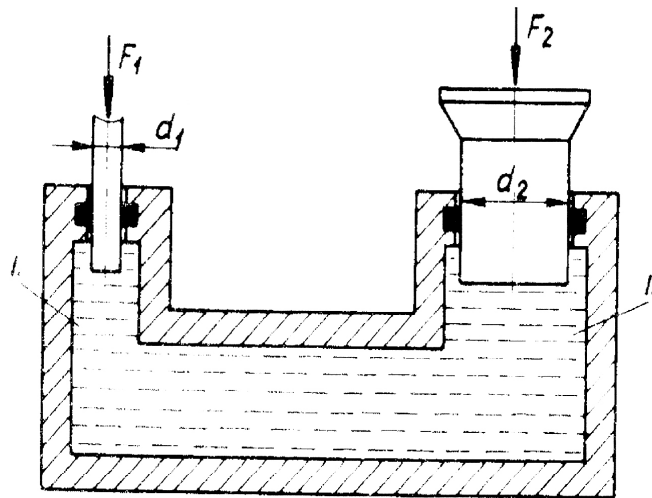


### 3. Hidravlični stroji in naprave

Na principu Pascalovega zakona delujejo razni hidravlični stroji, npr hidravlične stiskalnice, hidravlične dvigalke, hidravlični pretvorniki.

Hidravlična stiskalnica je sestavljena iz dveh hidravlično povezanih valjev z različnim premerom, ki sta napolnjena s tekočino. V valjih sta gibljiva bata.

Če deluje na bat I s površino  $A_1$  sila  $F_1$ , povzroča le-ta v tekočini tlak:



$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

Po Pascalovem zakonu se tlak enakomerno širi na vse strani in je enak tudi pod batom II s površino  $A_2$ :

$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

Iz enakosti obeh enačb  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ , sledi:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Sili na bat I in na bat II sta si v premem sorazmerju kot pripadajoči površini batov.

Iz enakosti prostornin  $A_1 \cdot s_1 = A_2 \cdot s_2$  sledi:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

Poti obeh batov sta si v obratnem sorazmerju kot pripadajoči površini batov.

## 4. Pretakanje tekočin

Pretakanje je gibanje tekočin. Vsak tekočinski delec se giblje po črti, imenovani **tokovnica**. Za vsak delec lahko narišemo tokovnico, tako jih dobimo več, ki potekajo druga ob drugi.

Glede na to, kako sosednje tokovnice potekajo druga ob drugi ločimo, **laminarno** in **turbulentno** pretakanje. Pri laminarnem pretakanju so tokovnice vzporedne steni cevi in potekajo druga ob drugi. Pri turbulentnem pretakanju pa se tokovnice mešajo in prepletajo. (Tekočina se vrtinči.)

Ločimo še **stacionarno** pretakanje, če se slika tokovnic sčasoma ne spreminja na določenem mestu v tekočini. Če pa se slika tokovnic sčasoma spreminja na določenem mestu v tekočini, govorimo o **nestacionarnem** pretakanju.

**Pretočna količina** je tista količina tekočine, ki preteče skozi pretočni prerez A s hitrostjo c.

$$Q = A \cdot c$$

Če hitrost ni enaka, jo izražamo z vsoto:

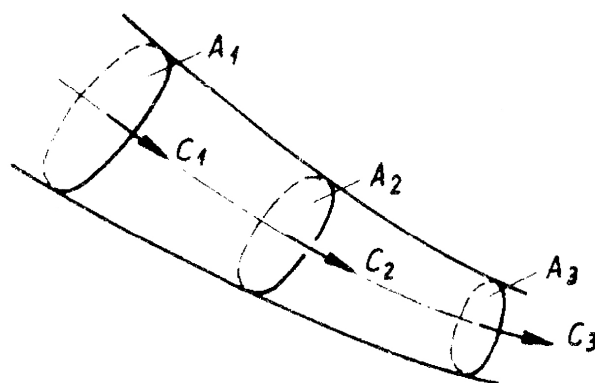
$$Q = \sum A_i \cdot c_i$$

## 5. Kontinuitetna enačba

Pri stacionarnem pretoku brez trenja je pretočna količina skozi prerez A1 enaka pretočni količini skozi prerez A2.

$$Q = A_1 \cdot c_1 = A_2 \cdot c_2 = \text{konst.}$$

Kontinuitetna enačba nam pove, da se na nekem mestu pretočna hitrost zveča, če se pretočni prerez zmanjša in obratno.



## 6. Bernoulijeva enačba – energija tekočine

Tekočina ima lahko položajno ali potencialno energijo, hitrostno ali kinetično energijo in tlačno energijo.

- Položajna energija, ki je posledica lege tekočine nad osnovno ravnino N-N:

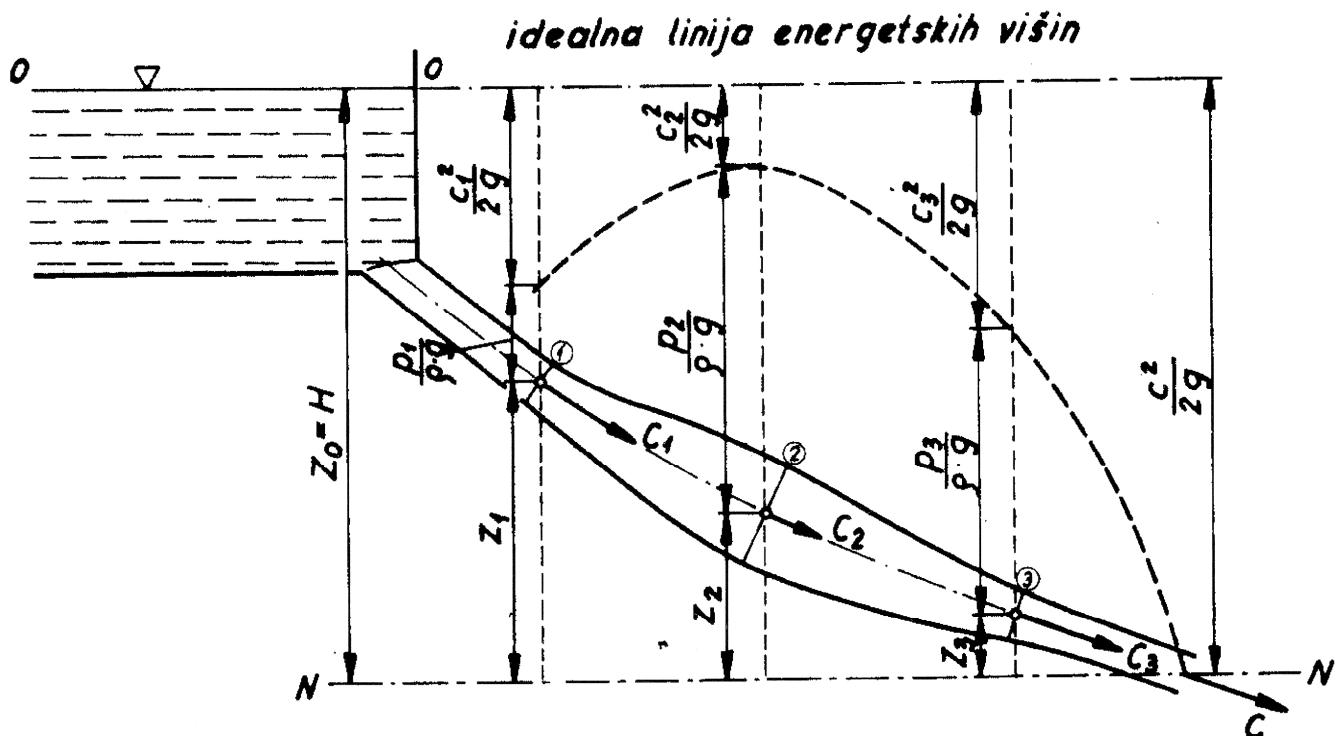
$$W_p = m \cdot g \cdot z$$

- hitrostna energija je posledica gibanja tekočine s hitrostjo  $c$ :

$$W_h = \frac{m \cdot c^2}{2}$$

- tlačna energija je posledica tlaka  $p$  v tekočini:

$$W_t = m \cdot g \cdot \frac{p}{\rho \cdot g}$$



Če zgornje izraze za energijo delimo s težo ( $m \cdot g$ ), dobimo vrednost za energijo na enoto teže. To so **energetske višine**. Merska enota energetske višine je 1m.

Energetske višine:

- položajna višina:  $z$
- hitrostna višina:  $\frac{c^2}{2 \cdot g}$
- tlačna višina:  $\frac{p}{\rho \cdot g}$

Tekočina ima v splošnem lahko vse tri energije hkrati.

Posamezni energetski deleži se med gibanjem lahko spreminjajo, vsota energetskih deležev pa je konstantna.

Energija v točki 1 na višini  $z_1$ :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{c_1^2}{2 \cdot g}$$

in energija v točki 2 na višini  $z_2$ :

$$z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{c_2^2}{2 \cdot g}$$

Ker tekočini energije nismo niti dovedli niti odvedli, pa tudi trenja nismo upoštevali, sta energiji enaki:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{c_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{c_2^2}{2 \cdot g} = konst$$

Za poljubno točko na višini  $z$  lahko napišemo:

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{c^2}{2 \cdot g} = H = konst$$

To je Bernoullijeva enačba, ki se glasi :

Pri stacionarnem pretoku tekočine skozi cev, brez upoštevanja trenja, je vsota položajne, tlačne in hitrostne energije konstantna v poljubnem prerezu cevi in je enaka višini  $H$  gladine tekočine nad merilno ravnino N-N.

Bernoullijevo enačbo lahko zapišemo s tlakom:

$$z_1 \cdot \rho \cdot g + p_1 + \rho \cdot \frac{c_1^2}{2} = z_2 \cdot \rho \cdot g + p_2 + \rho \cdot \frac{c_2^2}{2} = p = konst$$

## 7. Tlačne izgube v cevi

Ločujemo:

- tlačne izgube v ravnem delu cevi zaradi medsebojnega trenja tekočinskih delov, zaradi trenja tekočine ob stene cevi, zaradi vrtničenja tekočine...
- tlačne izgube zaradi trenja tekočine v armaturah, zaradi spremembe smeri pretoka tekočine, npr v kolenih, zaradi spremembe hitrosti...

### 7.1 Tlačne izgube v ravnem delu cevi

Prehod iz laminarnega v turbulentno pretakanje je skoraj nenaden in je po ugotovitvah Reynoldsa odvisen od povprečne hitrosti, od premera cevi in od kinematične viskoznosti tekočine.

Reynoldsovo število:

$$Re = \frac{c \cdot d}{\nu}$$

$c$  – pretočna hitrost v m/s

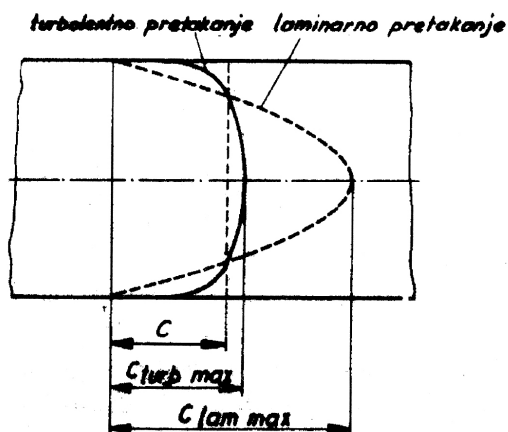
$d$  – premer cevi v m

$\nu$  - kinematična viskoznost v m<sup>2</sup>/s

Prehod iz laminarnega pretoka v turbulentni je pri kritični hitrosti, pri kateri doseže Reynoldsovo število kritično vrednost, **2320**.

$$Re_{kr} = \frac{c_{kr} \cdot d}{\nu} = 2320 \quad c_{kr} = \frac{2320 \cdot \nu}{d}$$

Pri pretočnih hitrostih  $c < c_{kr}$  je pretakanje laminarno, pri hitrosti  $c > c_{kr}$  pa turbulentno.



Pri laminarnem in turbulentnem pretakanju je hitrost v osi v cevi največja in ob steni cevi najmanjša.

Pri določanju pretočne hitrosti tekočine mislimo na povprečno pretočno hitrost  $c$ .

Tlačne izgube v ravnem delu cevi določamo po enačbi:

$$hi' = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \cdot \rho \quad (\text{Pa})$$

$\lambda$  - koeficient trenja

$l$  - dolžina cevi v m

$d$  - premer cevi v m

$c$  - pretočna hitrost v m/s

$\rho$  - gostota tekočine v kg/m<sup>3</sup>

Koeficient trenje  $\lambda$  je odvisen od Reynoldsovega števila  $Re$  in od relativne hrapavosti cevi  $k/d$ .

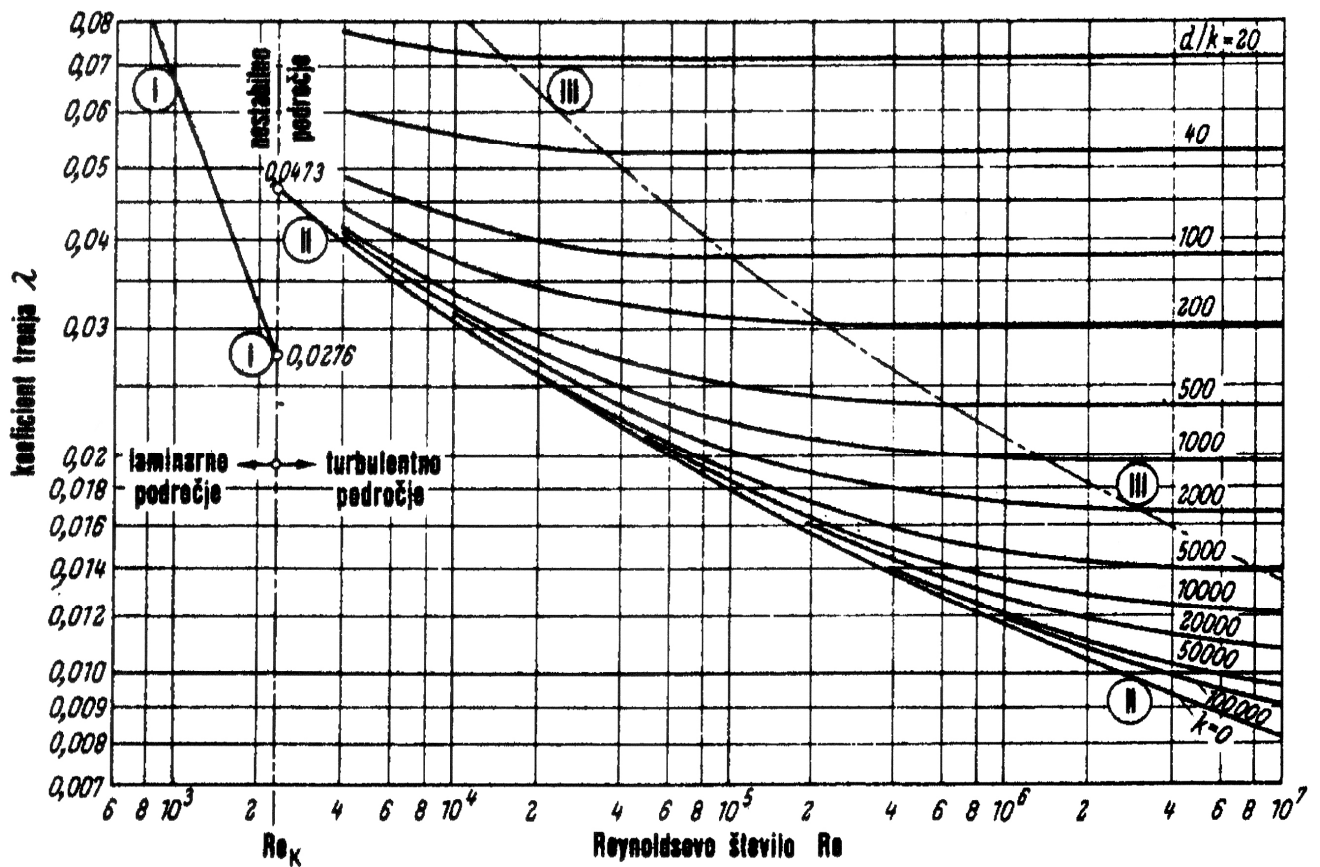
- V laminarnem področju, kjer je  $Re < 2320$ , je koeficient trenja odvisen le od Reynoldsovega števila:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

- V turbulentnem področju, kjer je  $Re > 2320$ , je koeficient trenja odvisen od Reynoldsovega števila in od relativne hrapavosti  $k/d$  cevi. Pri tem je  $k$  absolutna hrapavost, ki je odvisna od materiala in kakovosti cevi, podana je v spodnji tabeli.

Material in kakovost cevi	$k$ (mm)
gladke bakrene in medene cevi	do 0,0015
jeklene cevi	
– nove	0,05 do 0,1
– malo zarjavele	do 0,4
– močno zarjavele	do 3,0
– varjene, nove	0,04 do 0,1
cevi iz sive litine	
– nove	0,25 do 1,0
– malo zarjavele	do 1,5
– močno zarjavele	do 3,0
betonske cevi	
– zglajene	do 1,0
– surove	1,0 do 3,0
cevi iz umetnih snovi	0,05

Enačbe za izračun koeficienta  $\lambda$  niso preproste zato v praksi v glavnem uporabljamo naslednji diagram:



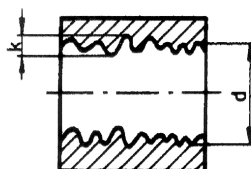
Premica I-I ustreza laminarnemu toku tekočine.

Področje med mejama I-I in II-II ustreza prehodnemu področju toka tekočine, v katerem se cev obnaša kot hidravlično gladka. To področje je nestabilno  
Smer II-II ustreza hidravlično gladkim cevim. Cevi so hidravlično gladke do  $Re=2(d/k)$ .

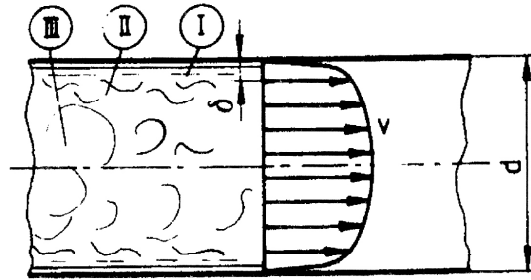
Področje med mejama II-II in III-III je prehodno področje, ki se konča pri  $Re=10^3(d/k)$ .

Krivulja III-III predstavlja mejo področja hidravlično popolnoma hrapave cevi. Popolnoma hrapava cev je pri  $Re>10^3(d/k)$ .

Pojem hidravlično gladke ali hrapave cevi je relativen, ker se lahko ista cev obnaša kot gladka ali kot hrapava. To je odvisno od medsebojnega razmerja absolutne hrapavosti "k" debeline mejnega sloja "ρ". Če je absolutna hrapavost večja od debeline mejnega sloja ( $k > \rho$ ), se cev obnaša kot hidravlično hrapava, če je manjša, pa kot hidravlično gladka cev







I – mejni sloj, II – prehodni sloj, III – turbulentno jedro.

## 7.2 Tlačne izgube v kolenih, armaturah itd.

Te izgube določamo po enačbi:

$$h_i'' = \sum \xi \cdot \frac{c^2}{2} \cdot \rho \quad (\text{Pa})$$

$c$  – pretočna hitrost v m/s  
 $\rho$  – gostota tekočine v kg/m<sup>3</sup>  
 $\xi$  – koeficient lokalnih izgub

Za nekatere primere je koeficient lokalnih izgub " $\xi$ " naveden v priročniku B. Krauta.

## 7.3 Celotne tlačne izgube

Celotne tlačne izgube so sestavljene iz izgub v ravnem delu cevi in izgub v armaturah, kolenih itd.

$$h_i = h_i' + h_i''$$

Določimo jih po enačbi:

$$h_i = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \cdot \rho + \sum \xi \cdot \frac{c^2}{2} \cdot \rho \quad (\text{Pa})$$

ali izraženo z energetska višino:

$$h_i = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \cdot \rho + \sum \xi \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \cdot \rho \quad (\text{m})$$

## 8. Elementi transportnih naprav

### 8.1 Vrvi

Konopljne vrvi

Zaradi majhne trdnosti jih uporabljamo na dvigalih samo za privezovanje ali obešanje bremen na bremenski kavelj.

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{dop}$$

F – največja obremenitev (N)  
A- računski prerez vrvi (mm<sup>2</sup>)  
d – premer vrvi (mm)

$$\sigma_{dop} = \frac{\sigma_m}{\nu}$$

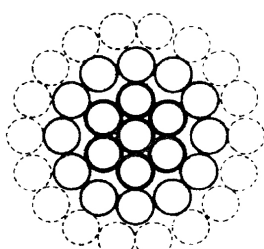
$\sigma_m$  -natezna napetost (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\nu$  - koeficient varnosti ( $\nu = 6$  do 10)

Jeklene vrvi

Pri dvigalih najpogosteje uporabljamo jeklene vrvi kot privezovalne in bremenske vrvi, pa tudi kot pogonske vrvi pri žičnicah.

Žice spletemo v vrv tako kot ustreza njihovemu namenu. Vrvi so lahko brez stržena ali s strženom.

#### Jeklene vrvi brez stržena



Vrvi brez stržena so spletene iz žic z enakim premerom, od katerih je okrog centralne žice ovito v prvem sloju 6 žic ali še v drugem sloju 12 žic ali še v tretjem sloju 18 žic.

Ovijanje prvega sloja je lahko *desno* (tj. normalno) ali *levo*. Ovijanje naslednjih slojev je vedno nasprotno kakor v prejšnjem sloju.

#### Jeklene vrvi s strženom

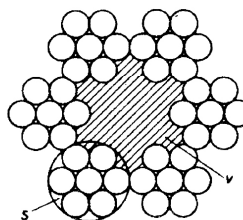
Pri vrveh s strženom je 6 (ali 8) žičnih spleto (v izvedbah kakor pri vrveh brez stržena, gl. str. 384 in 385) ovitih okrog vlaknastega stržena.

Ovijanje žičnih spleto v vrvi je lahko desno (normalno) ali levo.

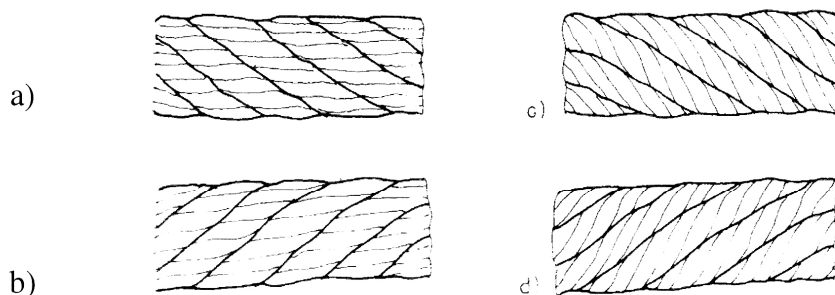
Glede na desno ali levo ovijanje zgornjega sloja v spletu samem je vrv torej lahko ovita križno (normalno) ali istosmerno.

Žice za izdelavo vrvi s strženom so iz jekla z natezno trdnostjo

Stržen je iz konoplje, najlona, azbesta ali mehke jeklene žice.



s — žični splet  
v — vlaknasti stržen



- a – desno križno vita vrv  
 b – levo križno vita vrv  
 c – desno istosmerno vita vrv  
 d – levo istosmerno vita vrv

Izračun vrvi:

$$\frac{F_M}{F} \geq k$$

$F_M$  - raztržna sila (N)

$F$  - največja sila v vrvi (N)

$k$  - koeficient varnosti

Tabela 1

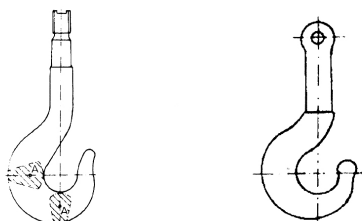
Obratovalni razred	k
1	4,5
2	5,0
3	6,3
4	7,1

Obratovalni razredi:

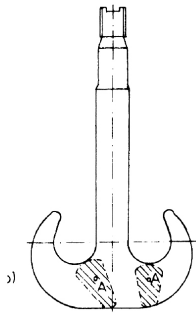
- **obratovalni razred 1:** dvigala, ki obratujejo redko in kratkotrajno z majhno relativno obremenitvijo;
- **obratovalni razred 2:** dvigala za splošno uporabo v industrijskih obratih;
- **obratovalni razred 3:** dvigala, ki pogosto obratujejo v zahtevnih razmerah z veliko relativno obremenitvijo (mostni žerjavi v livarnah, jeklarnah in valjarnah, žerjavi za delo z grabilci);
- **obratovalni razred 4:** dvigala, ki pogosto obratujejo v zelo zahtevnih razmerah z veliko relativno obremenitvijo, s sunkovito obremenitvijo ali pri visokih temperaturah (žerjavi za kontinuirano delo v jeklarnah in valjarnah).

## 8.2 Bremenski kavljji

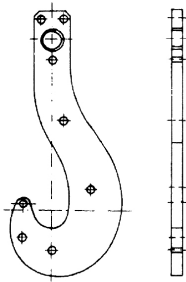
Uporabljajo se za prenašanje bremen. Sestavljeni so iz zakrivljenega dela in stebila. Pri majhnih obremenitvah pritrdimo kavelj neposredno na vrv, pri večjih pa je kavelj pritrjen na škripec, zato ima steblo navoj.



Enojni kavljji so namenjeni za relativno manjša bremena. Izdelani so tako, da so prosto ali utopno kovani.

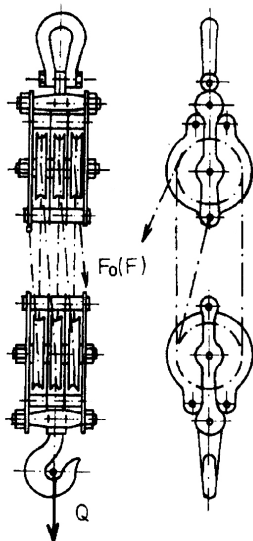


Dvojni kavljji so namenjeni za težka bremena.



Lamelni kavljji so sestavljeni iz lamel, uporabljamo jih tam, kjer so kavljji izpostavljeni visokim temperaturam (npr pri transportu kovinske taline).

### 8.3 Škripčevje



Škripčevje na vrv je sestavljeno iz dveh skupin vrvenic: vrvenice v zgornjih škarjah, ki so pritrjene (obešene), in vrvenice v spodnjih (premičnih) škarjah, ki nosijo bremenski kavelj. Če je vlečna vrv navita na bobn z motornim pogonom, govorimo o motornem škripčevju

$$F = Q \cdot \frac{1}{2 \cdot n} \quad (\text{N}) \quad Q - \text{teža bremena (N)}$$

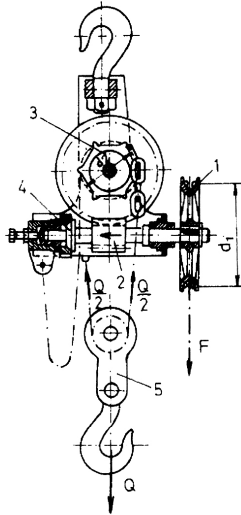
$n$  – število vrvenic v enih škarjah

Če upoštevamo upore, je vlečna sila:

$$F_t = \frac{F}{\eta} = Q \cdot \frac{1}{2 \cdot n \cdot \eta} \quad (\text{N}) \quad \eta - \text{izkoristek škripčevja}$$

## 8.4 Škripčevje na verigo

Škripčevje na verigo se uporablja za dviganje bremen, težkih od 5000 do 200000 N



- 1 – motovilnica
- 2 – polžasto gonilo
- 3 - verižni oreh
- 4 – zavora
- 5 – škripec

$$F = \frac{Q \cdot d_2}{2 \cdot d_1 \cdot i \cdot \eta} \quad (\text{N})$$

Q – teža bremena (N)

d2 – premer verižnega oreha

d1 – premer motovilnice

i – prestava polžastega gonila

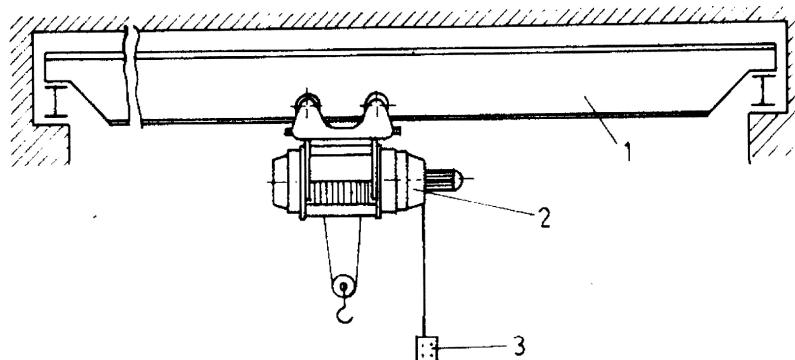
$\eta$  – izkoristek škripčevja

## 8.5 Žerjavi

Žerjavi se uporabljajo za dvigovanje in prenašanje oz. prestavljanje bremen. Njihova prednost pred drugimi vrstami transporta je predvsem v tem, da v svojem manipulacijskem prostoru dvigajo, prenašajo in spuščajo breme na katero koli delovno mesto.

### 8.5.1 Viseči žerjav

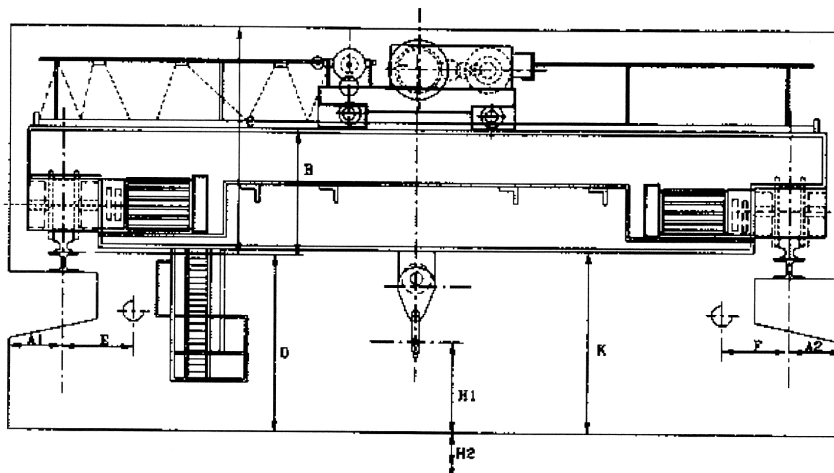
Pri visečih žerjavih se elektrovitel giblje po nosilcu (npr I-profilu); nosilec je pritrjen na konstrukcijo zgradbe ali pa se giblje po tračnicah vzdolž zgradbe. Žerjav upravljamo s tal. Nosilnost žerjava je do 250 KN.



### 8.5.2 Mostni žerjavi

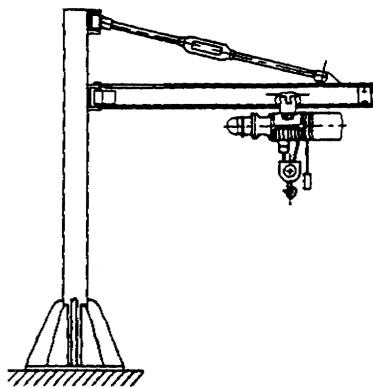
Tak žerjav sestoji iz žerjavnega mostu in mačka. Most se giblje po tirnicah v vzdolžni smeri hale, maček na mostu pa v prečni smeri hale. S kombinacijo obeh gibanj lahko breme postavimo na poljubno mesto znotraj delovnega polnilnika. Žerjav upravlja žerjavovodja iz kabine.

Most je sestavljen iz glavnih nosilcev, na katerih so tirnice za vožnjo mačka, in iz čelnih nosilcev s tekalnimi kolesi za vožnjo žerjava. Most je palična ali polnostenska jeklena konstrukcija ali pa profil odprtega prereza.



### 8.5.3 Konzolni žerjavi

Konzolni žerjav je sestavljen iz stebra in vrtljivega pomola, po katerem se vozi elektrovitel. Dolžina ročice je do 8m, nosilnost žerjava pa je do 50000 N. Konzolni žerjav ima delovno polje kolobar.

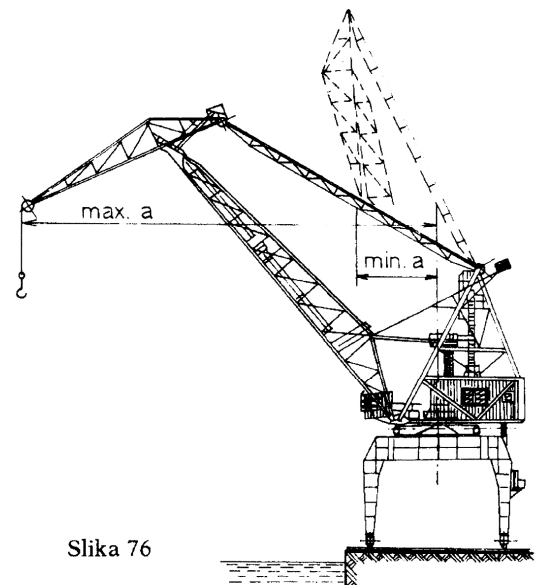
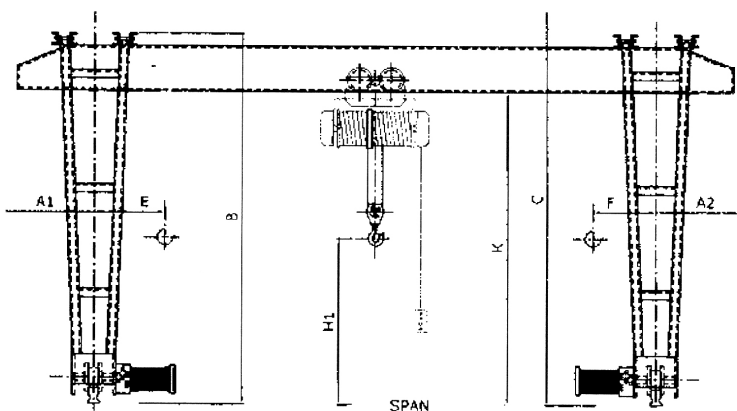


### 8.5.4 Vrtljivi stolpni žerjavi

Vrtljivi stolpni žerjav se uporablja v gradbeništvu. Glavni sestavni deli žerjava so: steber, pomol, voziček, vitel za dvigovanje in spuščanje bremena, vitel za nagibanje pomola. Breme predstavljajo z vrtenjem pomola in premikanjem bremenskega vozička po pomolu: pri dolgih gradbiščih tudi s premikanjem žerjava po žerjavni progi. Nosilnost teh žerjavov je 80 kN.



### 8.5.5 Portalni žerjavi

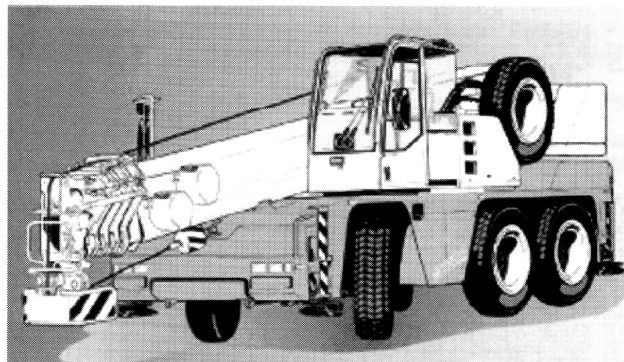


Slika 76

Portalni žerjavi se uporabljajo za pretovarjanje materiala na železniških postajah, deponijah premoga v pristaniščih in industrijskih obratih (na prostem), v lesni industriji na skladiščnih prostorih. Žerjav je sestavljen iz portala, mačka, kabine. Portal se premika po žerjavni progji. Konstrukcija portala je lahko palična ali polnostenska. V pristaniščih uporabljajo vrtljive portalne žerjave. Ima kabino s pomolom, ki se vrti na portalu. V kabini je vitel za dviganje in spuščanje bremena ter mehanizem za vrtenje kabine.

### 8.5.6 Prevozna dvigala

Prevozna dvigala so cestna ali tirnična vozila, opremljena z napravo za dviganje. Sem sodijo tudi plovna dvigala.

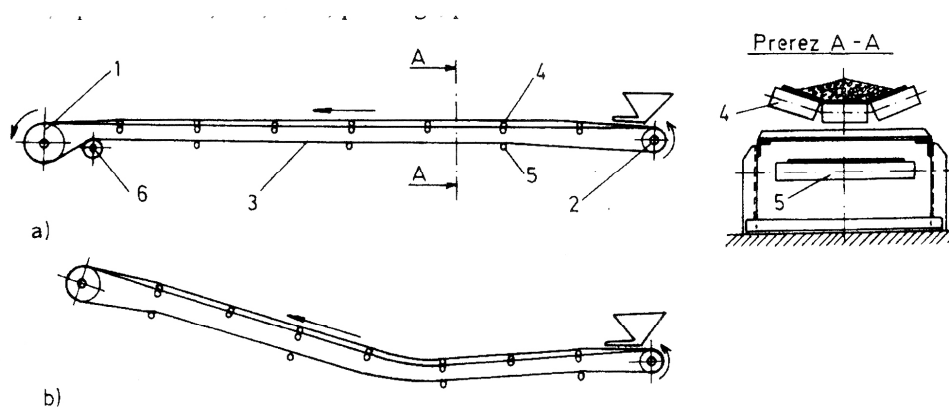


## 8.6 Transporterji

Transporterji so naprave za nepretrgano prevažanje in prenašanje oziroma prevažanje materiala. Glavna značilnost transporterjev je v tem, da poteka transport materiala po določeni poti, naklada in razklada pa se med obratovanjem naprave.

### 8.6.1 Tračni transporterji

Tračne transporterje uporabljamo v industriji kosovnega materiala in sipkega materiala.

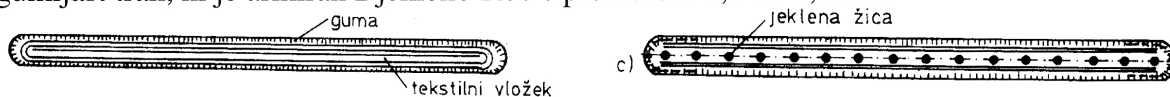


Slika 82

1 – pogonski boben, 2 – natezni boben, 3 – brezkončni trak, 4 in 5 – podporni valj,  
6 – odklonski boben

### 8.6.2 Trak

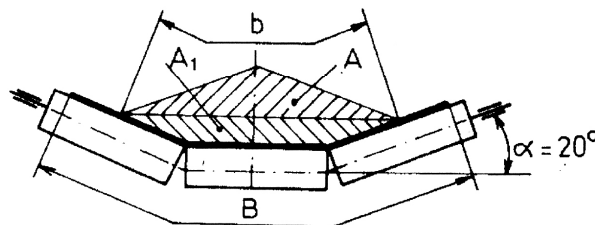
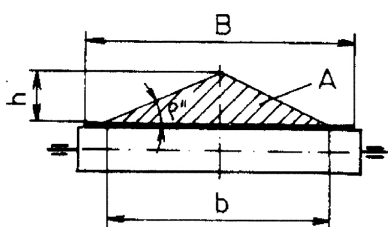
Trakovi so narejeni iz tekstilnih vložkov, ki so prepojeni oziroma zlepljeni z gumijev. Vložki so iz bombažnih ali sintetičnih vlaken, ki prevzemajo natezne obremenitve. V rabi je tudi gumijast trak, ki je armiran z jekleno žico s premerom 1,2 do 4,0 mm.





### 8.6.3 Podporni valji

Pri majhnih kapacitetah transporterja je trak raven, podprt z vodoravnim podpornim valjem. Pri večjih kapacitetah pa uporabljamo koritasti trak s tridelno valjčno podporo. Oba stranska valja sta običajno postavljena pod kotom  $20^\circ$ .



Polnilni prerez imenujemo prerez na traku nasutega materiala:  
za ravni trak:

$$A = \frac{b \cdot h}{2} \quad (\text{mm}^2)$$

- b - širina na traku nasutega materiala (m)
- h - višina traku nasutega materiala (m)
- B - širina traku (m)
- $\rho''$  - kot v trikotniku polnilnega prereza
- $\rho'$  - nasipni kot pri gibanju traku

$$b = 0,8 \cdot B \quad (\text{m})$$

$$h = \frac{b}{2} \cdot \tan \rho''$$

$$\rho'' \approx \frac{\rho'}{2}$$

Nasipni kot  $\rho''$

Nasipni kot  $\rho'$  je naveden v tabeli 10.

Tabela 10

Vrsta materiala	$\rho'$
Zrnati material	$25^\circ$
Premog, koks	$30^\circ$
Ruda, prod	$35^\circ$

Za koritasti trak je polnilni  
 $A + A_1 = 2 \cdot A \quad (\text{m}^2)$

Za koritasti trak (slika 85) je polnilni prerez prerez

Kapaciteta transporterja pri transportu sipkega materiala

– pri transportu sipkega materiala je kapaciteta:

$$Q = 3,6 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot A \cdot v \cdot \rho \quad (\text{t/h})$$

A – polnilni prerez ( $\text{m}^2$ )

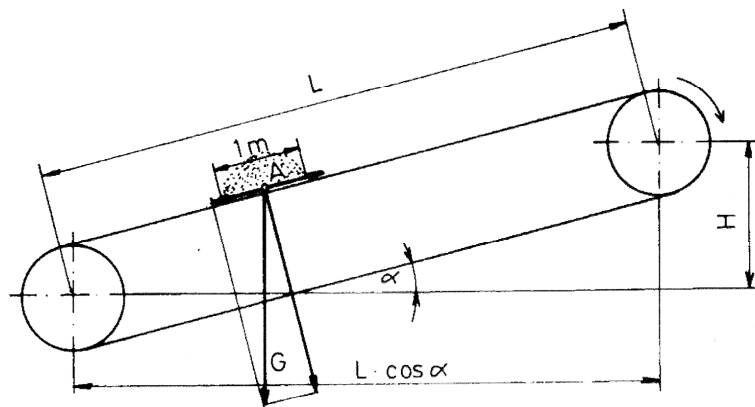
v – hitrost traku (m/s)

$\rho$  – gostota materiala ( $\text{kg/m}^3$ )

$K_1$  – koeficient

$K_2$  – koeficient

$K_1 = 0,8$  do  $1$ , v odvisnosti od stopnje neenakomernosti dodajanja materiala,  
 $K_2$  je podan v tabeli 11, v odvisnosti od kota naklona transporterja.



Slika 87

Tabela 11

Naklon $\alpha$ transporterja	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°
Koeficient $K_2$	1,0	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81

– pri transportu kosovnega materiala pa je kapaciteta:

$$Q = 3600 \cdot \frac{i}{L} \cdot v \quad (\text{kos/h})$$

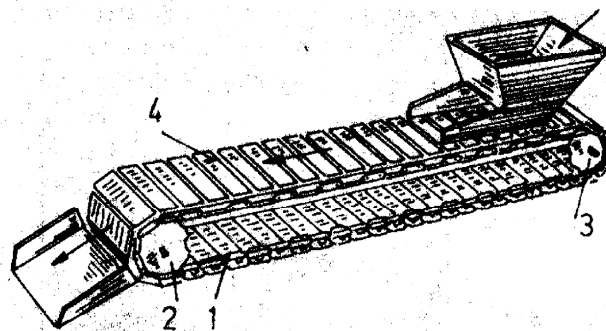
$i$  – število predmetov na traku na razdalji  $L$  metrov  
 $L$  – dolžina traku, od osi do osi bobna, (m)  
 $v$  – hitrost traku (m/s)

### 8.6.4 Verižni transporter

V praksi uporabljamo razne izvedbe verižnih transporterjev.

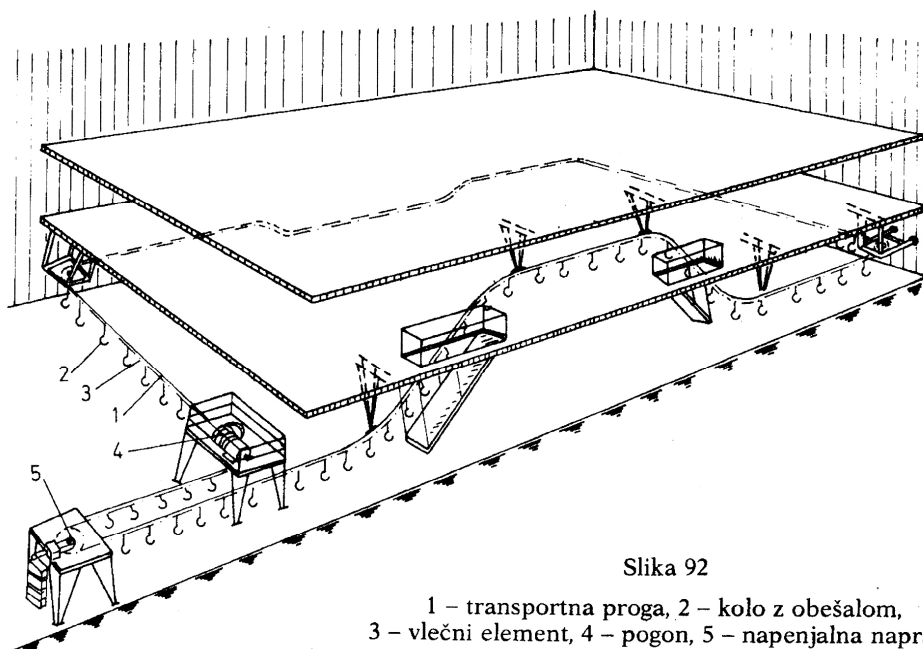
Verižni transportni trak je sestavljen iz dveh vzporednih brezkončnih vlečnih elementov, na katere so pritrjene plošče, ki tvorijo transportni trak.

Vlečni element je jeklena veriga ali členkasta veriga s sorniki. Trak poganja elektromotor prek reduktorja in verižnega zobnika. Te transporterje uporabljamo za transport velikih in težkih predmetov in predmetov, ki bi lahko poškodovali gumijasti trak tračnega transporterja.



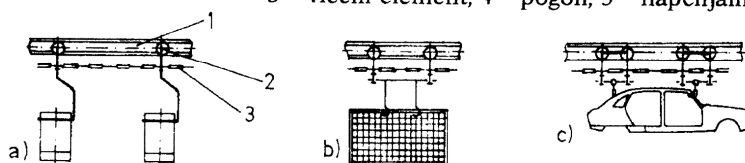
### 8.6.5 Viseči krožni transporterji (konvejerji)

Področje uporabnosti visečih transporterjev je praktično vsa industrija s serijsko proizvodnjo. Povežemo lahko delovna mesta ali obrate po vsej tovarni. Transportna proga je speljana po zaključni zanki pod stropom in je lahko dolga več sto metrov.



Slika 92

1 – transportna proga, 2 – kolo z obešalom,  
3 – vlečni element, 4 – pogon, 5 – napenjalna naprava



Slika 93

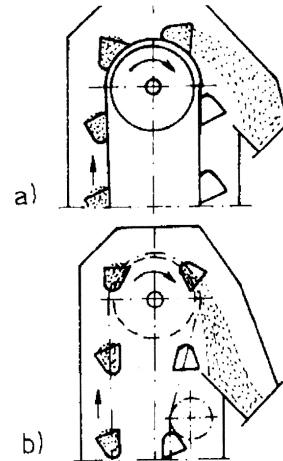
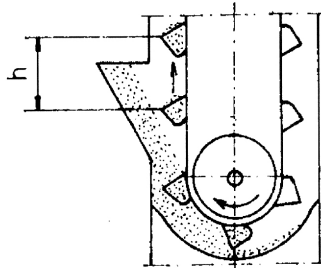
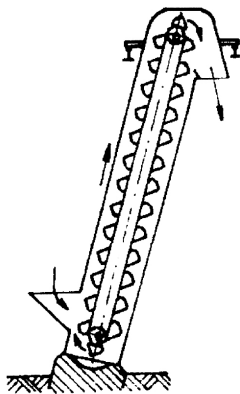
1 – proga, 2 – kolo z obešalom, 3 – veriga

### 8.6.6 Elevatorji

Elevatorji so naprave za kontinuiran navpični ali skoraj navpični transport sipkega materiala ali kosovnega materiala za katere tračni transporterji niso primerne.

#### 8.6.6.1 Elevatorji za transport sipkega materiala

Elevatorji za transport sipkega materiala uporabljajo transportne korce, ki so pritrjeni na gumijast ali tekstilni transportni trak. Pri transportu na višine nad 45m so korci pritrjeni na verige. Dviganje materiala je navpično ali poševno pod kotom  $70^\circ$  do  $75^\circ$ . Pogonski mehanizem je nameščen na vrhu elevatorja. Tračne elevatorje poganja boben, verižne pa verižnik. Korci se polnijo z zajemanjem, praznijo pa se zaradi centrifugalne sile li gravitacijsko zaradi lastne teže materiala.



$$Q = \frac{V \cdot \psi \cdot \rho}{h} \cdot v \cdot 3,6 \quad (\text{t/h})$$

$$\psi = 0,4 \text{ do } 0,85$$

$$v = 0,4 \text{ do } 2 \text{ m/s}$$

Moč pogonskega motorja

$$P_m = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad (\text{kW})$$

Vlečna sila je:

$$F = G \cdot i \quad (\text{N})$$

$$G = V \cdot \psi \cdot \rho \cdot g \quad (\text{N})$$

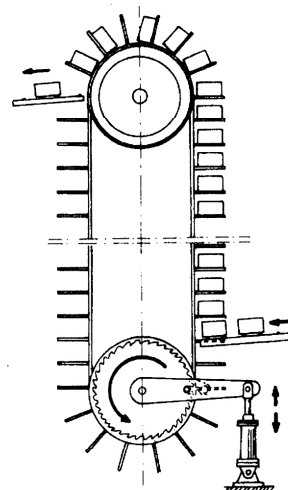
$V$  – volumen korca ( $\text{m}^3$ )  
 $\psi$  – polnilni koeficient  
 $h$  – razdalja med korci (m)  
 $\rho$  – gostota materiala ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $v$  – hitrost traku (verige) v m/s

$F$  – vlečna sila v traku oziroma verigi (N)  
 $\eta$  – izkoristek transporterja

$G$  – teža materiala v korcu (N)  
 $i$  – število korcev na dvizni veji

### 8.6.6.2. Elevatorji za transport kosovnega materiala

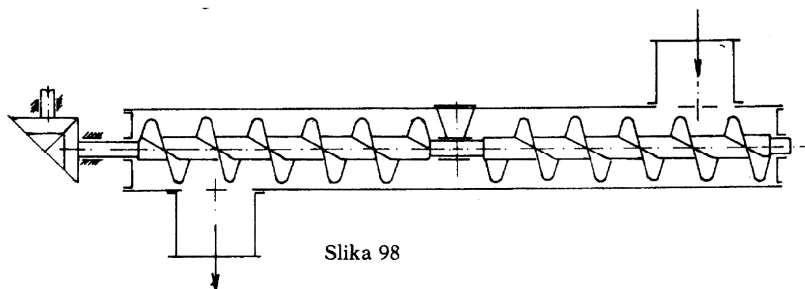
Elevatorji za transport kosovnega materiala imajo na traku ali na verigah pritrjene platoje, na katerih se kosovno blago transportira.



### 8.6.7. Polžasti transporterji

Polžasti transporterji so v rabi za transport sipkih materialov, npr. mlete rude, peska... Potrebujemo malo prostora in jih lahko namestimo na tla ali na steno, kar omogoča ali vodoravni ali navpični transport.

Transport opravlja polž, ki se vrti v okrovu (koritu) in potiska material pred seboj. Pogon polža je z elektromotorjem prek zobniškega gonila. Polž je sestavljen iz gredi, na kateri je privarjena pločevina v obliki vijačnih zavojev.



Kapaciteta polžastega transporterja

$$Q = \frac{\psi \cdot A \cdot h \cdot \rho \cdot n \cdot 60}{1000} \quad (\text{t/h})$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (\text{m}^2)$$

$\psi$  – polnilni koeficient  
 $A$  – prerez materiala v koritu ( $\text{m}^2$ )  
 $D$  – premer polža (m)  
 $h$  – korak vijačnice (m)  
 $\rho$  – gostota materiala ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $n$  – število vrtljajev polža (vrt/min)

$$\psi = 0,15 \text{ do } 0,45$$

$$h = (0,8 \text{ do } 1,0) \cdot D \quad (\text{m})$$

$n = 15 \text{ do } 150 \text{ vrt/min}$  (manjše vrednosti za večje premere polža).

Moč pogonskega motorja

$$P_m = \frac{Q \cdot g}{3,6 \cdot 1000 \cdot \eta} \cdot (L \cdot w_o \pm H) \quad (\text{kW})$$

$Q$  – kapaciteta transporterja (t/h)  
 $L$  – dolžina transporterja (m)  
 $w_o$  – koeficient upora  
 $H$  – višina dviganja materiala (m)  
 $\eta$  – izkoristek

$$\eta = 0,8 \text{ do } 0,85$$

Koeficient upora je:

$$w_o = 1,85, \text{ za cement, žito,}$$

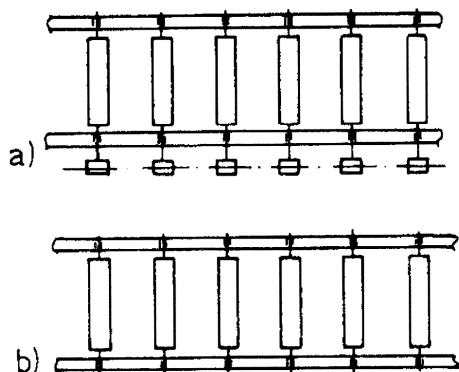
$$w_o = 2,15, \text{ za rudo, premog,}$$

$$w_o = 3,0, \text{ za pesek, koks, pepel, žlindro.}$$

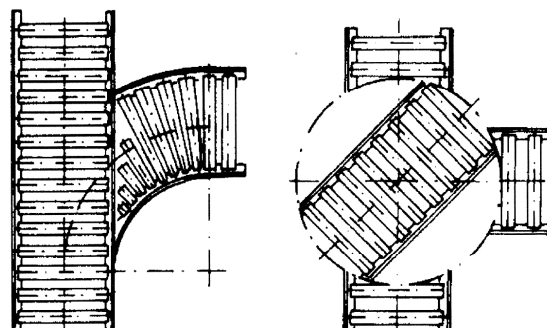
### 8.6.8. Valjni transporterji

Valjne transporterje uporabljamo za transport kosovnega materiala (zaboji, plošče, ingoti...) Proga je sestavljena iz vrtljivih valjev premera 60 mm do 600 mm, odvisno od dolžine predmeta. Predmet morajo nositi vsaj trije valji. Valji so gnani z verigo ali se prosto vrtijo in

je treba predmet premikati z roko. Lahko pa uporabimo tudi dinamično komponento teže predmeta, če progo nagnemo.



Slika 100



Slika 101

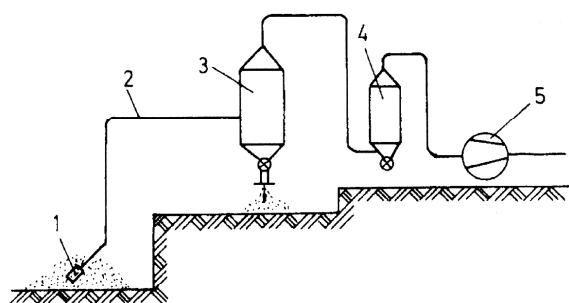
### 8.6.9. Pnevmatični transporterji

Pnevmatične transporterje uporabljamo za transport prašnega in drobnozrnatega materiala, pomešanega z zrakom, npr. žita, cementa, apna, premogovega prahu, žagovine ipd.

Transport gre po ceveh

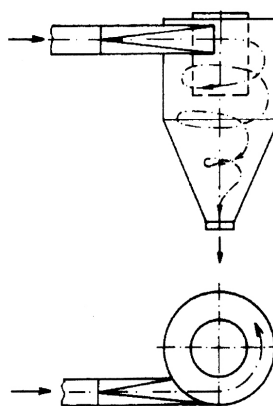
Glede na izvedbo ločujemo:

- sesalni sistem uporabljajo za transport na razdaljo 350 m. Ventilator sesa material in ga transportira v ciklon; v njem se od zraka loči in pada na dno. Zrak teče iz ciklona skozi filter v atmosfero;



Slika 102

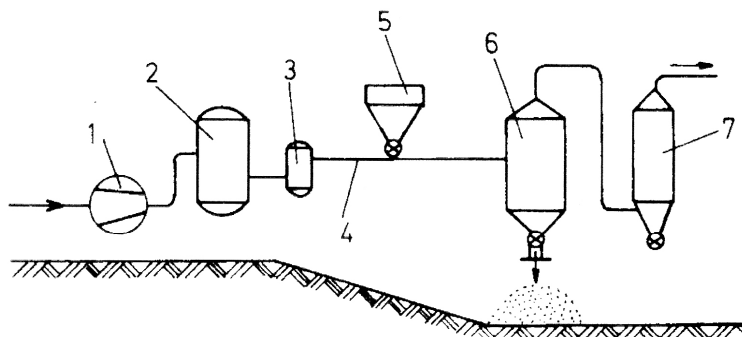
1 – sesalna šoba, 2 – cevni vod,  
3 – ciklon, 4 – zračni filter, 5 – ventilator



Slika 103

- tlačni sistem je shematsko prikazan na spodnji sliki. Uporablja se za transport na razdaljo do 2000 m. Kompresor dovaja stisnjen zrak po cevi prek zbiralnika in izločevalnika vlage do mešalnika, kjer se mešata material in zrak. Od tod najprej se material transportira v ciklon ter od zraka loči in pada na dno. Zrak odteka iz ciklona skozi filter v atmosfero.

V obeh navedenih sistemih je količina transportiranega materiala relativno majhna, ker gre za razredčen prašni in drobnozrnati material.



Slika 105

1- kompresor, 2 – zračni zbiralnik, 3 – izločevalnik vlage, 4 – cevni vod, 5 – mešalnik, 6 – ciklon, 7 – zračni filter

## 9. O energijah

V termodinamiki se nenehno ukvarjamo z energijami. Naloga termodinamike je raziskovanje tistih fizikalnih pojavov, kjer so energije bistveno udeležene. Energija se zelo težko definira, saj spada med fizikalne prapojave prav tako kot materija.

Govorili bomo zato predvsem o lastnosti energije.

Energije lahko razdelimo v dve skupini:

- energije, ki so nakopičene ali shranjene v nekem telesu ali nekem prostoru. Take shranjene imajo različno obliko, vsem oblikam pa je skupna trajnost. Te energije se dajo obdržati v dani obliki poljubno dolgo. (potencialna energija, kinetična, notranja energija);
- prehodne energije, ki se pojavljajo ko nakopičena energija menja svojo obliko ali ko nakopičena energija prehaja iz enega telesa v drugo. Tem energijam je skupna njihova kratkotrajnost, njihova bežnost. Te energije so tehnično posebno važne in dragocene, (mehanično delo, energija električnega toka, toplota).

### 9.6. Toplota, temperatura

Energija, ki prehaja pod pritiskom temperaturne razlike s toplejšega telesa na hladnejše telo, se imenuje toplotna energija ali toplota. Kadar prehaja notranja energija zaradi temperaturne razlike s telesa na telo, se pojavlja prehodna energija posebne vrste – toplota. Za pojav toplote je potrebna razlika temperature, ki pa je lahko poljubno majhna.

Temperatura je važna termodinamična lastnost teles, ki je ni možno neposredno meriti. ( celzijeva skala, absolutna temperaturna skala)

### 9.7. Prvi glavni zakon termodinamike

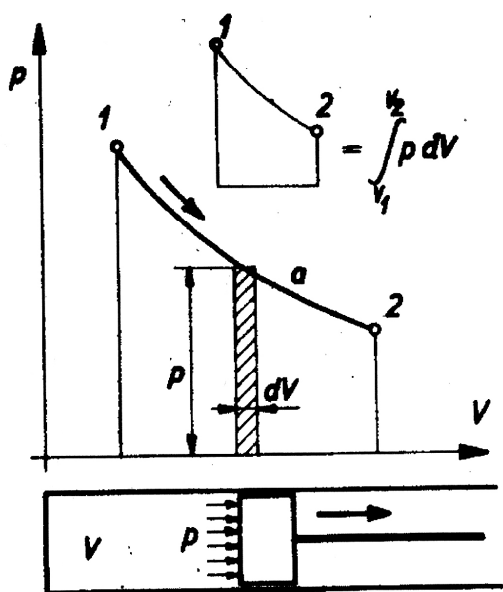
Toplota (in notranja energija) je posebna vrsta energije in zanjo velja zakon o ohranitvi energije.

Če se nekje pojavi toplota, je morala nastati iz neke druge energije; če pa izgine toplota, se mora pojaviti ekvivalentni del neke druge energije.

### 9.8. Pridobivanje dela iz teles

Vsi poznamo lastnosti, da se s temperaturo v splošnem spreminjata tlak in volumen teles. Telo se raztegne od volumna  $V$  na volumen  $V + \Delta V$ , pri čemer se pomakne vsak element površine.

### 9.9. Diagram – $p, V$



$$\int_{V_1}^{V_2} p \, dV = W_{12}$$

$$W_{12} = p \cdot (V_2 - V_1)$$

Formula velja pri končnem raztežku telesa mase  $m$  od volumna  $V_1$  do volumna  $V_2$  in ob konstantnem tlaku  $p=p_0$ .

Delo, opravljeno pri raztežitvi plina ob mehničnem ravnotežju, je enako ploskvi pod potjo ekspanzije. Imenujemo ga tudi delo enkratne ekspanzije. Če poteka pot od leve proti desni, se pravi v smeri povečanja volumna, je opravljeno delo pozitivno, govorimo o ekspanziji, torej pridobljeno delo; če pa poteka pot v nasprotni smeri, ki ustreza zmanjšanju volumna, je to delo negativno, torej porabljeno imamo kompresijo. Velikost ekspanzijskega dela je odvisna od lege začetne in končne točke ekspanzije; odvisna pa je tudi od poti ekspanzije. Čim višje poteka ekspanzija, tem večje je opravljeno delo.



### 9.10. Matematična formulacija prvega glavnega zakona

Notranjo energijo nekega telesa poveča dovedena toplota, zmanjšajo pa jo iz telesa pridobljeno delo in ostale, telesu odvzete energije.

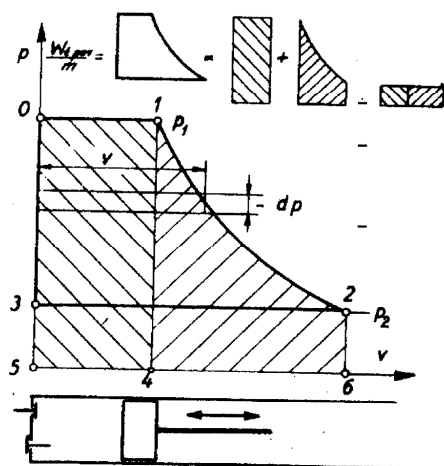
$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q_{12} - W_{12} - \sum W_x$$

Kadar pridobivamo iz telesa samo mehanično delo, ne pa energij, se enačba poenostavi:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q_{12} - W_{12}$$

### 9.11. Ravnotežno tehnično delo

Kadar poteka dogodek v stroju ali napravi v mehaničnem ravnotežju, lahko tehnično delo določimo iz diagrama  $-p, V$ , enako, kakor delo enkratne ekspanzije.



Temu tehničnemu delu pravimo natančno ravnotežno ali povračljivo tehnično delo  $W_{t12}$ .

To delo se pridobiva pri ekspanziji iz višjega tlaka na nižji; diferencial tlaka je negativen, kadar je delo pozitivno.

Tehnično je tisto, ki ga pridobivamo poljubno dolgo v tehniški napravi in pri katerem upoštevamo polnilno in praznilno delo.

Vsota notranje energije in volumenskega dela ( $U+p \cdot V$ ) je pomembna veličina in je zato dobila poseben znak in posebno ime. Imenuje se entalpija, njen znak je  $H$ .

$$H = U + p \cdot V \quad (\text{J/K})$$

Enačbi za tehnično delo pišemo s pomočjo entalpije:

$$W_{t12} = H_1 - H_2 + Q_{12}$$

### 9.12. Toplota

Toploto označujemo s  $Q$ . Enota je  $J$  (joule).

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + W_{12}$$

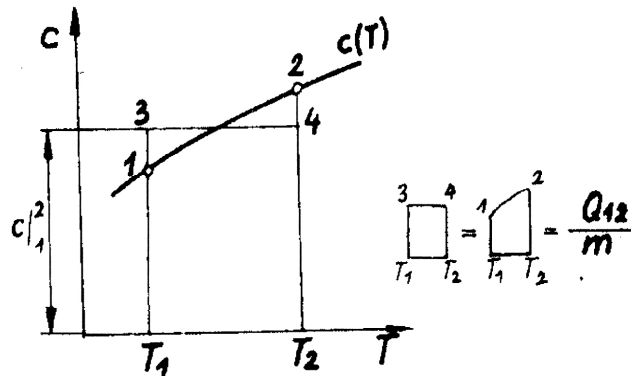
Enačba pove: zaprtemu sistemu dovedena toplota  $Q_{12}$  je pri poljubnem procesu enaka vsoti spremembe notranje energije sistema in pri procesu iz sistema pridobljenega dela.

#### 9.12.1 Specifična toplota

Specifična toplota snovi  $c$  je tista količina toplote, ki je potrebna za povišanje temperature ene količinske enote snovi za en kelvin (ali eno stopinjo Celzija).

$$Q_{12} = m \cdot c \cdot (T_1 - T_2) \quad T\text{-temperatura v K}$$

$$Q_{12} = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad t\text{-temperatura v } ^\circ\text{C}$$



Specifična toplota ni konstantna veličina, temveč je funkcija temperature. Navadno se srednje specifične temperature navajajo za intervale.

### 9.12.1.1. Specifična toplota plinov

Specifična toplota pri konstantnem volumnu  $c_v$

$$Q_v = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2)$$

Specifična toplota pri konstantnem tlaku  $c_p$

$$Q_p = m \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$$

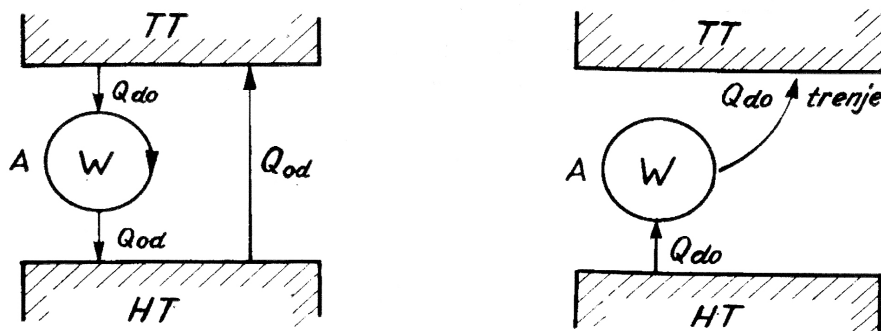
Zveza med  $c_v$  in  $c_p$ :

$$c_p - c_v = R \quad \chi = \frac{c_p}{c_v} \quad c_p = \frac{\chi \cdot R}{\chi - 1} \quad c_v = \frac{R}{\chi - 1}$$

### 9.13. Drugi glavni zakon termodinamike

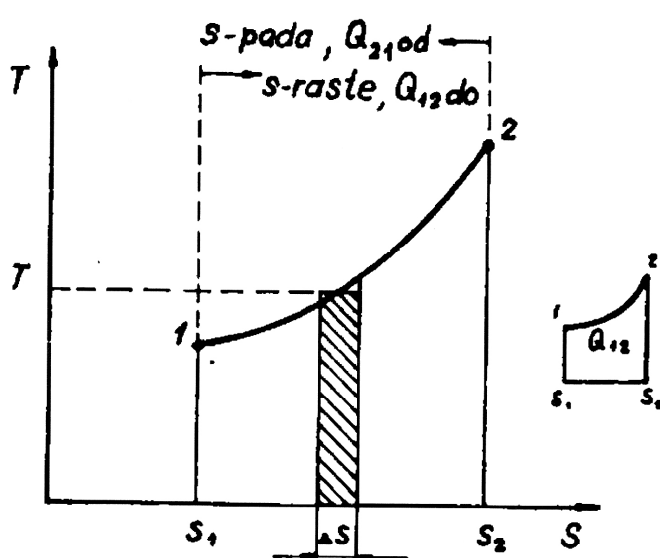
Prvi je Clausius doumel drugi glavni zakon termodinamike in ga leta 1850 tako formuliral:  
Toplota ne prehaja sama od sebe s telesa nižje temperature na telo višje temperature.

Ni mogoč stroj, ki bi črpal toploto iz kalorične notranje energije enega telesa in to toploto pretvarjal v delo, ne da bi pri tem še druga, pri dogodku udeležena telesa, utrpela trajne spremembe. (lord Kelvin)



### 9.14. Entropija

Spoznali smo toploto in si jo skušajmo tako kot delo predstaviti z diagramom. Površina med potjo preobrazbe nam mora predstavljati toploto. Ta diagram bomo imenovali toplotni diagram, enako kot prej delovni:



Razlika entropij med dvema stanjema se izračuna kot integral:

$$\int \left( \frac{dQ}{T} \right)_{\text{pov}}$$

Entropijo označujemo s črko S (J/K)

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Specifična entropija s

$$s = \frac{S}{m} \text{ (J/kgK)}$$

Entropija je takšna veličina stanja, da predstavlja ploskev pod potjo preobrazbe v diagramu T,S izmenjano toploto.

#### 9.14.1. Fizikalni pomen entropije

Entropija je veličina stanja. Če dovajamo kašnemu telesu toploto, njegova entropija narašča, pri odvajanju toplote pa se zmanjšuje. Če ni bilo izmenjane toplote, se tudi ni spremenila entropija.

Celotna sprememba entropije zaključenega sistema (toplo telo, delovna snov, hladno telo) je pri povračljivem procesu tudi enaka nič.

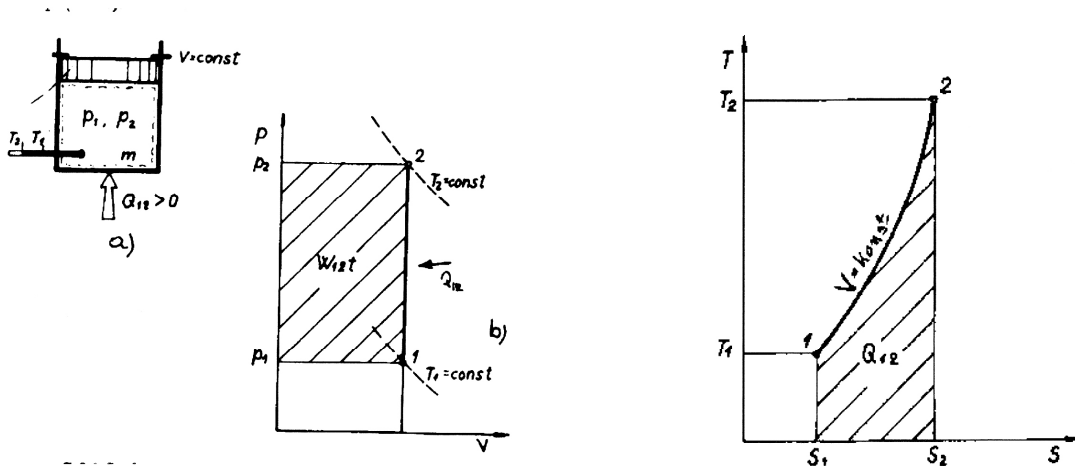
Značilnost za nepovračljive preobrazbe je povečanje entropije zaključenega sistema.

### 9.15. Preobrazbe idealnih plinov

Iz toplote pridobivamo volumensko delo z delovnimi snovmi. Zaradi dobrih pretočnih lastnosti in velikega volumskega raztezka zelo pogosto uporabljamo za delovna telesa pline v toplotnih strojih.

Pri pretoku skozi stroj se stanje plinov spreminja. Plini se termodinamično preobražajo:

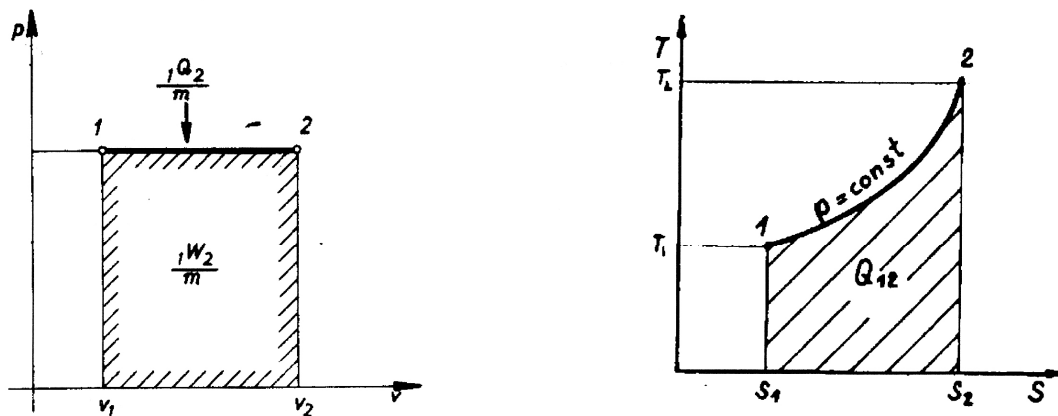
#### 9.15.1. Izohorna preobrazba



$$\frac{p}{T} = konst.$$

$$S_1 - S_2 = m \cdot c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} \quad S_1 - S_2 = m \cdot c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

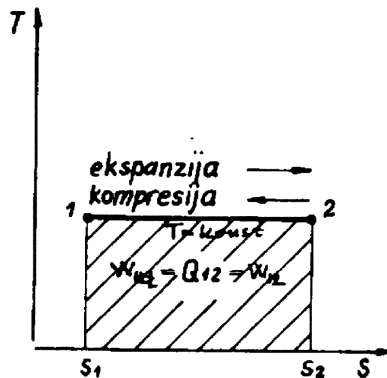
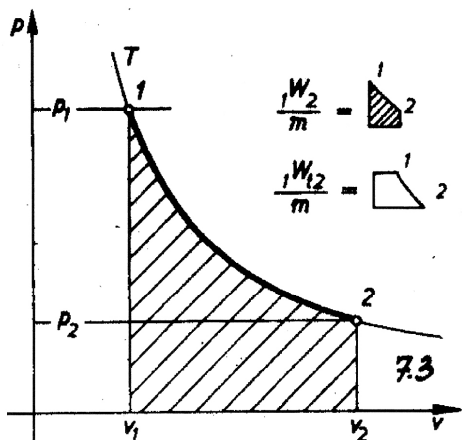
#### 9.15.2. Izobarna preobrazba



$$\frac{V}{T} = konst.$$

$$S_1 - S_2 = m \cdot c_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} \quad S_1 - S_2 = m \cdot c_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

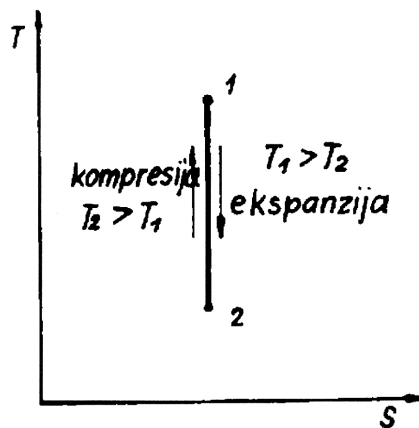
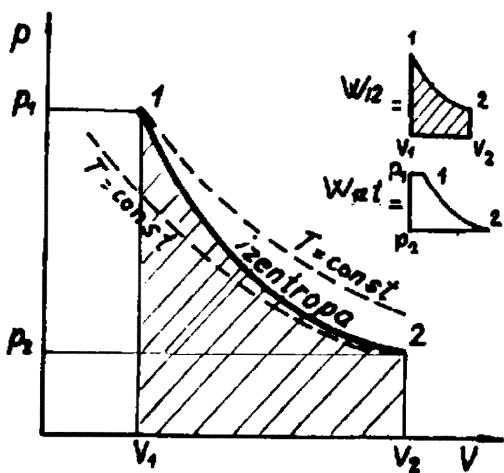
9.15.3. Izotermna preobrazba



$p \cdot V = konst.$

$S_2 - S_1 = m \cdot R \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} \quad S_2 - S_1 = m \cdot R \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$

9.15.4. Izentropna preobrazba



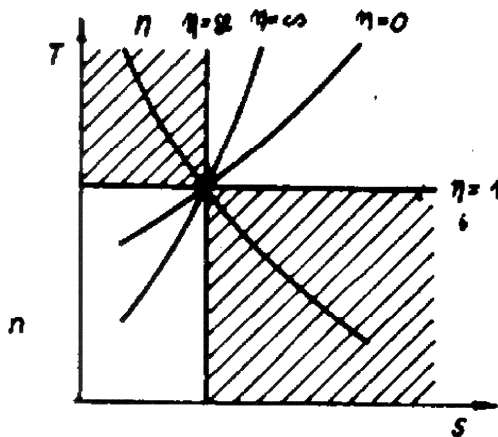
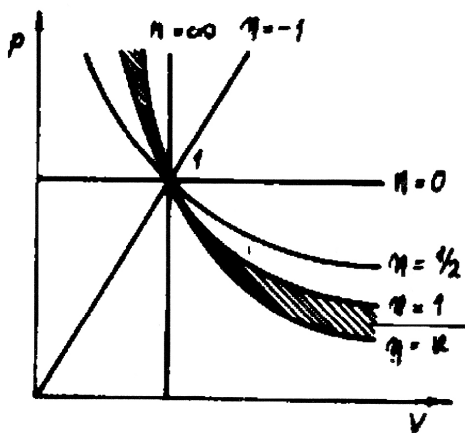
$p \cdot V^\chi$

$S = konst.$

9.15.5. Politropne preobrazbe

$$pV^n = \text{konst.}$$

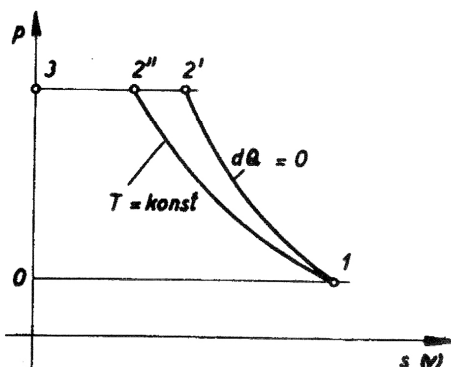
6.35



$$p \cdot V^n = \text{konst}$$

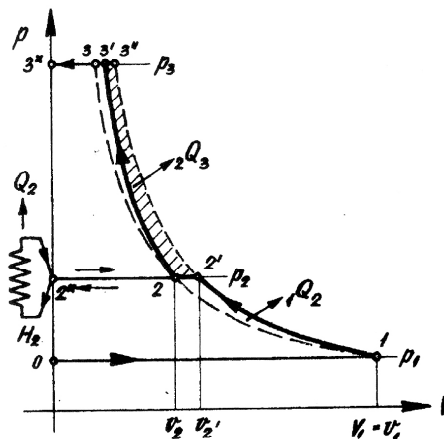
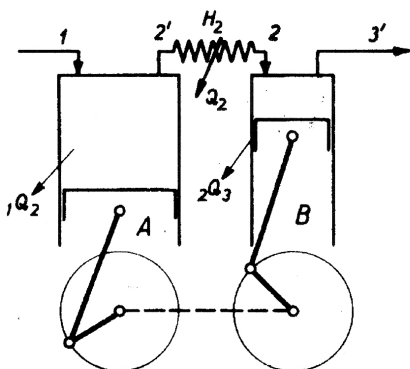
$$s_1 - s_2 = cv \cdot \frac{n - \chi}{n - 1} \ln \frac{T_1}{T_2}$$

10. Kompresorji



Stisnjen zrak pridobivamo v strojih, ki jih imenujemo kompresorji in so pretežno na električni pogon (lahko tudi z motorji z notranjim zgorevanjem). Temperatura komprimiranega zraka je odvisna od poti preobrazbe iz začetnega stanja. Če poteka kompresija brez odvoda toplote, je kompresijska linija izentropa. Izotermno kompresijo dosežemo, če zrak med kompresijo primerno ohladimo.

Če kljub hlajenju dobimo previsoke temperature po kompresiji, ki so nezaželene, ker nam povečajo kompresijsko delo in povzročajo težave pri mazanju, izvedemo kompresijo v več stopnjah.



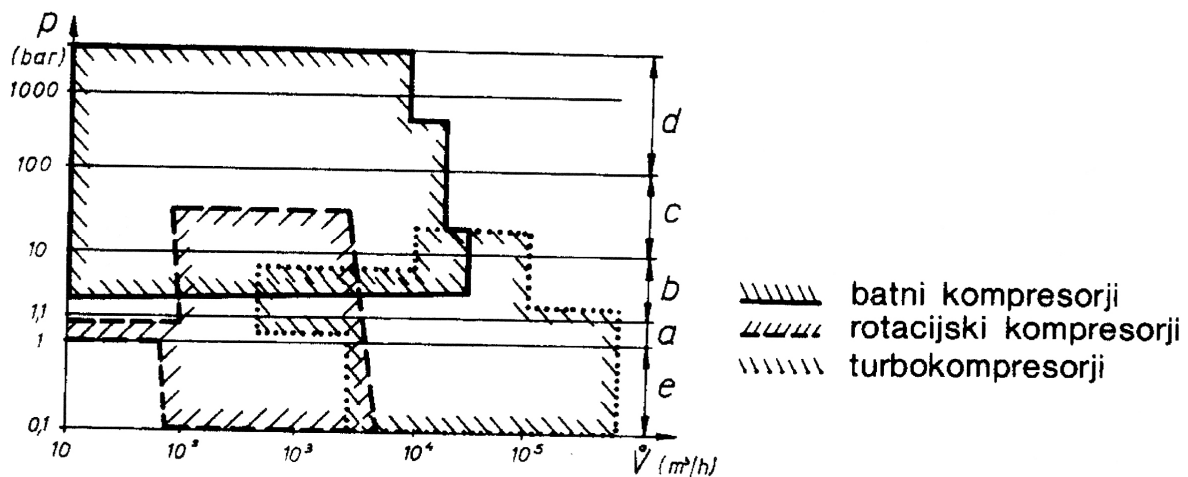
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_3}{p_4} \quad p_2 = \sqrt{p_1 \cdot p_4}$$

## 10.1 Razdelitev kompresorjev

Kompresorji delujejo na principu ustvarjanju tlaka v delovnem prostoru z gibanjem delovnega elementa. Kompresorje delimo po načinu delovanja na:

- batne
- rotacijske
- turbokompresorje

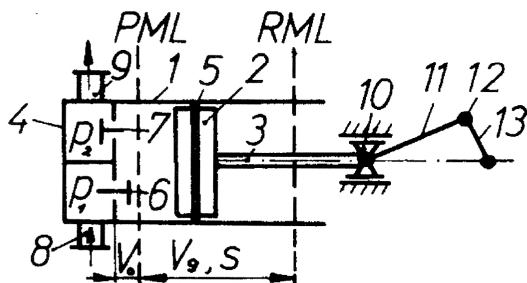
Območje uporabe kompresorjev prikazuje naslednji graf:



a-ventilatorji, b-nizkotlačni kompresorji, c-sredjetlačni kompresorji, d-visokotlačni kompresorji, e-vakuumske črpalke

### 10.1.1 Batni kompresorji

Batni kompresorji so primerni za velike tlake in manjše ter srednje pretoke



Sl. 3.10. Enostransko delujoči batni kompresor:

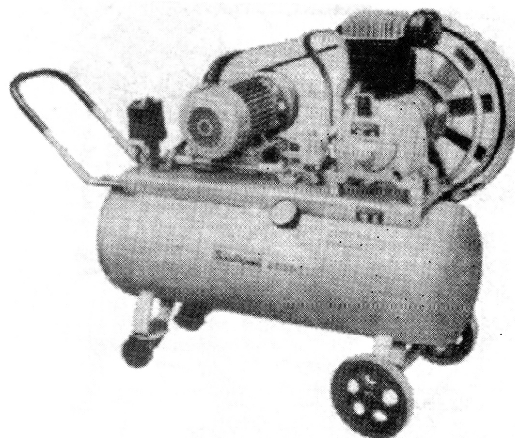
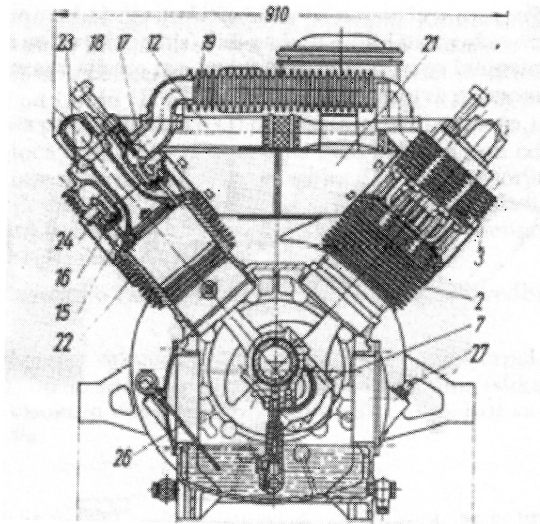
1 – valj, 2 – bat, 3 – batnica, 4 – pokrov valja, 5 – batni obročki, 6 – sesalni ventil, 7 – tlačni ventil, 8 – sesalna cev, 9 – tlačna cev, 10 – križnik, 11 – ojnica, 12 – ročični čep, 13 – ročica,  $V_g$  – gibni volumen,  $V_o$  – volumen škodljivega prostora,  $s$  – gib bata, PML – pokrovna mrtva lega, RML – ročična mrtva lega

Na zunaj razlikujemo dve vrsti kompresorjev: z zračnim hlajenjem in z vodnim hlajenjem. Posebno enostavne izvedbe zračno hlajenih kompresorjev so enovaljni, enostransko delujoči kompresorji, ki komprimirajo zrak za zavorne sisteme na motornih vozilih, v malem

gospodarstvu, na črpalnih postajah za polnjenje avtomobilskih gum...Ti kompresorji imajo od 750 do 3000 vrtljajev na minuto, so enostavni in razmeroma poceni.

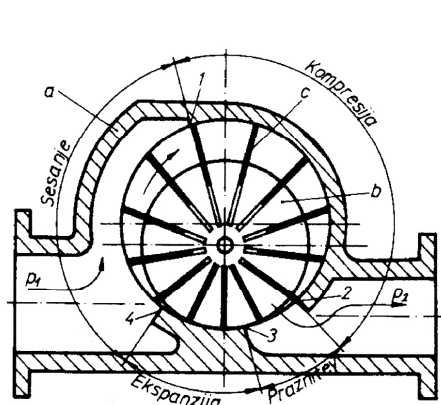
Dvovaljni enostranski zračno hlajeni kompresorji v V izvedbi imajo pretoke od 1,5 do 6m<sup>3</sup>/min, pri tlaku 3 do 9 barov in vrtilni hitrosti od 500 do 1450 min<sup>-1</sup>(na spodnji sliki). Namenjeni so delavnicam za pogon pnevmatskega orodja s stisnjenim zrakom.

Pogosto srečujemo izvedbe, pri katerih so kompresorji skupaj z elektromotorjem in tlačno posodo na stabilnih podstavkih ali na kolesčkih; mobilna izvedba.

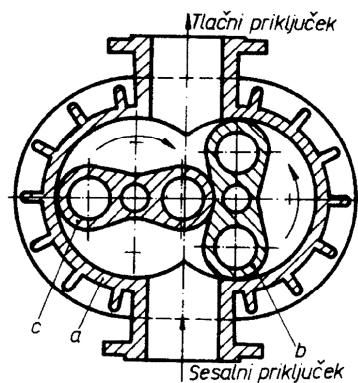


### 10.1.2 Rotacijski kompresorji

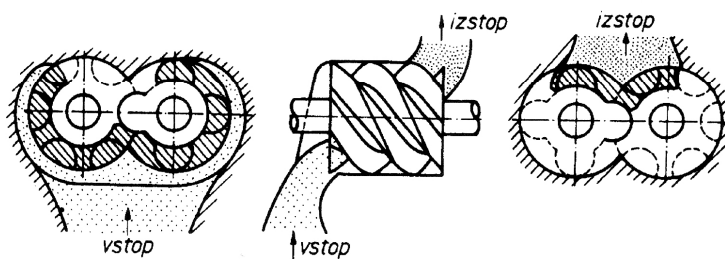
Rotacijske kompresorje uporabljamo za komprimiranje zraka in plinov ali kot vakuumske črpalke za črpanje zraka iz posod. Za njih so značilne majhne dimenzije in majhne teže, nimajo ročičnega mehanizma in ventilov.



Krilni kompresorji



Rootsov kompresor



Vijačni kompresor



### 10.1.3 Turbokompresorji

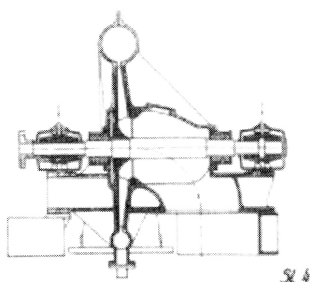
Pri turbokompresorjih se mehanično delo s pogonskega stroja prenaša na pretakajoči se plin preko lopatic rotorja.

Po zgradbi jih delimo na radialne in aksialne, Pri radialnih se plin pretaka od aksialne v radialno smer, pri aksialnih pa ves čas v aksialni smeri.

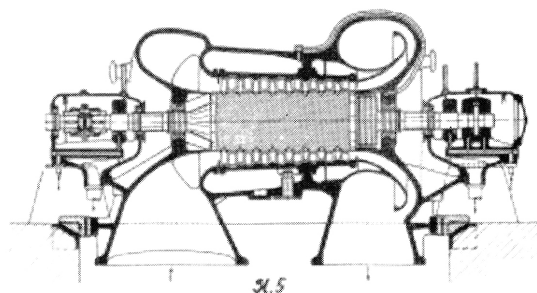
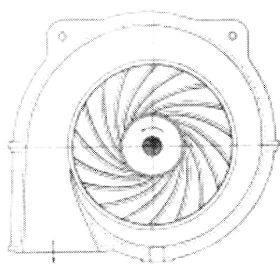
Turbokompresorje delimo glede na kompresijsko razmerje na:

- ventilatorje z  $x = \frac{P_2}{P_1} = 1,1 \dots \dots \dots 1,1$
- puhala z  $x = \frac{P_2}{P_1} = 1,1 \dots \dots \dots 3$  in
- kompresorje  $x = \frac{P_2}{P_1} = 3 \dots \dots \dots 14$

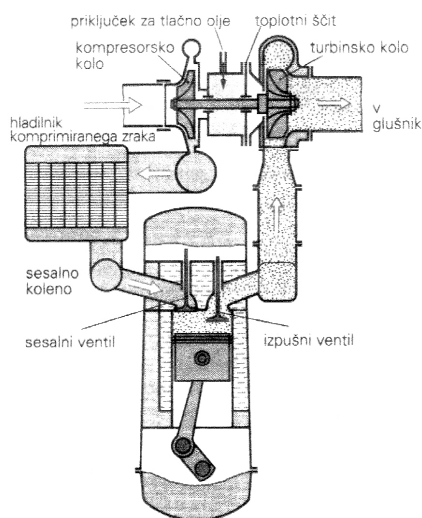
Turbokompresorji so primerni za velike in največje pretoke. Izdelujejo jih v večstopenjskih izvedbah od 3 do 11 stopenj pri radialnih kompresorjih in do 20 stopenj pri aksialnih kompresorjih. Uporabljajo se kot velike stabilne enote. Imajo dober izkoristek in obodne hitrosti do 200 m/s. Ohišja turbokompresorjev so običajno lita, redkeje varjena in razdeljena horizontalno po osi stroja. Največji pretoki komprimiranega zraka so do 1000 m<sup>3</sup>/s.



Radialni turbokompresor



Aksialni turbokompresor

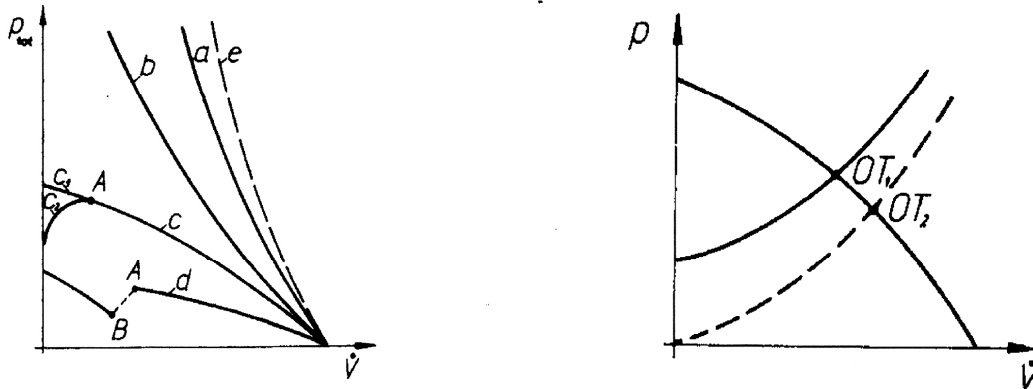


Turbopolnilnik na izpušne pline.

Ob nespremenjeni delovni prostornini in enakem številu vrtljajev motorja povečamo njegovo moč s turbopolnilnikom, ki povečuje polnjenje.

## 10.2 Karakteristika kompresorjev

Karakteristika kompresorja kaže odvisnost tlaka od volumenskega pretoka pri konstantni vrtilni hitrost.



Sl. 3.67. Karakteristike kompresorjev:  
*a* – karakteristika batnega kompresorja, *b* – karakteristika rotacijskega kompresorja, *c* – karakteristika radialnega turbokompresorja, *c*<sub>1</sub> – stabilna karakteristika, *c*<sub>2</sub> – labilna karakteristika, *d* – karakteristika aksialnega turbokompresorja, *e* – teoretični pretok pri batnem kompresorju, *A* – meja črpanja, *A-B* – labilno področje karakteristike z nestabilnimi delovnimi točkami

Obratovalna točka kompresorja oziroma ventilatorja

## 11. Črpalke

Črpalke so delovni stroji, ki črpajo tekočino z nižjega na višji nivo ali z nižjega na višji tlak. Črpalka premaguje višino, tlak ali odpor.

Črpalke delujejo tako, da ustvarjajo tlačno razliko med sesalno in tlačno stranjo oz ustvarjajo podtlak v delovnem prostoru z gibanjem delovnega elementa.

Po načinu delovanja delimo črpalke na:

- hidrostatične (batne in rotacijske);
- hidrodinamične (turbočrpalke);
- posebne (ejektor, injektor, elektromagnetne črpalke...).

Najpogosteje so v rabi turbočrpalke.

### 11.1 Batne črpalke

Batne črpalke so vedno opremljene s tlačnim in sesalnim ventilom, da krmilita sesalni in tlačni gib. So bolj zapletene kot druge črpalke in ji uporabljamo samo še za posebne namene. Z njimi dosegamo največje tlake.

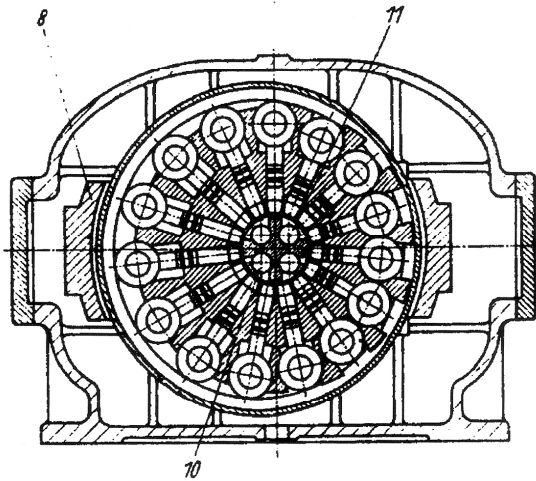
Posebne oblike batnih črpalke so membranske črpalke.

Membranske črpalke nimajo drsnih površin med batom in valjem, zato ni nevarno, da bi črpana tekočina izhajala v okolico. Primerne so za črpanje strupenih ali agresivnih tekočin.

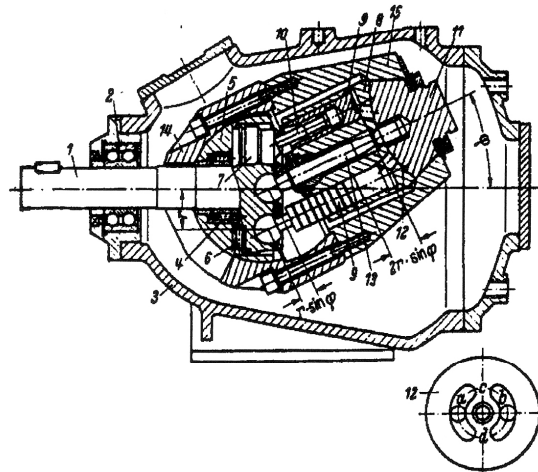
Batne črpalke uporabljamo:

- za vbrizganje goriva pri motorjih z notranjim zgorevanjem;
- za hidrostatične prenose moči;

- za oskrbo majhnih pretokov v kemični industriji;
- za črpanje nafte;
- za pogon hidravličnih mehanizmov;
- kot dozirne črpalke.



Radialna batna črpalka



Aksialna batna črpalka

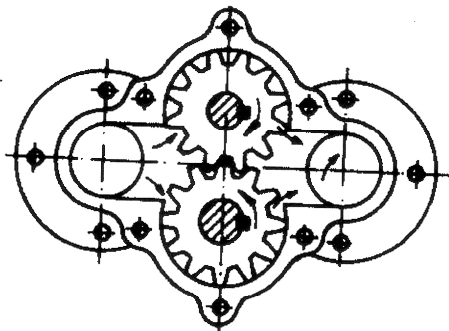
## 11.2 Rotacijske črpalke

Rotacijske črpalke delujejo podobno kot batne, na principu izpodrivanja tekočine iz delovnega prostora (črpalke) z gibanjem delovnega elementa (zobnika, vijaka, krila...)

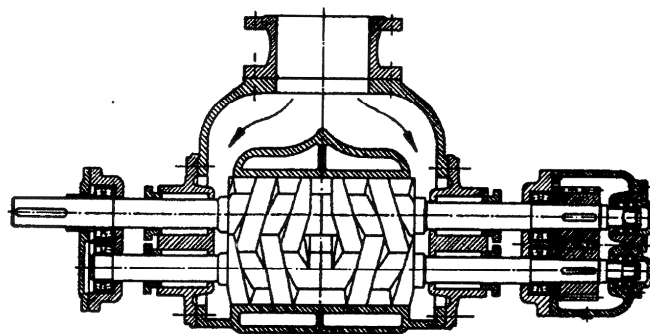
Prednosti:

- ni pospeševanja in pojemanja mase tekočine;
- niso potrebni ventili;
- niti ne potrebujejo ročičnega mehanizma.

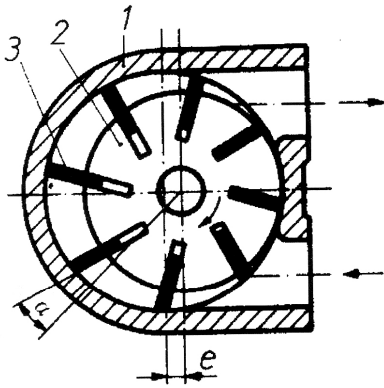
V primerjavi z batnimi črpalkami so manjše in konstrukcijsko enostavne in cenejše. Uporabljamo ji za srednje pretoke in srednje velike tlake.



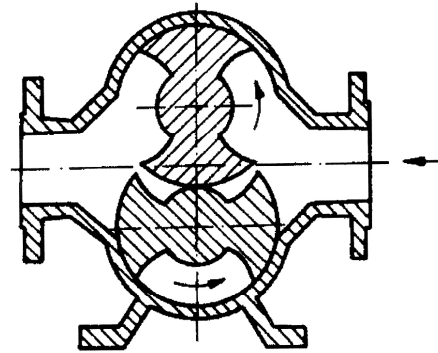
Zobniška črpalka



Dvovretenska vijakna črpalka



Črpalka z rotirajočimi krili



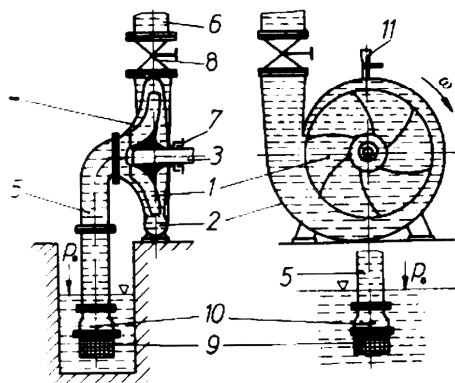
Črpalka z rotirajočimi bati

### 11.3 Turbočrpalke

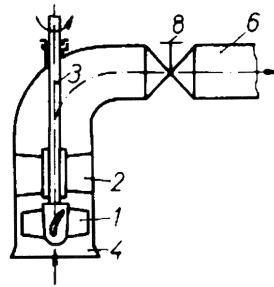
Pri turbočrpalkah se mehansko delo prenaša na črpano tekočino posredno prek kinetične energije v rotorju. Oddajanje energije se začne, ko tekočina vstopi v rotor, in konča, ko tekočina rotor zapusti. Ta energija se v rotorskih kanalih pretvarja delno v tlačno energijo, delno pa v kinetično energijo.

Nimajo ventilov ne ročičnega mehanizma, zato so v primerjavi z batnimi manjše, lažje in cenejše. Slaba stran sta slabši izkoristek pri manjših pretokih in visokih tlakih ter zapleten zagon.

Princip delovanja turbočrpalk:



Radialna turbočrpalka



Aksialna turbočrpalka

- 1 – rotor
- 2 – vodilnik
- 3 - gred
- 4 – ohišje
- 5 – sesalni cevovod
- 6 – tlačni cevovod
- 7 – tesnilo
- 8 – regulirni ventil
- 9 – sesalni koš
- 10 – nožni ventil
- 11 – nalivno grlo

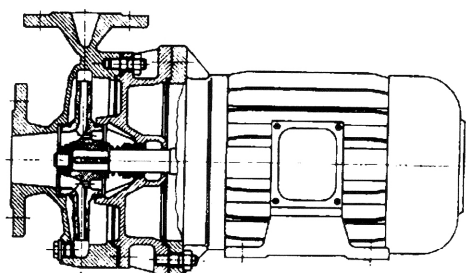
Delimo jih v:

- nesamosesalne črpalke;
- samosesalne črpalke.

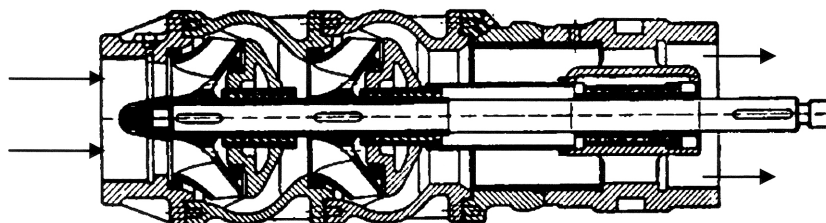
Nesamosesalne turbočrpalke delimo:

- radialne;
- diagonalne;
- aksialne;

Turbočrpalke uporabljamo v praksi največ izmed vseh črpalk. Uporabljamo jih v industriji, v kmetijstvu in v stanovanjskem gospodarstvu.



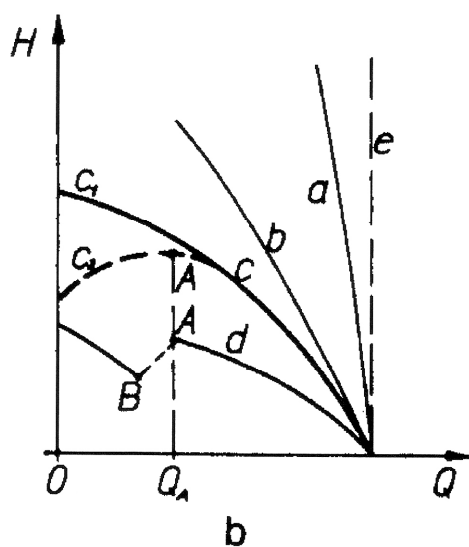
Enostopenjska radialna črpalka



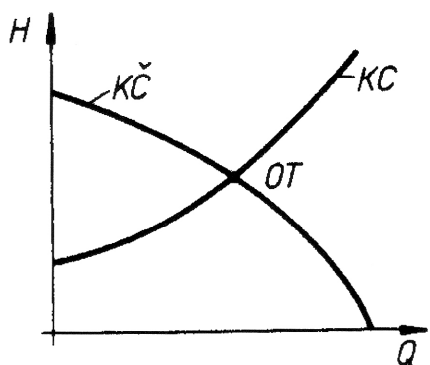
Diagonalna črpalka

### 11.4 Karakteristike črpalk

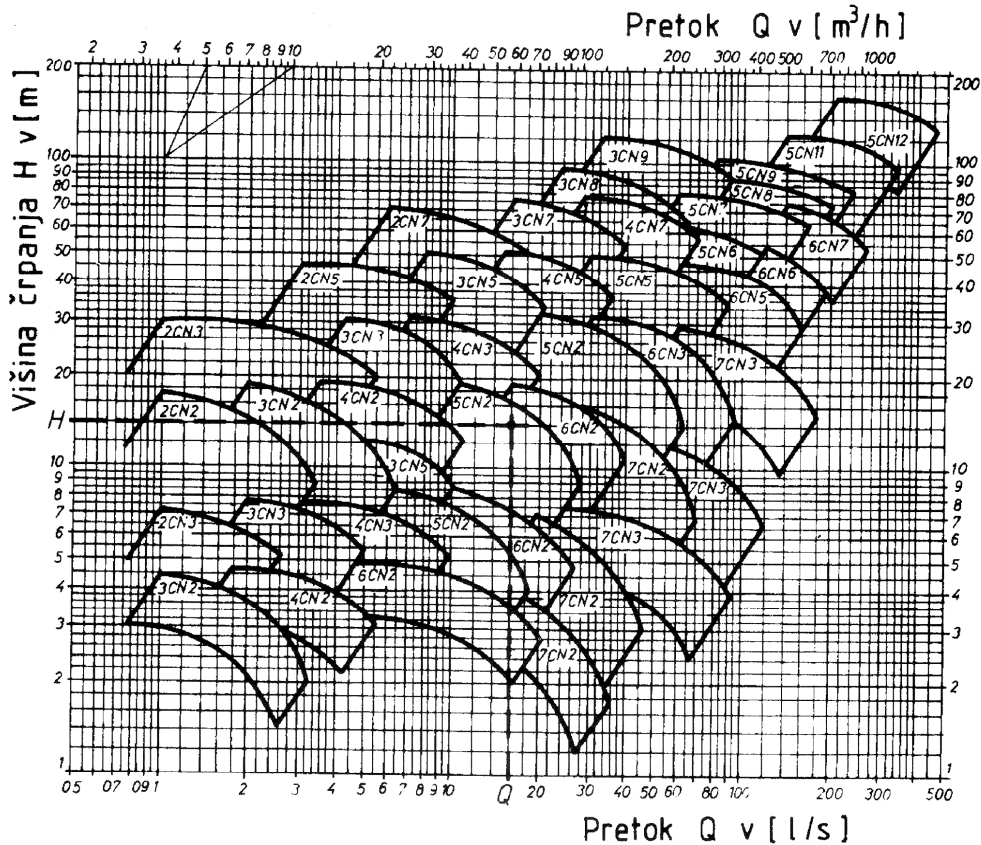
Karakteristike podajajo odvisnost črpalnega tlaka  $H$  od pretoka  $Q$  pri dani vrtilni hitrosti in jih običajno imenujemo dušilna krivulja.



- a – karakteristika batne črpalke
- b – karakteristika rotacijske črpalke
- c - karakteristika radialne turbočrpalke
- c<sub>1</sub>- stabilna karakteristika
- c<sub>2</sub>- labilna karakteristika
- d – karakteristika aksialne turbočrpalke
- e – teoretični pretok



- OT - obratovalna točka črpalke
- KC – karakteristika cevododa
- KČ – karakteristika črpalke

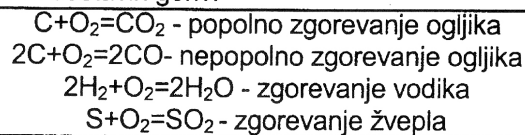


Primer izbire tipa črpalke iz diagrama – Q,H

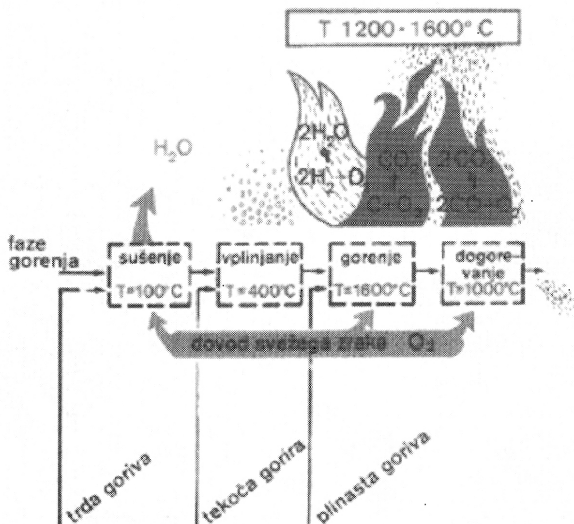
## 12. Zgorevanje

Zgorevanje je kemični proces oksidacije goriva, pri katerem se razvije zgorevalna toplota  $H_s$ .

ZGOREVANJE osnovnih sestavin goriv:



Produkta nepopolnega zgorevanja sta CO in saje. Ogljikov monoksid ni samo strupen ampak zmanjšuje izkoristek zgorevanja. Popolno zgorevanje dosežemo s presežkom zraka, vendar moramo ta presežek zraka dodatno segreti.



Zgorevalna toplota  $H_s$  (J/kgK) ali zgornja kurilnost je vsa pri zgorevanju sproščena toplota. Pri tem vodne pare kondenzirajo v kapljice žveplene kisline, ki korodira ogrevalne površine. Zato se v tehniki redko uporablja  $H_s$ .

Kurilnost  $H_i$  (J/kg) ali spodnja kalorična vrednost je vsa pri zgorevanju sproščena toplota, če dimne pline ohladimo do rosišča vodne pare. Na ta način izgubimo del toplote, ker para dimnih plinov ne kondenzira, vendar s tem zmanjšamo korozijo.

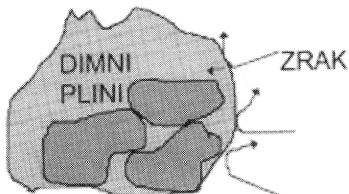
## 12.1 Razmernik zraka

$$Z = \lambda \cdot Z_{\min}$$

$Z$  – dejanska količina zraka

$Z_{\min}$  – teoretična količina zraka

Pri presežku zraka moramo segrevati presežno količino zraka, ki se izgublja v dimnik. Zato je pomembno, da poznamo dejansko potrebno količino zraka, ki zagotavlja popolno zgorevanje.



Slika 5.1 Dimni plini ovirajo dostop svežega zraka

ročna kurišča  $\lambda=1,6$  do  $2$   
 mehanična kurišča  $\lambda=1,3$  do  $1,6$   
 kurišča na olje  $\lambda=1,2$  do  $1,4$   
 plinska kurišča  $1,05$  do  $1,2$

Zgorevanje lahko izboljšamo:

- zvišamo temperaturo. Pri  $800^{\circ}\text{C}$  zgorijo vse sestavine. Primer ciklonska kurjava (na premogov prah) ima temperaturo nad tališčem žilindre, ki se odvzema v raztaljenem stanju;
- povečano hitrost zraka, pri čemer se plast  $\text{CO}_2$ , ki obdaja goreč delček razbije;
- povečamo tlak, s čimer povečamo gostoto dimnih plinov in količino goriv;
- povečamo aktivno površino goriva (Uporaba premogovega prahu, razprševanje kurilnega olja.).

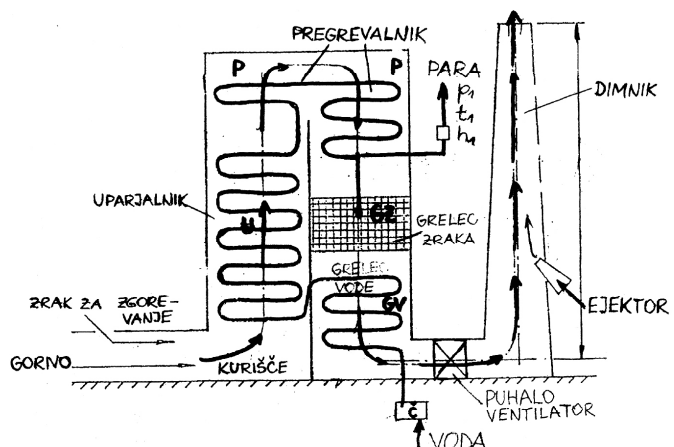
## 13. Parni kotli

Parni kotel je naprava za proizvodnjo vodne pare, ki je potrebna za pogon parnih strojev in za različne kemične ter tehnološke procese.

Naloga projektanta in proizvajalca parnega kotla je, proizvodnjo vodne pare zagotoviti ob čim manjši porabi goriva, torej ob čim večjem izkoristku. Sodobni parni kotli obratujejo z izkoristki do  $\eta=0,94$ , kar pomeni, da od  $100$  kg goriva dovajanih v kurišče kotla, kotel predela v toplotno energijo, oddano s paro potrošniku,  $94$  kg in le  $6$  kg porabi za pokrivanje obratovalnih izgub. S tega stališča je parni kotel tehnično visoko razvita toplotna naprava. S termodinamičnega stališča je ekonomična proizvodnja vodne pare zagotovljena predvsem pri visokih tlakih  $p$  in visokih temperaturah  $t$ , pri čemer ima prednost visoki tlak.

### 13.1. Izvedba parnega kotla

Glavni sestavni deli sodobnega kotla: kurišče, uparjalnik, pregrevalnik, kot primarni deli, in grelnik vode (economiser), grelnik zraka, oprema kurišča, naprave za vlek, regulacijska oprema in nadzorna oprema, kot sekundarni deli. S primarnimi deli je zagotovljena proizvodnja pare, s sekundarnimi pa predvsem minimalna poraba goriva in s tem optimalni izkoristek.



Za racionalno izvajanje toplotnega procesa v parnem kotlu je odločilno hitro, neposredno in ekonomično prenašanje toplote, vezane v gorivu na vodo v cirkulacijskem sistemu. Iz osnov termodinamike vemo, da je prenos toplote zagotovljen s sevanjem, prestopom in prevodom toplote. S toplotnega stališča je preračunavanje parnega kotla določanje potrebnih ogrevalnih površin cirkulacijskega sistema za prenos toplotne energije z goriva na vodo.

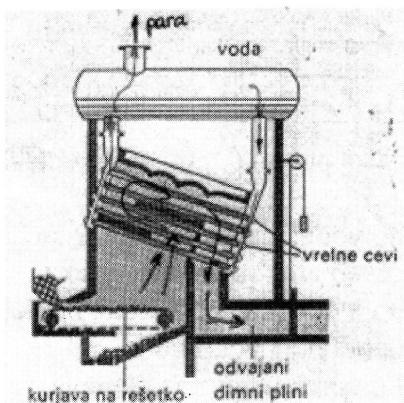
### 13.2. Sistemi in vrste parnih kotlov

Po tlaku razlikujemo nizekotlačni sistem s tlakom  $p < 0,5$  bar in visokotlačni sistem s tlakom  $p \geq 0,5$  bar

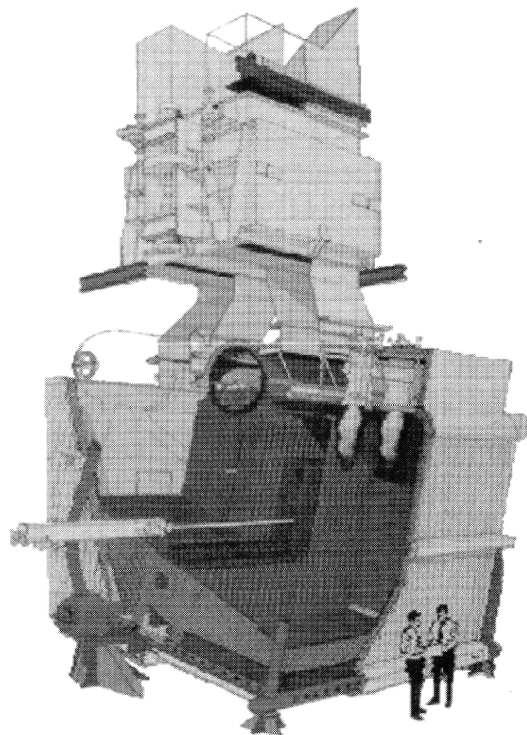
Glede na količino vode, s katero kotli obratujejo razlikujemo, velevsebinski sistem in malovsebinski sistem.

Velevsebinski sistem obratujejo z relativno veliko količino vode. Nevarni so glede eksplozije, možne so le majhne ogrevalne površine, izkoristek je razmeroma majhen. Primerni so za nizke in najnižje tlake. V to skupino sodijo: plamenocevni, dimnocevni, lokomotivski in nekateri ladijski kotli.

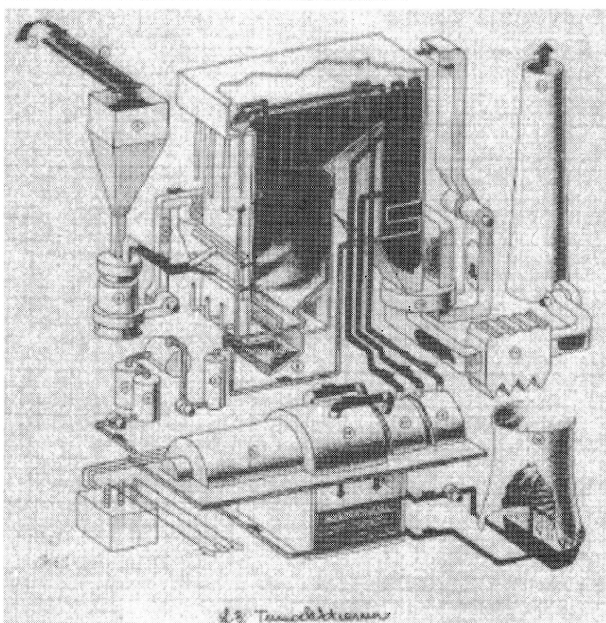
Malovsebinski sistemi obratujejo z relativno majhno količino vode. Glede eksplozije so taki sistemi manj nevarni ali celo nenevarni. Malovsebinski sistem so obenem tudi visokotlačni sistemi, primerni tudi za najvišje tlake. Primerni so za velike zmogljivosti, odlikujejo se z zelo dobrimi izkoristki. V to skupino sodijo poševnocevni, strmocevni, vertikalnocevni, ekranski (žarčilni) in posebni kotli.



Poševnocevni kotel



Ladijski kotel



Termoelektrarna



## 14. Hladilni stroji

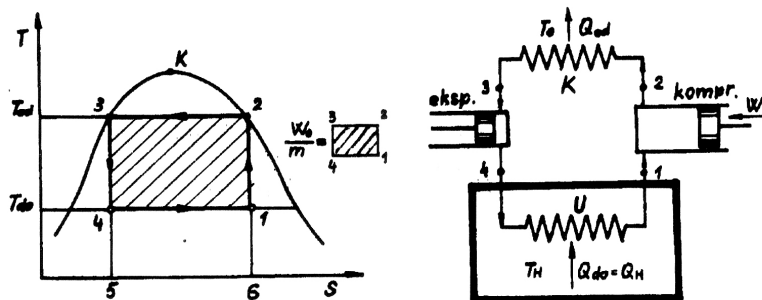
Hladilne procese razdelimo v dve osnovni skupini:

- procesi s porabo mehanskega dela
- procesi s porabo kake druge oblike energije

Prvi so precej razširjeni kot kompresorski procesi s drugi pa kot absorpcijski.

### 14.1. Carnotov proces

Najbolj pripraven je tehnični dovod in odvod toplote po izobari. Izobare so pa v območju mokre pare tudi izoterme. Na spodnji sliki vidimo diagram – T,S tega procesa in shemo strojnih naprav s štirimi različnimi elementi.

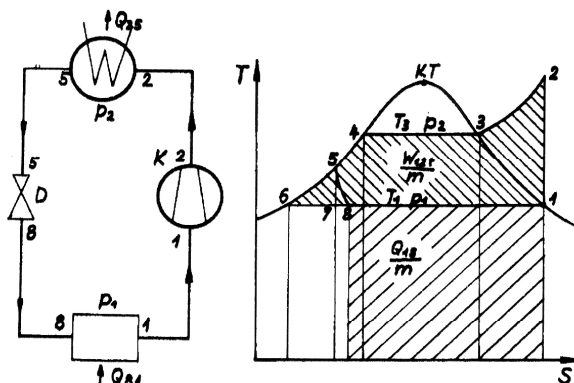


### 14.2. Levi Rankinov proces

V praksi ni idealnega procesa in ga tudi ne izvajamo iz dveh razlogov: delo ekspanzijskega stroja je v primerjavi z delom kompresorja silno majhno in težko je napraviti stroj, v katerem bi kapljevina ekspandirala v zmes kapljevine in pare. Ta stroj bi delal velike težave pri obratovanju in zlepa ne bi zadeli pravilno lego stanja 1. To pa pomeni, da bi bilo zelo trajno nuditi kompresorju tako zmes kapljevine in pare, da bi padlo stanje 2 vsaj v neposredno bližino mejne krivulje.

Iz dveh razlogov si popravimo proces na desni in levi strani, čeprav ga s "popravki" termodinamično pokvarimo. Ekspanzijo z opravljenim delom nadomestimo z ekspanzijo brez dela v dušilnem ventilu. Dušenje je nepovračljiva preobrazba in poslabša proces. Na drugi strani je dušilni ventil zelo preprost in pri obratovanju zanesljiv.

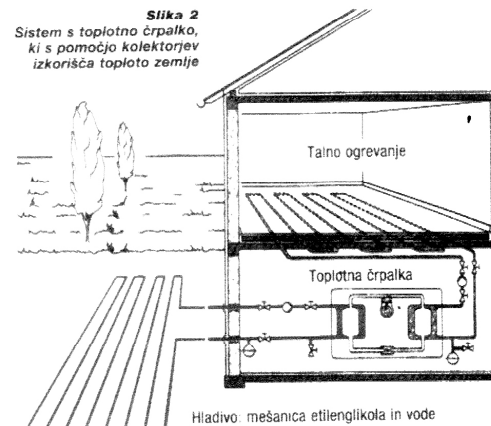
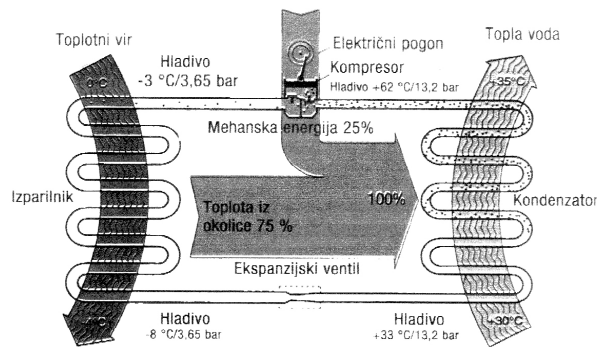
Namesto da leži stanje 1 v območju mokre pare, ga premaknemo do zgornje meje krivulje in dovajamo kompresorju suho paro stanja 1. Spremenjeni hladilni proces z dušenjem in suhim sesanjem je prikazan na spodnji skici



S 9.22 Levi Rankinov proces v diagramu – T, s

### 14.3. Toplotne črpalke

Levi proces lahko uporabljamo za gretje s toplotno črpalko. Toplota, ki se v kondenzatorju odvaja od hladilne tekočine okolici na višji temperaturi, lahko služi za ogrevanje zgradb ali sanitarne vode. Za dvig toplote na višjo temperaturo nam rabi kompresor. Delo kompresorja ne sme biti preveliko, če naj bo to gretje. Za ekonomično gretje sme biti temperaturna razlika okoli 50 K (največ 80 K).



## 15. Prenos toplote

Toplota se prenaša s snovi na snov ali po snovi na štiri načine:

- s prevodom,
- s prestopom,
- sevanjem,
- z združevanjem.

### 15.1. Prevod toplote

Zaradi temperaturne razlike se prevaja toplota po trdni snovi z delca na delec. Ta prevod je lahko delno oviran. Toplotna prevodnost  $\lambda$  je toplotni tok, ki se prevede skozi snov na preseku  $1\text{ m}^2$  pri temperaturni razliki 1K.

Toplotni tok;

$$\Phi = A \cdot \frac{\lambda}{d} (t_1 - t_2)$$

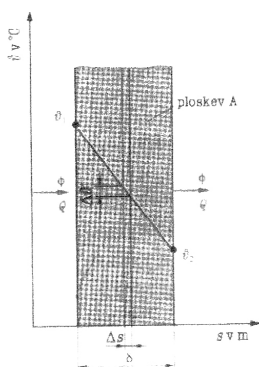
$\Phi$  – toplotni tok (W)

$A$  – prerez prevoda ( $\text{m}^2$ )

$\lambda$  – toplotna prevodnost (W/mK)

$d$  – debelina snovi (m)

$(t_1 - t_2)$  – temperaturna razlika (K, °C)



$$\frac{d}{\lambda} = R (\text{m}^2\text{K} / \text{W}) \dots\dots\dots \text{toplotna prevodna upornost}$$

#### T. 2.4 Toplotne prevodnosti nekaterih snovi

kovine	$\lambda = 7,0 - 420\text{ W/mK}$
naravni kamen	$\lambda = 2,3 - 4,1\text{ W/mK}$
gradbeni materiali	$\lambda = 0,2 - 3,5\text{ W/mK}$
izolacijski materiali	$\lambda = 0,035 - 0,12\text{ W/mK}$
plini	$\lambda = 0,01 - 0,2\text{ W/mK}$
tekočine	$\lambda = 0,1 - 0,6\text{ W/mK}$

## 15.2. Prestop toplote

Toplota zelo nerada prestopa s snovi na snov, če nimata obe enakega agregatnega stanja. Pri prestopu z zraka na trdno steno, z vode ali pare na steno cevi in podobno, pride do sorazmerno velikega padca temperature.

Prestop izračunamo:

$$\phi = A \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_2)$$

$\Phi$  – toplotni tok (W)

A – površina na katero ali s katere prestopa toplota na plin, tekočino ali paro ( $m^2$ )

$\alpha$  – toplotna prestopnost ( $W/m^2K$ )

$(t_1 - t_2)$  – temperaturna razlika med plinom, tekočino ali paro in temperaturo površine trdne snovi, na katero prestopa toplota (K, °C)

Pri tem lahko pišemo tudi:

$\frac{1}{\alpha_i} = R_i$  ( $m^2K/W$ )...toplotna prestopna upornost pri prestopu na notranji strani stene;

$\frac{1}{\alpha_e} = R_e$  ( $m^2k/W$ )....toplotna prestopna upornost pri prestopu na zunanji strani stene.

Toplotna prestopnost  $\alpha$  je toplotni tok, ki prestopi z  $1m^2$  površine pri temperaturni razliki 1 K. Odvisno je od obeh snovi, med katerima toplota prestopa. Če je trdna snov bolj hrapava, je  $\alpha$  večja. Čim večje je vrtinčenje, redkejše so snovi ob površini in čim gostejša je, tem večja  $\alpha$ . Za razne primere, npr.: zrak ob navpični steni, para v cevi, turbulentni tok okrog cevi ipd...Za prestop toplote z zraka na normalno izvedene površine zgradb so izbrane vrednosti  $\alpha$  v tabeli

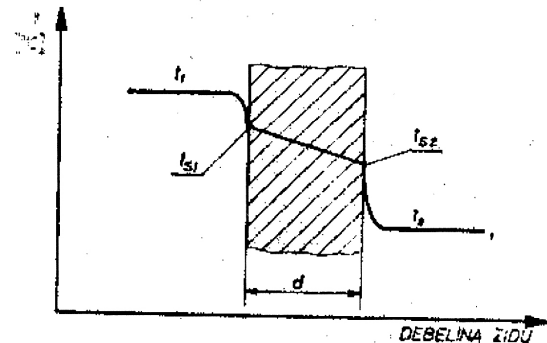
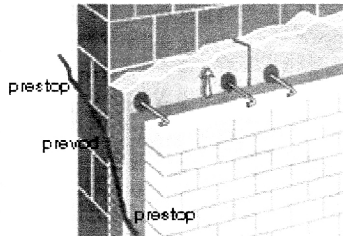
T. 2.5 — Toplotne prestopnosti in prestopne upornosti v zgradbah

Gradbena konstrukcija	$\alpha_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\alpha_e$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_i$ [m <sup>2</sup> K/W]	$R_e$ [m <sup>2</sup> K/W]	$R_i + R_e$ [m <sup>2</sup> K/W]
zunanji zid <sup>1</sup>	8	23	0,13	0,04	0,17
notranji zidovi v stanovanju in proti stopnišču	8	8	0,13	0,13	0,26
stropna konstrukcija med stanovanji	8	8	0,13	0,13	0,26
pod na tleh (npr. v kleti)	6	—	0,17	0	0,17
stropna konstrukcija proti podstrešju <sup>2</sup>	8	23	0,13	0,04	0,17
stropna konstrukcija nad kletjo	8	6	0,13	0,17	0,30
stropna konstrukcija nad odprtimi prehodi	6	23	0,17	0,04	0,21
ravne in poševne strehe — stropi nad ogrevanimi prostori	8	23	0,13	0,04	0,17

### 15.3. Prehod toplote skozi steno

Toplota se prenaša navadno z zraka v prostoru na zrak zunaj stavbe skozi zidove, strope, okna in vrata. Padec temperature pri prehodu skozi steno opazujemo v diagramu.

Prenos toplote v gradbenih konstrukcijah sestavljajo vsi trije naravni načini. Ta združen proces, ki se pojavi vedno, ko obstaja razlika v temperaturah med notranjostjo konstrukcije in okolico, imenujemo prehod toplote. Opredelimo ga s toplotno prehodnostjo  $k$  in merimo v  $W/m^2K$ . Preko  $1\ m^2$  velike konstrukcije s toplotno prehodnostjo  $k = 1\ W/m^2K$  prehaja pri temperaturni razliki  $1K$  toplotni tok z močjo  $1W$ .



Toplotna prehodnost " $k$ " je sestavljena iz obeh toplotnih prestopnosti in toplotne prevodnosti:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

ker je  $\frac{1}{\alpha_i} = Ri$      $\frac{1}{\alpha_e} = Re$      $\frac{d}{\lambda} = R$ , je tudi  $\frac{1}{k} = Rk$

$$R_k = R_i + R + R_e$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_i + R + R_e}$$

Toplotni tok skozi steno znaša:

$$\Phi = A \cdot k \cdot (t_1 - t_2)$$

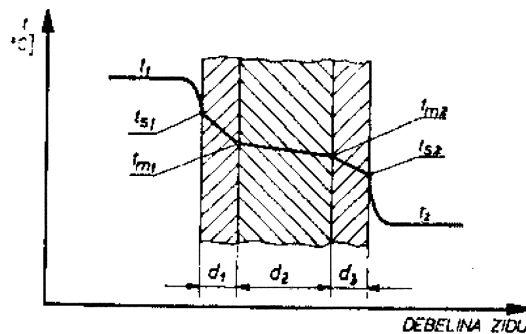
$\Phi$  – toplotni tok (W)

$A$  – površina stene (m<sup>2</sup>)

$k$  – toplotna prehodnost (W/m<sup>2</sup>K)

$(t_1 - t_2)$  – temperaturna razlika med zrakom v prostoru in zunaj njega (K, °C)

Če ima stena več plasti je



$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_e$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_e}$$

Na sliki vidimo, da ima vsaka plast drugačno toplotno prevodnost. Srednja plast npr. bolje prevaja toploto kot zunanja. Zato je tudi funkcija temperature v tej plasti položnejša. Razlika med temperaturo stene  $t_{s1}$  in vmesno temperaturo  $t_{m1}$  je večja. Pri izolatorjih je taka temperaturna razlika še večja in funkcija še bolj strma.

### 15.4. Sevanje

Elektromagnetno valovanje z valovno dolžino približno 0,8 – 400  $\mu$  (infra rdeče sevanje) občutimo kot toploto. Snov z višjo temperaturo oddaja energijo s takim valovanjem, to je sevanjem. Toplotni tok sevanja določimo:

$$\phi_s = A \cdot \alpha_s \cdot (t_1 - t_2)$$

$\Phi_s$ (W) -	toplotni tok sevanja
A (m <sup>2</sup> ) -	površina ploskve, ki seva
$\alpha$ (W/m <sup>2</sup> K) -	sevalna toplotna prestopnost
t <sub>1</sub> -	temperatura površine, ki seva toploto
t <sub>2</sub> -	temperatura okolice

Sevalna toplotna prestopnost je toplotni tok, ki ga odda snov s sevanjem z 1 m<sup>2</sup> površine je pri temperaturni razliki 1 stopinje.

$$\alpha_s = \beta \cdot C$$

C (W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>) je sevalna konstanta. Sevalna konstanta toplotno črnega telesa, to je takega, ki vso toploto absorbira in je nič ne odbije, je  $C_s = 5,67 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ . Praktično pa snovi niso toplotno črne. Sevalno konstanto določimo s pomočjo emisivnosti  $\varepsilon$ , ki pove, koliko del toplote bo kako telo absorbiralo. Emisivnost  $\varepsilon$  poiščemo v priročniku B. Krauta.

$$C = \varepsilon \cdot C_s = \varepsilon \cdot 5,67 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

Ker se sevalni koeficient spreminja s temperaturo, pomnožimo sevalno konstanto  $C_s$  s temperaturnim koeficientom  $\beta$ :

$$\beta = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2} \quad T_1, T_2 \text{ (K)} - \text{ absolutni temperaturi površin in okolice}$$

Če upoštevamo osnovno enačbo sevanja in ker je razlika  $(T_1 - T_2)$  enaka, je končna oblika enačbe za oddajo toplote s sevanjem:

$$\phi_s = A \cdot \varepsilon \cdot C_s \left[ \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right]$$

Pri nižjih temperaturah je količina sevalne toplote majhna. Raste pa s četrto potenco absolutne temperature. Pri višjih temperaturah tako oddane toplote okolici ne smemo zanemariti.

**KAZALO**

1.	Hidrostatski tlak na ravno ploskev .....	1
2.	Širjenje tlaka, Pascalov zakon.....	1
3.	Hidravlični stroji in naprave .....	2
4.	Pretakanje tekočin .....	3
5.	Kontinuitetna enačba .....	3
6.	Bernoulijeva enačba – energija tekočine .....	4
7.	Tlačne izgube v cevi .....	6
7.1	Tlačne izgube v ravnem delu cevi .....	6
7.2	Tlačne izgube v kolenih, armaturah itd.....	9
7.3	Celotne tlačne izgube .....	9
8.	Elementi transportnih naprav .....	10
8.1	Vrvi .....	10
8.2	Bremenski kavljki .....	11
8.3	Škripčevje .....	12
8.4	Škripčevje na verigo .....	13
8.5	Žerjavi .....	13
8.5.1	Viseči žerjav.....	13
8.5.2	Mostni žerjavi .....	14
8.5.3	Konzolni žerjavi.....	14
8.5.4	Vrtljivi stolpni žerjavi .....	14
8.5.5	Portalni žerjavi .....	15
8.5.6	Prevozna dvigala.....	16
8.6	Transporterji.....	16
8.6.1	Tračni transporterji.....	16
8.6.2	Trak .....	16
8.6.3	Podporni valji.....	17
8.6.4	Verižni transporter .....	18
8.6.5	Viseči krožni transporterji (konvejerji).....	19
8.6.6	Elevatorji.....	19
8.6.6.1	Elevatorji za transport sipkega materiala.....	19
8.6.6.2	Elevatorji za transport kosovnega materiala .....	20
8.6.7	Polžasti transporterji .....	21
8.6.8	Valjni transporterji .....	21
8.6.9	Pnevmatični transporterji .....	22
9.	O energijah.....	23
9.6	Toplota, temperatura .....	23
9.7	Prvi glavni zakon termodinamike .....	24
9.8	Pridobivanje dela iz teles .....	24
9.9	Diagram – p,V.....	24
9.10	Matematična formulacija prvega glavnega zakona.....	25
9.11	Ravnotežno tehnično delo.....	25
9.12	Toplota .....	25
9.12.1	Specifična toplota.....	25
9.12.1.1	Specifična toplota plinov .....	26
9.13	Drugi glavni zakon termodinamike.....	26
9.14	Entropija.....	27
9.14.1	Fizikalni pomen entropije .....	27

9.15.	Preobrazbe idealnih plinov .....	28
9.15.1.	Izohorna preobrazba.....	28
9.15.2.	Izobarna preobrazba.....	28
9.15.3.	Izotermna preobrazba.....	29
9.15.4.	Izentropna preobrazba.....	29
9.15.5.	Politropne preobrazbe .....	30
10.	Kompresorji .....	30
10.1	Razdelitev kompresorjev .....	31
10.1.1	Batni kompresorji.....	31
10.1.2	Rotacijski kompresorji .....	32
10.1.3	Turbokompresorji .....	33
10.2	Karakteristika kompresorjev .....	34
11.	Črpalke .....	34
11.1	Batne črpalke .....	34
11.2	Rotacijske črpalke .....	35
11.3	Turbočrpalke .....	36
11.4	Karakteristike črpalk .....	37
12.	Zgorevanje .....	38
12.1	Razmernik zraka .....	39
13.	Parni kotli.....	39
13.1.	Izvedba parnega kotla .....	39
13.2.	Sistemi in vrste parnih kotlov .....	40
14.	Hladilni stroji .....	41
14.1.	Carnotov proces .....	41
14.2.	Levi Rankinov proces .....	41
14.3.	Toplotne črpalke .....	42
15.	Prenos toplote.....	42
15.1.	Prevod toplote .....	42
15.2.	Prestop toplote .....	43
15.3.	Prehod toplote skozi steno .....	44
15.4.	Sevanje.....	45
	KAZALO .....	46
	SPISEK UPORABLJENE LITERATURE.....	48

**Spisek uporabljene literature:**

- J. Stropnik: Hidromehanika, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1991  
S. Isakovič, F. Klopčar, Hidromehanika, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1987  
S. Isakovič, F. Klopčar, Transportne naprave, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1987  
Z. Rant, Termodinamika, Univerzitetna založba, Ljubljana, 1962  
B. Kraut, Krautov strojniški priročnik, Narodna in univerzitetna knjižnica Ljubljana, Ljubljana 2002  
J. Tomaž, Strojne instalacije, Tehniška založba, Ljubljana 1991  
M. Mlakar, Osnove energetskih naprav in napeljav, PAMI, d.o.o., Železniki, Moravče 1999  
B. Jordan, Termodinamika, Dopisna delavska univerza, Ljubljana 1974  
B. Jordan, A. Slanc, D. Šulek, Termodinamika, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1991  
M. Čudina, Kompresorji, črpalke in vodne turbine, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1987  
Dr. M. Popovič, Pogonski in delovni stroji, Visoka tehniška šola Maribor, Maribor 1981