

# 9. Úvod do hydrauliky

↔ V hydraulice se využívá k přenosu sil **tlaková kapalina**

**Použití** (všude tam, kde je potřebná velká síla v přímočarém směru):

↔ <b>lisy, tvářecí stroje</b>	↔ také vstřikovací lisy na plasty
↔ <b>zvedáky</b>	↔ také paletáky, vysokozdvizné vozíky, zvedací plošiny
↔ <b>obráběcí stroje</b>	↔ pohony stolů, upínání obrobků a nástrojů
↔ <b>dopravní a stavební technika</b>	↔ pohony vozidel - silniční válce, pásová vozidla - bagry, rolby
	↔ brzdy, spojky
	↔ nástavby vozidel - ruky, ramena jeřábů, bagrů, lžice, drapáky, úložné plochy
	↔ letadla – klapky, dveře
↔ <b>nářadí</b>	↔ kladiva, pily, vrtačky
↔ <b>zkušební stroje</b>	↔ na tah, tlak, ohyb, únavové zkušební stroje

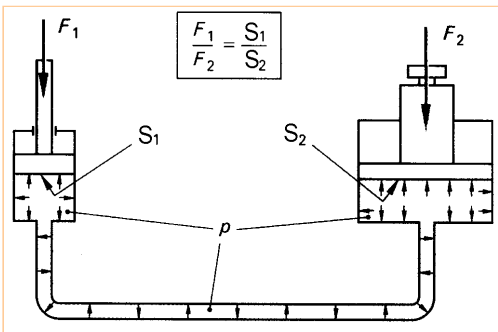
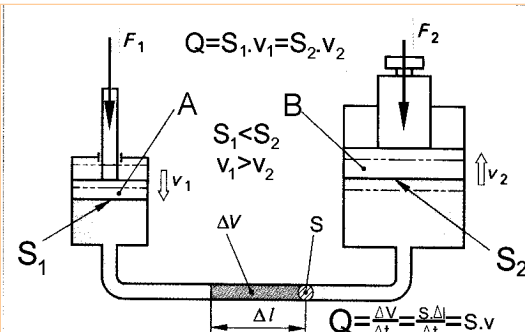
**Vlastnosti hydrauliky (rozdílné v porovnání s pneumatikou):**

↔ <b>vysoké tlaky</b> (až 60 MPa) - <i>větší než u pneumatiky</i> – kapalina je minimálně stlačitelná => <b>velké síly</b> při malých rozměrech zařízení
↔ <b>menší rychlosti pohybu válců</b>
↔ <b>kapalina obíhá v okruhu</b> – vrací se z válce do nádrže - kapalinu nelze volně vypouštět (v pneumatice se použitý vzduch vyfukuje do ovzduší)
↔ lze dosáhnout <b>rovnoměrného pomalého pohybu</b> (přímého nebo rotačního) poháněného zařízení ( <i>to u pneumatiky nejde</i> )
↔ <b>přesné zastavování v mezipolohách</b> ( <i>taky u pneumatiky nejde</i> )
↔ <b>ekologie</b> - nebezpečí úniku kapaliny a ztráty prosakováním - problémy při haváriích

**Vlastnosti hydrauliky (společné s pneumatikou):**

↔ jednoduché <b>vyvození přímočarého pohybu</b> (válce)
↔ <b>snadná změna směru pohybu</b>
↔ <b>řiditelné rychlosti</b> pohybů válců a motorů - průtokem kapaliny
↔ jednoduché <b>zabránění přetížení</b> omezením tlaku přetlakovým ventilem ( <i>zařízení se nezničí při zablokování pohybu</i> )
↔ použití v prostředí nevhodném pro elektrická zařízení (např. pod vodou, ve výbušném prostředí)

## 9.1. Fyzikální základy

Pascalův zákon (rovnováha)	Hydraulický zvedák za pohybu
 <p><math display="block">\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}</math></p> <p><math display="block">\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}</math></p>	 <p><math display="block">Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2</math></p> <p><math display="block">S_1 &lt; S_2</math> <math display="block">v_1 &gt; v_2</math></p> <p><math display="block">Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{S \cdot \Delta l}{\Delta t} = S \cdot v</math></p>
<b>p</b> - statický tlak, <b>S</b> - plochy pístů, <b>F</b> - síly na písty	<b>A</b> - píst čerpadla, <b>B</b> - píst zvedáku, <b>Q</b> - objemový průtok, <b>v</b> - rychlosti pístů

### 9.1.1. Kapalina v klidu (hydrostatika)

↔	V kapalině v klidu v uzavřeném prostoru se tlak šíří rovnoměrně všemi směry ( <b>všude je stejný tlak</b> ) - <b>Pascalův zákon</b>
↔	<b>Důsledek u hydraulického zvedáku</b> - malá síla $F_1$ na malý píst $S_1$ udrží v rovnováze mnohem větší sílu $F_2$ na velkém pístu $S_2$ ( <b>poměr sil je v poměru ploch pístů</b> - malou silou na malý píst zvedám těžké břemeno na velkém pístu)
↔	<b>Zdůvodnění:</b> tlak je síla působící na ploše, tedy:
↔	$p = F/S = F_1/S_1 = F_2/S_2$ [Pa]
=>	$F_1/F_2 = S_1/S_2$ (síly jsou úměrné plochám pístů), kde $S = \pi d^2/4$

### 9.1.2. Proudící kapalina (hydrodynamika)

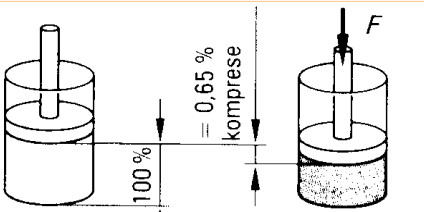
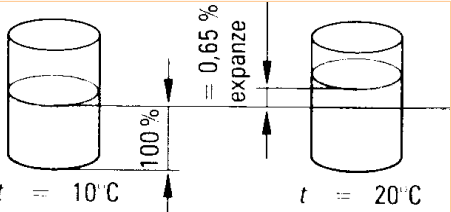
↔	Hydraulický zvedák při zvedání (obr. vpravo) - píst čerpadla (A) tlačí kapalinu do válce s pístem zvedáku (B) - kapalina proudí
↔	<b>Objemový průtok Q</b> je objem kapaliny, která proteče průřezem (válce, potrubí) za jednotku času
↔	$Q = V/t$ [ $m^3/s$ ]
↔	kde objem $V = S \cdot l$ kde $S$ je sledovaný průřez a $l$ je výška vytlačeného sloupce
↔	tedy $Q = S \cdot l/t$ , kde $l/t$ je dráha za čas = <b>rychlost v</b>
↔	tedy $Q = S \cdot v$
↔	<b>Objemový průtok je v uzavřeném systému ve všech průřezech stejný:</b>
↔	$Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \Rightarrow v_1/v_2 = S_2/S_1$
↔	<b>Důsledek u hydraulického zvedáku</b> - menší píst se pohybuje rychleji než větší píst – za stejný čas urazí delší dráhu (v místech s menším průřezem kapalina proudí rychleji)
↔	<b>Při proudění kapaliny dochází ke ztrátám energie - ztrátám třením</b> (kapalina se zahřívá) - kapalina klade hydrodynamický odpor
=>	Při zvedání musíme na píst čerpadla tlačít větší silou než $F = p \cdot S$
↔	Ztráty jsou větší (kapalina se víc zahřívá) čím větší rychlostí kapalina proudí a čím menší jsou průřezy potrubí

## 9.2. Hydraulické kapaliny

### 9.2.1. Funkce hydraulické kapaliny

↔	přenáší síly (je nositelem tlakové energie)	↔	chrání kovy před korozi
↔	maže mechanické části (snižuje tření)	↔	odplavuje nečistoty
↔	odvádí ztrátové teplo		

### 9.2.2. Vlastnosti

Změna objemu kapaliny vlivem tlaku	Změna objemu kapaliny vlivem teploty
 <p>tlak: <math>p_e = 0</math> bar objem oleje: <math>V = 100</math> l</p> <p><math>p_e = 100</math> bar <math>V = 99,35</math> l</p> <p>0,65 % komprese</p>	 <p>teplota: <math>t = 10^\circ\text{C}</math> tlak: <math>p_e = 0</math> bar objem oleje: <math>V = 100</math> l</p> <p><math>t = 20^\circ\text{C}</math> <math>p_e = 0</math> bar <math>V = 100,65</math> l</p> <p>0,65 % expanze</p>

**a) objem kapaliny**

↔	závisí na <b>tlaku a teplotě</b> - oleje jsou do jisté míry pružné	
↔	<b>stlačitelnost</b>	↔ zvýšením tlaku olej zmenšuje objem (asi o 0,65% při zvýšení tlaku o 100 bar – např. ze 100 l na 99,35 l)
↔	<b>rozpínavost</b>	↔ zvýšením teploty kapalina zvětšuje objem (asi o 0,65% při zvýšení o 10°C)
↔	<b>V pevné uzavřené nádrži</b> (bez vzduchu - objem kapaliny se nemůže zvětšit) dochází při <b>zvýšení teploty ke zvětšení tlaku</b> oleje - při zvýšení teploty o 10°C tlak stoupne o 100 bar	

**b) viskozita (dynamická viskozita)**

↔	vazkost - <b>míra vnitřního tření</b> kapaliny (jak moc se částice kapaliny vzájemně brzdí - závisí na přitažlivých silách mezi částicemi)		
↔	jednotka je <b>Pascalsekunda (Pa.s)</b> nebo newton sekunda na metr čtvereční ( $\text{Nsm}^{-2}$ ) (sekundy – protože to souvisí to s rychlostí proudění)		
↔	viskozita <b>klesá se stoupající teplotou</b> (olej se stoupající teplotou řídne)		
↔	je to <b>převrácená hodnota tekutosti</b> (hodně tekutá kapalina má nízkou viskozitu), neboli tekutost je převrácená hodnota dynamické viskozity		
↔	<b>Oleje s velkou viskozitou</b>	↔	viskózní ("husté") - s malou tekutostí
		↔	ztěžují a zpomalují pohyby hydraulických mechanismů
		↔	více se zahřívají při škrcení
		↔	těžko se zbavují vzduchových bublinek
↔	<b>Oleje s malou viskozitou</b>	↔	hodně tekuté - řídké oleje
		↔	neudrží mazací film - méně chrání proti zadření, zvětšují opotřebení součástí
		↔	více prosakují

**9.2.3. Rozdělení hydraulických kapalin****a) Minerální oleje**

↔	nejpoužívanější - výroba z ropy
↔	<b>výhody:</b> výborná mazivost a ochrana proti korozi, vhodná viskozita
↔	<b>nevýhody:</b> hořlavost, ekologická závadnost
↔	přidávají se do nich <b>aditiva</b> (přísady) např. pro zvýšení trvanlivosti a ochrany proti korozi, zvýšení odolnosti při kolísání teplot - snížení řádnutí (poklesu viskozity) při zahřátí

**b) Rostlinné oleje**

↔	výroba lisováním ze semen rostlin - např. ricinový olej, jsou hořlavé
---	---

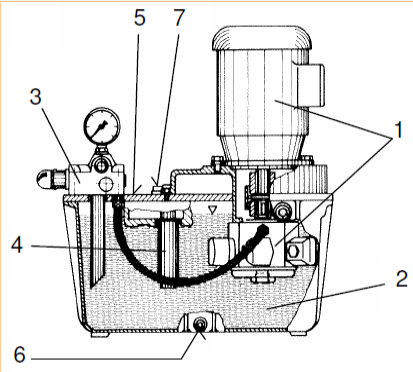
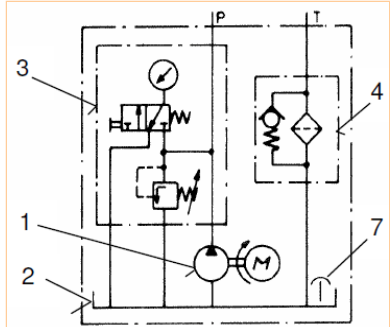
**c) Syntetické oleje**

↔	<b>výhody:</b> nehořlavost, výborná ochrana proti opotřebení
↔	<b>nevýhody:</b> drahé, velké teplotní kolísání viskozity
↔	vyrábí se uměle (nejsou z ropy) - např. esterové, silikonové oleje

**d) Voda**

↔	<b>výhody:</b> levná, ekologická, nehořlavá
↔	<b>nevýhody:</b> koroze, malá mazivost a viskozita, velké ztráty průsakem, výskyt bakterií, zamrzá
↔	nevýhody se eliminují vytvářením <b>směsí</b> (emulzí) <b>s olejem, glykolem</b> (proti zamrznutí)
↔	<b>použití:</b> v prostředí s nebezpečím výbuchu nebo s výskytem otevřeného ohně (těžba uhlí, kovací lisy), také u zařízení s velkým objemem kapaliny

# 10. Čerpadla (pumpy)

↔	v hydraulických zařízeních slouží jako <b>zdroj tlakové kapaliny</b> - také jim říkáme <b>hydrogenerátory</b>	
↔	obecně slouží na <b>dopravu</b> (čerpání, vytlačování) kapalin z jednoho místa na druhé (zejména na čerpání pitné nebo užitkové vody - např. pro topení, chlazení, zavlažování - a také pro čerpání maziv a paliv)	
↔	jsou poháněna <b>motorem</b> (elektrickým nebo spalovacím) nebo <b>lidskou silou</b>	
↔	hydrogenerátor se dodává často jako jeden celek s dalšími zařízeními = tzv. <b>hydraulický agregát</b>	
Příklad provedení agregátu	Schéma agregátu	Části
		1 motor + čerpadlo
		2 nádrž s kapalinou
		3 pojistný ventil + manometr
		4 filtr + pojistný obtok
		5 víko + těsnění
		6 vypouštěcí otvor
		7 plnicí otvor

## Rozdělení čerpadel:

a)	<b>Hydrostatická (objemová)</b>	↔	pro velké tlaky a menší průtoky
		↔	<b>Pístová</b> ↔ dopravují kapalinu přímočarým pohybem pístu
		↔	<b>Rotační</b> ↔ dopravují kapalinu otáčivým pohybem součástí
		↔	<b>zubová, lamelová, vřetenová</b>
b)	<b>Hydrodynamická (rychlostní)</b>	↔	pro menší tlaky a velké průtoky - převážně pro čerpání vody - dopravují kapalinu otáčivým pohybem lopatek oběžného kola
		↔	<b>Odstředivá</b> ↔ <b>radiální</b> - kapalina vystupuje z čerpadla kolmo na osu
		↔	<b>Vrtulová</b> ↔ <b>axiální</b> - kapalina vystupuje ve směru osy otáčení

## Parametry čerpadel:

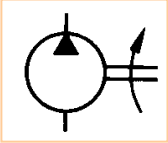
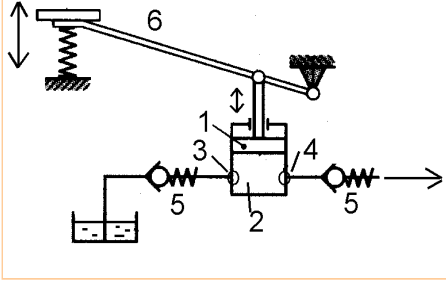
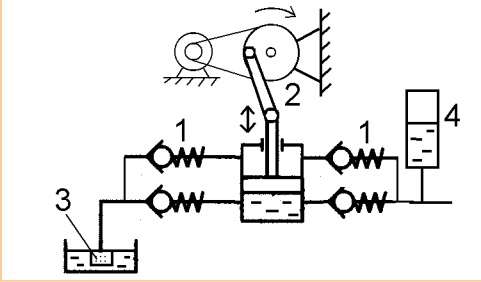
a)	<b>Max. průtok</b>	↔	objem kapaliny protékající čerpadlem za jednotku času [l/s, m <sup>3</sup> /h]
		↔	výtlačný objem x počet taktů za čas (výtlačný objem = objem kapaliny vytlačený při jednom pracovním taktu / otáčce)
		↔	je závislý na tlaku kapaliny (se stoupajícím tlakem klesá – rostou netěsnosti – závislost vyjadřuje tzv. průtoková charakteristika)
b)	<b>Max. přípustný tlak</b>	↔	[MPa]
c)	<b>Max. dopravní výška</b>	↔	výtlač [m] - u čerpadel pro čerpání vody z větších hloubek

- dále hlučnost [dB], max. teplota kapaliny, příkon, hmotnost, účinnost
- materiály vnitřních částí čerpadel - nerez, litina, bronz, mosaz, kompozitní materiály, plasty

## 10.1. Pístová čerpadla

↔	Dopravují kapalinu nasáváním a výtlačkem pomocí posuvného pohybu pístu
↔	mají malé objemové průtoky

### 10.1.1. Princip pístového čerpadla

Značka	Jednočinné pístové čerpadlo	Dvojitě poháněné motorem
		

Části jednočinného pístového čerpadla:

1	<b>píst</b>	↔	píst nasává jen na své jedné straně = <b>jednočinné čerpadlo</b>
2	<b>pracovní komora</b>	↔	její velikost určuje průtok čerpadla
3	<b>sací hrdlo</b>	↔	pro vstup (sání) kapaliny
4	<b>výtlačné hrdlo</b>	↔	pro výstup (výtlak) kapaliny
5	<b>zpětné ventily</b>	↔	zajišťují, aby se kapalina nevracela do nádrže nebo do čerpadla
6	<b>páka</b>	↔	zvětšuje sílu na píst, pohání se ručně nebo nohou

Pracovní cyklus:

1.	<b>Sání</b>	↔	píst se vysunuje z pracovní komory - kapalina se <b>nasává</b>
		↔	sací zpětný ventil je podtlakem otevřený a výtlačný zavřený
2.	<b>Výtlač</b>	↔	píst se zasunuje do pracovní komory - kapalina se <b>vytlačuje</b>
		↔	sací zpětný ventil je zavřený a výtlačný přetlakem otevřený

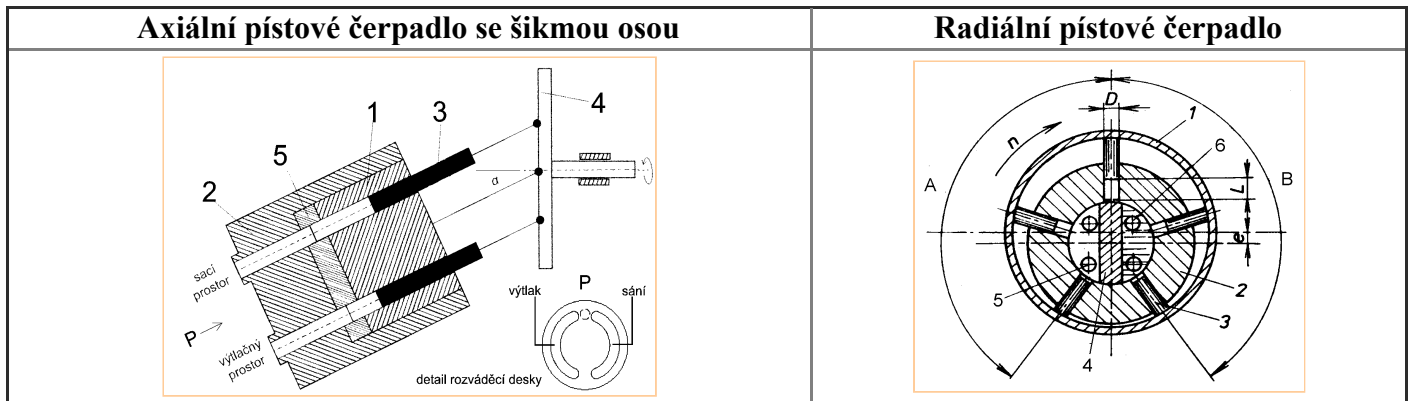
Vlastnosti:

↔	<b>Objemový průtok:</b> (bez uvažování objemové účinnosti)
↔	$Q=V*n=S*L*n$ (kde plocha pístu $S=\pi D^2/4$ , $L$ je zdvih pístu, $n$ počet zdvihů za čas)
↔	kapalina <b>není vytlačována plynule</b> (ve výtlaku jsou tlakové rázy)
↔	Použití: zvedáky, paletovací vozíky na ruční pohon

Vylepšení - dvojitě poháněné pístové čerpadlo poháněné motorem - přidané části:

1	<b>Další zpětné ventily</b>	↔	= <b>dvojitě poháněné pístové čerpadlo</b> - nasává a vytlačuje oběma stranami pístu
		↔	<b>Objemový průtok:</b> $Q=V*n=S_1*L*n + S_2*L*n$ (kde spodní plocha pístu $S_1=\pi D^2/4$ , horní plocha pístu $S_2=\pi(D^2-d^2)/4$ , $d$ je průměr pístnice - objem na druhé straně pístu se zmenšuje o pístnici, $n$ jsou otáčky)
		↔	má menší tlakové rázy - stejnoměrnější chod
2	<b>Motor + klikový mechanismus</b>	↔	motor s převodem nahrazuje ruční pohon + úplný klikový mechanismus mění otáčivý pohyb na přímočarý (obsahuje i setrvačnick)
3	<b>Sací koš</b>	↔	zachycuje nečistoty (síta)
4	<b>Vzdušník</b>	↔	slouží k vyrovnávání tlakových rázů ve výtlaku kapaliny ( <i>nestejnoměrností v čerpání kapaliny</i> ) – vytlačuje kapalinu <i>tlakem stlačeného vzduchu</i> při zavřeném výtlačném ventilu

### 10.1.2. Axiální pístové čerpadlo



#### Části čerpadla se šikmou osou:

1	<b>rotor</b>	↔	točí se spolu s kotoučem 4 a písty 3
2	<b>stator</b>	↔	stojí - obsahuje sací a výtlačný otvor
3	<b>písty</b>	↔	jsou unášeny kotoučem 4 a zároveň se díky naklonění osy rotoru vysunují (tím nasávají) a zasunují (tím vytlačují)
		↔	pohybují se přibližně <b>v ose rotace = axiálně</b>
		↔	velikostí náklonu osy lze řídit průtok - úhel bývá do 40°
4	<b>unášecí kotouč</b>	↔	unáší písty přes kulové čepy
5	<b>rozdávěcí kotouč</b>	↔	má průchozí drážky, kterými odděluje sání a výtlaček

#### Vlastnosti:

↔	tiché, malé průtoky, velké tlaky (150-500 bar)
↔	čerpadlo nepotřebuje sací a výtlačné ventily
↔	může pracovat jako hydromotor

### 10.1.3. Radiální pístové čerpadlo

#### Části:

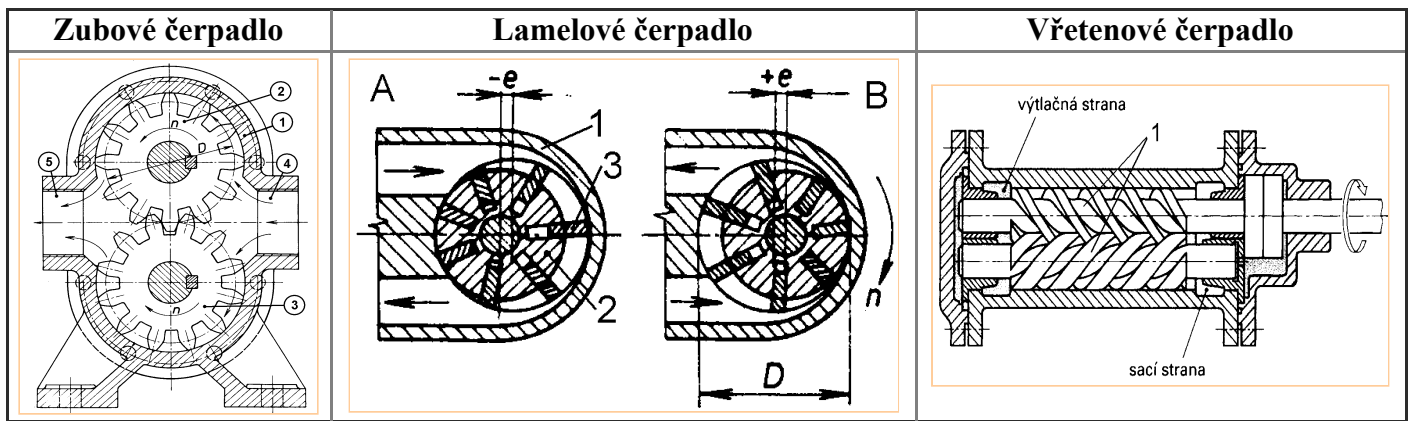
1	<b>stator</b>	↔	tvoří nehybnou skříň
2	<b>rotor</b>	↔	točí se, je umístěn ve statoru výstředně, unáší písty 3
		↔	kapalina je dopravována v prostoru po vysunutém pístu - <b>uvnitř rotoru</b>
3	<b>písty</b>	↔	pohybují se kolmo k ose otáčení – radiálně, kopírují stěnu statoru - při vysunování nasávají, při zasunování vytlačují kapalinu
4	<b>přepážka</b>	↔	rozvaděč - odděluje sací od výtlačných otvorů (oblast A = sání, oblast B = výtlaček)
5	<b>sací otvory</b>		
6	<b>výtlačné otvory</b>		

### 10.1.4. Membránové čerpadlo

↔	Místo pístu je pružná <b>membrána</b> , která může být prohýbána ruční pákou
↔	Použití: čerpání znečištěných kapalin, také např. palivové čerpadlo u spalovacích motorů

## 10.2. Rotační čerpadla

↔	Dpravují kapalinu otáčivým pohybem součástí čerpadla
↔	Kapalinu vytlačují <b>plynuleji</b> než pístová (s vyšší frekvencí menších tlakových rázů)



### 10.2.1. Zubové čerpadlo

1	skříň	↔ s otvory pro šrouby pro upevnění čerpadla
2,3	ozubená kola	↔ 2 spoluzabírající ozubená kola <i>se stejným průměrem</i> - jedno kolo je poháněné elektromotorem ↔ kapalina se dopravuje <b>v mezerách mezi zuby a skříní</b>
4	sací hrdlo	↔ vstup kapaliny (je dán směrem otáčení kol)
5	výtlačné hrdlo	↔ výstup kapaliny

#### Vlastnosti:

↔	jednoduchost a spolehlivost – <b>dlouhá životnost</b>
↔	je vhodné pro čerpání olejů - zároveň se maže
↔	tlaky do 30 MPa (300 bar), menší průtoky (do 0,02 m <sup>3</sup> /s)
↔	nevýhoda - <b>hlučnost</b> - pro klidnější chod lze použít šikmé zuby
↔	použití: např. v dopravní technice

### 10.2.2. Lamelové (lopatkové) čerpadlo

- Pozn. Je obdobou radiálního pístového čerpadla, ale kapalina je vně rotoru

1	stator	↔ skříň, netočí se
2	rotor	↔ otáčí se, je uložený ve statoru <i>výstředně (excentricky)</i> , má radiální drážky pro lamely
		↔ změnou polohy statoru a rotoru (změnou <i>výstřednosti</i> ) lze regulovat <b>průtok i směr</b> čerpání kapaliny
3	lamely	↔ točí se s rotorem - odstředivou silou se posouvají v drážkách a kopírují dutinu statoru
		↔ kapalina je dopravována v komorách mezi lamelami a skříní statoru

#### Vlastnosti:

↔	pro tlaky do 16 MPa, tiché
↔	použití: dopravní technika, obráběcí stroje

### 10.2.3. Vřetenové (šroubové) čerpadlo

1	vřetena	↔ rotory - šrouby se závitem (šneky) uloženy ve skříní - točí se proti sobě
		↔ kapalina se dopravuje v drážkách závitů
		↔ šroub bývá jeden, dva nebo tři
↔	pro velké průtoky při malých tlacích, tiché	
↔	v opačném směru je lze použít jako turbínu (vodní motor)	
↔	použití pro viskózní (husté) kapaliny - kaly, také potravinářský, chemický průmysl (pasty, mýdla, sirupy), nevýhoda: náročná výroba vřeten	