

Pumpe

Šestan, Alberto

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:796691>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Tehnički fakultet u Puli



Alberto Šestan

PUMPE

Završni rad

Pula, studeni 2023

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Tehnički fakultet u Puli



Alberto Šestan

PUMPE

Završni rad

JMB: 0069062038, izvanredan student

Studijski smjer: Proizvodno strojarstvo

Predmet: Mjerenja u industriji

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Strojarstvo

Znanstvena grana: Proizvodno strojarstvo

Mentor: doc. dr. sc. Marko Kršulja

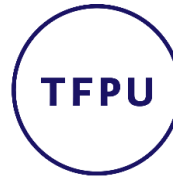
Pula, studeni 2023

_____ Doc. dr. sc. Marko Kršulja _____

(Ime i prezime nastavnika)

_____ Mjerenje u industriji _____

(Predmet)



Tehnički fakultet u Puli

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
TEHNIČKI FAKULTET U PULI
ZADATAK TEME ZAVRŠNOGA RADA

Pristupniku/ci Albertu Šestanu

MBS: 0069062038

Studentu/ci stručnog studija Tehničkog fakulteta u Puli izdaje se zadatak za završni rad – tema završnog rada pod nazivom:

PUMPE

Sadržaj zadatka: Osnovni opis pumpa i njihova primjena. Prikazati protočne pumpe za protupožarne sustave na brodovima. Prikazati primjer protupožarnog sustava na putničkom bodu. Prikazati proračun pumpe i odabir. .

Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Sveučilišta u Puli.

izvanredni, proizvodno strojarstvo

(izvanredni, proizvodno strojarstvo)

Datum:

Potpis nastavnika _____



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani _____ kandidat za prvostupnika proizvodnog strojarstva ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

U Puli, _____, _____ godine



IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, _____ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „_____“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, _____ (datum)

Student

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	PUMPE, NJIHOVA UPOTREBA I PODJELA	3
2.1.	Primjena pumpi	3
2.2.	Podjela pumpi.....	6
3.	PRINCIPI RADA PUMPE.....	7
3.1.	Dinamičke pumpe	7
3.1.1.	Turbo pumpe.....	7
3.1.2.	Dinamičke pumpe koje rade na principu posebnih učinaka	9
3.2.	Volumenske pumpe.....	10
3.2.1.	Translacijske pumpe	10
3.2.2.	Rotacijske pumpe	11
3.2.2.1.	Lamelne pumpe.....	11
3.2.2.2.	Zupčaste pumpe	12
3.2.2.3.	Vijčane pumpe	13
3.2.2.4.	Pumpe s rotirajućim krilima ili klipovima.....	13
4.	PUMPE ZA PROTUPOŽARNE SUSTAVE NA BRODOVIMA	15
4.1.	Općenito o protupožarnim sustavima na brodu.....	15
4.2.	Protupožarne pumpe na brodu.....	18
4.3.	Odabir centrifugalnih pumpi na brodu	19
4.4.	Proračun iskoristivosti centrifugalnih pumpi	20
4.5.	Primjeri spajanja centrifugalnih pumpi na brodu	22
4.5.1.	Serijski spojene pumpe	22
4.5.2.	Paralelno spojene pumpe	25
5.	PRIMJER PROTUPOŽARNOG SUSTAVA NA PUTNIČKOM BRODU.....	27
5.1.	Ulazni podaci broda:	27

5.2.	Proračun kapaciteta protupožarnih pumpi:	27
5.3.	Proračun pada tlaka:	30
5.4.	Odabir pumpe prema dobivenim podacima:	32
6.	ZAKLJUČAK	34
7.	LITERATURA	35
8.	POPIS SLIKA	36

1. UVOD

Hipoteza

U ovome istraživanju opisati će se rad pumpi te će se usporediti primjena protupožarnog sustava pumpi s trenovima na tržištu. Hipoteza ovoga rada je usporedba pumpi koje se koriste kao protupožarni sustavi u brodovima, njihova problematika i način odabira.

Predmet istraživanja

Pumpe su dio svakodnevnog života te su neophodne u kućanstvu, radu raznih industrija i drugih područja gospodarstva. Pumpa je uređaj koji se koristi za prebacivanje tekućine ili muljevite tvari putem tlaka. Ona pomiče tekućine iz područja nižeg tlaka u područje višeg tlaka, a razliku između tlakova prevladava dodajući energiju sistemu. Brodski sustavi su nezamislivi bez pumpi i stoga je pumpa osnovni element sustava kaljuže i balasta, a bez pumpi je isto tako nezamjenjiva uporaba protupožarnog sustava, sustava poriva, klima uređaja, uređaja za kormilarenje, manipulaciju tereta i mnogih drugih sustava. Kao primjer se može samo cijevi za vodu u domaćinstvu trebaju osiguravati tlak od 2,5 bara.

Uzevši u obzir postojanje različitih vrsta pumpi, samim time i njihovu primjenu, predmet istraživanja ovog rada su brodske pumpe u funkciji protupožarne zaštite, kako se one koriste u putničkim brodovima za kružna putovanja i koja količina i tip je potrebna za jedan takav brod.

Problem istraživanja

Problemi istraživanja su odabir protupožarnog sustava i pumpi kod velikih putničkih brodova za kružna putovanja. Proračun potrebnih tlakova je kompliciran trajnošću različitih dijelova te spojevima koji mogu izazivati propuštanja.

Ciljevi rada

- Prikazati osnovni princip rada pumpe.
- Prikazati pumpe za protupožarnu zaštitu na brodu.
- Prikazati primjer protupožarne zaštite na brodu.

Metodologija

U radu će se koristiti matematička metoda kako bi se postigao proračun za potrebne kapacitete tlakova koje pumpe moraju ispunjavati. Matematički proračuni moraju pratiti pravila struke i koristiti jednadžbe koje su definirane pravilnicima.

U radu će se metodom sinteze i analize objasniti osnovni dijelovi pumpi te tehnologije koja uključuje uporabu pumpi u svrhu gašenja požara. Dati će se prikaza osnovnih pumpi koje postoje te naglasiti prednosti i nedostaci istih.

Eksperimentalna metoda bit će korištena kako bi se na realnom primjeru prikazale protupožarne pumpe i njihovo funkcioniranje.

Metoda promatranja će se koristiti kako bi se napisalo izvještaje koji prate struku i objašnjavaju rad pumpi s ključnom dokumentacijom.

Struktura rada

U radu je dan uvod koji obuhvaća hipotezu, predmet i problem istraživanja te zadane ciljeve koji bi uz korištenu metodologiju trebali dati odgovor na hipotezu.

U ostalim poglavljima rad se sastoji od osnovnih podjela pumpi kao i njihova uporaba, principa rada pumpi i koje sve poznajemo, pumpe koje koristimo u protupožarnim sustavima na brodovima, te primjer odabira protupožarnih pumpi u putničkom brodu za kružna putovanja.

2. PUMPE, NJIHOVA UPOTREBA I PODJELA

Osnovni mehanizam za pokretanje tekućeg medija iz jedne posude u drugu je tlak. Pumpa, drugim nazivom crpka ili sisaljka, je naprava ili stroj koji služi za transport neke tekućine ili kapljevine s jednog mjesta na drugo, najčešće u smislu prijenosa te tekućine iz niže razine u višu, odnosno iz područja nižeg tlaka u područje višeg tlaka. Razlike u tlaku ne dopuštaju da tekućina svojim protokom se sama kreće od nižeg mjesta do višeg. Također, prema zakonu spojenih posuda, ne moguće je da se tekućina usigne na potrebnu visinu ukoliko ta visina premašuje početnu visinu tekućine, ako je tlak s jedne strane manje nego li s druge, odnosno ako na tekućinu ne djeluje vanjska sila. Pumpe taj rad obavljaju promjenom mehaničke energije tekućine koju zatim ispuštaju kroz tlačni cjevovod. Mehanička energija povećava se usisavanjem tekućine u usisni cjevovod te povećavanjem brzine i/ili tlaka tekućine.

2.1. Primjena pumpi

Upotreba pumpi vrlo je široka te se koriste u svim područjima modernog života. Pumpe se gotovo neophodno koriste u mehanici i strojarstvu kako bi se omogućio rad strojeva. Primjerice, u automobilima se postavljaju različite pumpe koje svojim radom omogućavaju ispravan rad. Pritom možemo istaknuti nekoliko pumpi, pumpa goriva, pumpa za vodu i pumpa za tekućinu za pranje stakala. Osim toga, koriste se i pumpe za zrak kako bi se gume različitih vozila napunile komprimiranim zrakom, a pumpe se koriste i u svrhu dobavljanja goriva u spremnike vozila iz rezervoara benzinskih postaja. Na slici 1 prikazana je pumpa za vodu u automobilu.

Slika 1. Unutrašnjost pumpe za vodu u automobilu



Izvor: <https://despairrepair.com/10-common-reasons-for-overheating-car-problems/>

Osim mehanike i strojarstva, pumpe se koriste i u drugim granama. Primjerice u medicini se koriste različite sisaljke za izvlačenje tekućina iz organizma, infuzijske pumpe, injekcijske pumpe, vakuum pumpe, puhala i druge. U stomatologiji, rad liječnika bio bi vrlo otežan, ili gotovo nemoguć bez upotrebe sisaljki za izvlačenje tekućine iz usne šupljine. Razni oblici pumpi, odnosno sisaljki koriste se i u kućanstvu. Različiti aspiratori koriste se na primjer za ispiranje i isisavanje sekreta iz nosa beba. Slika 2 prikazuje inzulinsku pumpu koja dovodi inzulin do tijela osobe koja boluje od dijabetesa.

Slika 2. Inzulinska pumpa



Izvor: <https://new.continentcontinent.cc/archives/issues/issue-6-1-2017/maintaining-repairing-and-caring-for-the-multiple-subject>

Pumpe imaju vrlo važnu ulogu i u industriji. Industrija može biti različita; primjerice, petrokemijska, industrijska, prerađivačka i drugo. U petrokemijskoj industriji pumpe se koriste za izvlačenje nafte i zemnog plina iz bušotina, prijenos dobara s jednog mjesta na drugo, punjenje tankova, dovod dobara do mjesta obrade i slično. Pumpe se koriste i za druge kemijske primjene, čišćenja spremnika s vodama pod tlakom, protok kemikalija i slično. Glavna uloga pumpi pritom je ne samo olakšavanje i omogućavanje rada industrije, već i zaštita radnika od korozivnih, toksičnih i na druge načine opasnih kemijskih supstanci. U industriji pića i prehrambenih proizvoda, pumpe se koriste za točenje, komprimiranje i prijenos tekućina. Posebno dizajnirane pumpe u prehrambenoj industriji služe i za prijenos namjernica kao što su voće, povrće, riba i slično i to na način da tekućinu u kojoj su namjernice prenose s mjesta na mjesto, pritom ne oštećujući namjernicu, a smanjujući vrijeme i obavljeni rad koji bi naprotiv bili utrošeni na obavljanje toga posla. Navedeni su samo neki od primjera, a pumpe se koriste

i u svim drugim industrijskim granam, ili same za sebe ili kao dio nekog druge naprave ili stroja. Na slici 3 prikazana je pumpa koja vadi naftu i zemni plin iz zemljine kore.

Slika 3. Pumpa korištena u petrokemijskoj industriji za izvlačenje nafte i zemnog plina iz zemljine kore



Izvor: <https://www.poslovni.hr/tag/naftna-polja-u-svijetu>

2.2. Podjela pumpi

Pumpe možemo podijeliti prema namjeni, izvedbi, dobavnoj visini i načinu rada. Prema namjeni razlikujemo pumpe koje su dio različitih strojeva, kotlova, kondenzatora i slično, odnosno koje se koriste same za sebe za dobavljanje goriva, vode i drugih tekućina i kapljevina.

Podjela prema izvedbi odnosi se na način kretanja mehanizma pumpe, a možemo govoriti o pumpama s pravolinijskim i rotacionim kretanjem. Primjerice, centrifugalne pumpe su pumpe s rotacionim kretanjem, dok su klipne pumpe sisaljke s pravolinijskim kretanjem. S obzirom na dobavnu visinu govorimo o maksimalnoj visini na koju pumpa može dobiti tekućinu ili kapljevinu, pa razlikujemo pumpe s malom i velikom dobavnom visinom.

Najvažnija podjela pumpi je ona prema načinu rada. Pritom razlikujemo dvije vrste pumpi, dinamične pumpe i volumenske pumpe.

3. PRINCIPI RADA PUMPE

3.1. Dinamičke pumpe

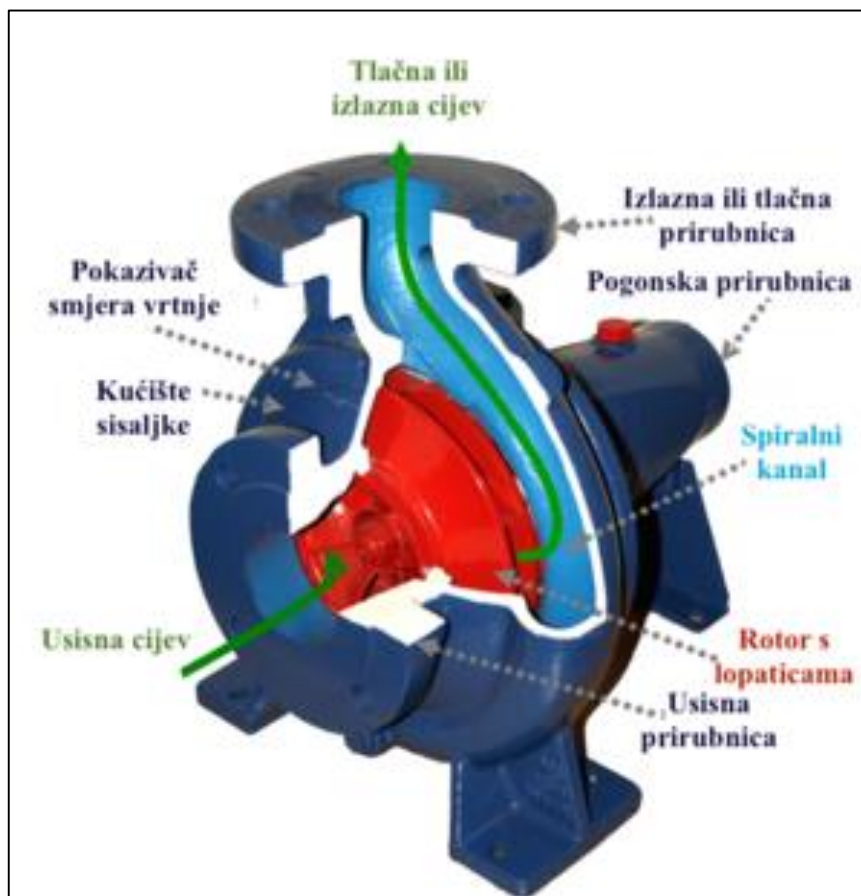
Dinamičke pumpe su one pumpe u kojih je komora neprestano ispunjena kapljevnom ili tekućinom. Komora je konstantno povezana s usisnim i tlačnim vodom. Kod dinamičkih pumpi kinetička energija fluida povećava se povećanjem brzine kapljevne koja se u komori pumpe nalazi. Takvo povećanje kinetičke energije utječe na povećanje pritiska. Na taj način se tekućina prenosi kroz pumpu. Dinamičke pumpe nadalje možemo podijeliti na turbo pumpe i na dinamičke pumpe koje rade na principu posebnih učinaka.

3.1.1. Turbo pumpe

Turbo pumpe ili turbo sisaljke su potkategorija dinamičkih pumpi, a ujedno su i najvažnije dinamičke pumpe s najraširenijom primjenom. U osnovi, sastoje se od kućišta u kojem se nalazi radno kolo s lopaticama. Odnosno, sastoje se od statora u kojem je smješten rotor. Rotor se pokreće radom elektromotora, a u rijetkim slučajevima pokreće ga motor s unutarnjim izgaranjem. Rad turbo pumpi zasniva se na potisku koji se stvara strujanjem tekućine unutar pumpe. Pri okretanju rotora stvara se tlak koji tekućinu tjera u tlačnu cijev. U sredini radnog kola stvara se pak podtlak što posljedično rezultira time da izvanjski atmosferski tlak tjera tekućinu u usisnu cijev. Turbo pumpe možemo dalje razlikovati prema smjeru strujanja tekućine unutar pumpe. Pritom se razlikuju radijalne, dijagonalne i aksijalne turbo pumpe.

Radijalne pumpe naziv imaju zbog radijalnog protoka tekućine kroz pumpu. Može se govoriti o centrifugalnim i vrtložnim pumpama. Kod centrifugalnih pumpi tekućina ulazi u pumpu po osi središta, kolanjem kroz pumpu se povećava njezina brzina te ona izlazi iz pumpe u radijalnom smjeru. Kod vrtložnih pumpi, tekućina se unutar komore kreće oko rotora u tangencijalnom smjeru stvarajući vrtloge prilikom čega se mehanička energija motora pretvara u potencijalnu energiju tekućine. Ovaj tip turbo pumpi radi s vrlo velikim brojem okretaja. Turbo pumpe s radijalnim protokom uglavnom rade manjim brzinama, no ostvaruju veći tlak od drugih vrsti turbo pumpi. Mogu se koristiti gotovo u svim slučajevima osim u onima u kojima je viskoznost tekućine vrlo velika, ukoliko se koristi mala količina tekućine ili je ulazna brzina tekućine vrlo mala. Koriste se vrlo često u raznim granama industrije.

Slika 4. Dijelovi centrifugalne turbo pumpe i smjer kolanja tekućine (označen zelenom strelicom)



Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Centrifugalna_sisaljka

Naspram radijalnih turbo pumpi, kod dijagonalnih turbo pumpi tekućina se unutar pumpe giba po dijagonali od središta. Kod aksijalnih turbo pumpi tekućina se pak kreće aksijalno, to jest po osi. Općenito, turbo pumpe se koriste u svih područjima gospodarstva i svakodnevnog života. Često se koriste u vodoopskrbi, energetskim postrojenjima, kemijskoj industriji i sustavima grijanja i hlađenja.

Prednosti:

- Visoka učinkovitost
- Jednostavna ugradnja i održavanje
- Siguran i pouzdan rad.

Nedostaci:

- Velika osjetljivost na promjenu fluida.
- Potrebno odzračivanje prije prve upotrebe.
- Veliki utjecaj viskoznosti medija na karakteristike pumpe.
- Smanjena svojstva u okruženju malog protoka.

3.1.2. Dinamičke pumpe koje rade na principu posebnih učinaka

Među dinamičkim pumpama koje rade na principu posebnih učinaka razlikujemo obodne, udarne, pitot, uzgonske, mlazne i magnetno hidro dinamičke pumpe. Rad ovih pumpi zasniva se na različitom učinku hidro dinamičkih učinaka. Njihov rad počiva na periodičkim hidrauličkim udarima koji nastaju automatskim otvaranjem i zatvaranjima ventila zbog čega dolazi do promjene tlaka u sustavu. Takva promjena tlaka tjera tekućinu kroz pumpu. Pitot pumpe rade na principu prenosi tekućinu pretvarajući kinetičku energiju u statički tlak u Pitotovoj cijevi. Uzgonska pumpa radi na principu učinka različitih gustoća tekućine. Pritom se u pumpu uz pomoć kompresora dovode mjehurići zraka. Zbog toga, tekućina manje gustoće se kreće prema gore. Mlazne pumpe mogu biti injektori i ejektori. Vrlo su jednostavne građe bez ikakvih pokretnih dijelova, a mlaz tekućine iz neke druge pumpe služi im kao pogonsko sredstvo. Magnetno hidro dinamičke pumpe posebna su vrsta dinamičkih pumpi koja prenosi rastaljene metale i tekućine koristeći učinke magnetskih polja proizvedenih provođenjem električne struje.

3.2. Volumenske pumpe

Volumenske pumpe rade na principu periodičkih promjena volumena radnog prostora unutar pumpe. Takve promjene volumena utječu na usisavanje i tlačenje tekućine zbog čega se ona kreće. Možemo ih podijeliti na translacijske i rotacijske volumenske pumpe.

3.2.1. Translacijske pumpe

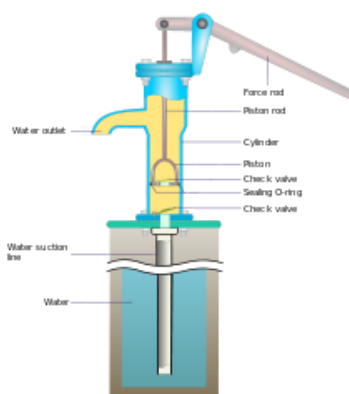
Translacijske pumpe pravocrtnim gibanjem stapa ili deformacijom membrane mijenjaju obujam radne komore. S obzirom na to može se reći da postoje stapne i membranske translacijske pumpe. Promjenom volumena radne komore ili cilindra stvara se potisak koji protjeruje tekućinu. Tekućina se može nalaziti s jedne ili s obje strane radog prostora. Stapna sisaljka još se naziva i klipna sisaljka. Najčešći i najpoznatiji primjer takve pumpe su stare ručne pumpe za vodu. Na slici 5 prikazana je pumpa za vodu a na slici 6 građa stapne sisaljke.

Slika 5. Stapna sisaljka



Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Ru%C4%8Dna_stapna_sisaljka

Slika 6. Građa stapne sisaljke



Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Ru%C4%8Dna_stapna_sisaljka

Prednosti:

- Mogućnost postizanja visokog tlaka na izlazu.
- Brzina protoka neovisna o tlaku.
- Otporna na prljavštinu medija.

Nedostaci:

- Nestabilan protok.
- Dimenzijski puno veća od bilo koje centrifugalne crpke.
- Složen mehanizam.
- Kompleksno održavanje.

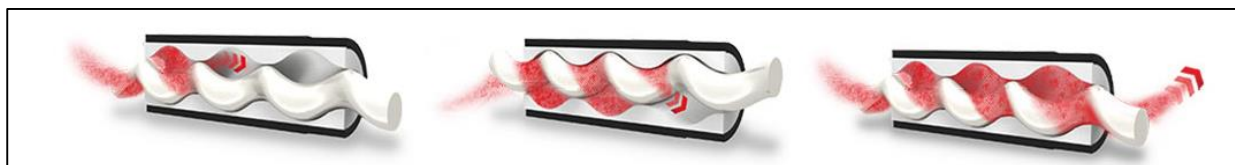
3.2.2. Rotacijske pumpe

Rotacijske pumpe promjenu volumena postižu periodičkim promjenama cilindričnog radnog prostora i to rotacijom rotora. S obzirom na dijelove rotacijskih pumpi razlikujemo lamelne, zupčaste, vijčane i pumpe s rotirajućim krilima. Kod lamelnih pumpi radni prostor je podijeljen lamelama na odjeljke. Prilikom vrtnje rotora tekućina ulazi u prazne, a izlazi iz punih odjeljaka. Na taj način, tekućina se potiskuje u tlačni cjevovod.

3.2.2.1. Lamelne pumpe

Lamelne pumpe najčešće se izvodi s lamelama u rotoru. Rotor pumpe smješten je ekscentrično u stator, tako da se radna komora (volumen između dviju lamela, rotora i statora) povećava u prvoj polovici okreta (usis), a smanjuje u drugoj polovici okreta (tlak). Razvodna ploča (dio statora) ima usisni i tlačni kanal u obliku polumjeseca, čime se omogućava punjenje radnih komora za vrijeme povećavanja njihovog volumena i pražnjenje za vrijeme smanjivanja volumena. Protok je moguće mijenjati promjenom ekscentra.

Slika 7. Princip rada lamelne pumpe



Izvor: <https://www.pcm.eu/en/industry/pcm-solutions/progressing-cavity-pumps>

Prednosti:

- Tih i miran rad.
- Jednolike karakteristike (Protok, tlak, moment).
- Mogućnost regulacije protoka.

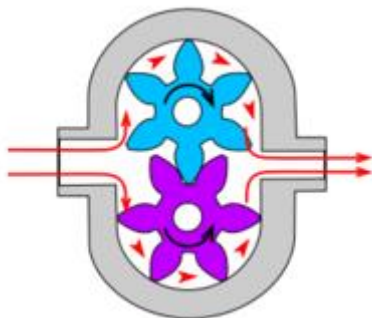
Nedostaci:

- Kompleksnost izvedbe.
- Osjetljivost na udar tlaka.

3.2.2.2. Zupčaste pumpe

Zupčaste rotacijske pumpe su one pumpe kod kojih dva zupčanika u radnom prostoru potiskuju tekućinu ulaskom zubaca jednog zupčanika u međuprostor drugog. Pumpe s rotirajućim krilima slične su zupčastim sisaljka. Glavna razlika je u obliku rotora.

Slika 8. Protok tekućine unutar zupčane pumpe



Izvor: <https://www.pumpe.hr/opcenito-o-pumpama/zupcaste-pumpe>

Prednosti:

- Jednostavna izvedba i pouzdanost u radu.
- Relativno malih dimenzija.
- Visoka dobavna visina.
- Kontinuirana i ravnomjerna dobava.

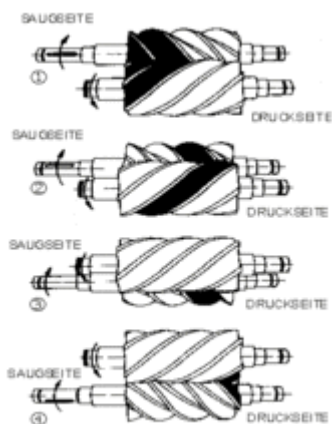
Nedostaci:

- Kompleksnost izrade.
- Osjetljivost na abrazivne čestice.

3.2.2.3. Vijčane pumpe

U slučaju vijčanih pumpi rotor je oblikovan u obliku vijaka. Rotacijom tih vijaka dolazi do promjene volumena unutar pumpe i to između rotora i vanjskog kućišta pumpe.

Slika 9. Princip rada vijčane pumpe



Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrauli%C4%8Dka_pumpa

Prednosti:

- Širok raspon tlaka i protoka.
- Širok raspon vrsta i viskozitetu tekućina.
- Mogućnost korištenja pri velikim brzinama.
- Dobar učinak usisavanja i sposobnost samo-usisavanja.
- Ujednačen i kontinuiran protok s malo vibracija i niskom bukom.
- Smanjena osjetljivost na plinove i prljavštinu.
- Jednostavna instalacija i održavanje.

Nedostaci:

- Veliki zahtjevi za obradom i montažom vijaka.
- Osjetljivost na promjenu viskozitetu tekućine.

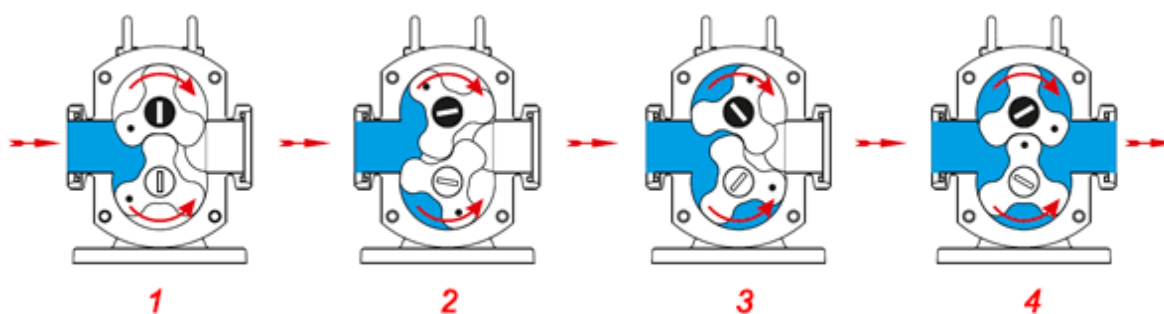
3.2.2.4. Pumpe s rotirajućim krilima ili klipovima

Crpna radnja prema načelu rada pumpe s rotirajućim klipovima nastaje okretanjem u suprotnim smjerovima dvaju crpnih elemenata (rotora) unutar komore (kućište rotora). Rotori

se nalaze na osovina koje su postavljene unutar vanjskog reduktora i drže ih ležajevi; razvodni mehanizmi također su smješteni na osovina.

Razvodni mehanizmi prenose energiju s pogonske osovine na sekundarnu osovina, sinkronizirajući rotore na način da se okreću bez međusobnog dodirivanja. Kada rotori prijeđu usisni otvor, povećava se nastala šupljina što rezultira padom tlaka i uzrokuje utjecanje crpljenog medija u kućište rotora.

Slika 10. Princip rada pumpe s rotirajućim krilima ili klipovima



Izvor: <https://marinerspointpro.com/rotary-lobe-pump-working-diagram-applications/>

Prednosti:

- Pumpe su samo-usisavajuće i mogu dugo raditi na suho.
- Jednostavne su za održavanje, što ih čini idealnim za higijensku obradu.
- Vrlo su učinkovite za pumpanje vrlo viskoznih tekućina.
- Protok tekućine može se povećati ili smanjiti kontroliranjem brzine pogona.
- Rade u oba smjera, te se mogu koristiti za punjenje ili pražnjenje.
- Kontinuirano ispuštanje tekućina.

Nedostaci:

- Kod pumpanja tekućina niske viskoznosti, učinkovitost im se smanjuje.
- Složena izrade zbog upotrebe sigurnosnih ventila.
- Visoki troškovi nabave i održavanja.
- Loše karakteristike opterećenja
- niska sposobnost usisavanja.

4. PUMPE ZA PROTUPOŽARNE SUSTAVE NA BRODOVIMA

4.1. Općenito o protupožarnim sustavima na brodu

Postoje više vrste sustava za gašenje požara na brodovima:

- sustav gašenja požara vodom pod tlakom,
- sustav gašenja požara visoko ekspanzijskom pjenom i
- sustav gašenja požara plinom.

Sustav gašenja požara vodom pod tlakom možemo podijeliti na podsustave:

- sa klasičnim hidrantima,
- sa vodenom maglom,
- automatskog raspršivanja i
- sa raspršenom vodom.

Sustav sa klasičnim hidrantima je najosnovniji oblik protupožarne zaštite na brodovima.

Slika 11. Primjer hidranta na brodu



Izvor: <https://shipsnmoreships.smugmug.com/Cruising-Ferry-Trips-2016/QUEEN-MARY-2-1317-Jul-2016/QUEEN-MARY-2-Remastered-On-Dec/Pavilion-Pool-Bar-Deck-12-QM2/i-FnrCBkX/A>

Sustavi s vodenom maglom, raspršenom vodom i automatskim raspršivanjem vode su najsigurniji sustavi po korisnika na brodovima s obzirom da korisnik ne mora biti u neposrednoj blizini požara.

Slika 12. Primjer automatskog raspršivanja vode u strojarnici broda.



Izvor: <https://www.marineinsight.com/tech/how-high-pressure-water-mist-fire-fighting-system-for-ships-works/>

Sustav gašenja požara visoko ekspanzijskom pjenom možemo podijeliti na podsustave:

- sa teškom pjenom i
- sa lakom pjenom.

Slika 13. Primjer sustava gašenja požara pjenom u industrijskom postrojenju



Izvor: <https://www.multimon.info/hr/o-nama/reference/reference-/sustavi-za-gasenje-pjenom-u-svijetu/>

Sustav gašenja požara plinom na brodovima izvodi se isključivo s ugljičnim dioksidom, za razliku od ostalih sustava ovaj jedini nema pumpu, već se koristi sa spremnicima pod tlakom.

Ostali sustavi koriste neku vrstu pumpe, te su nam oni zanimljivi. Sustavi visoko ekspanzijskom pjenom koriste pumpu samo u fazi prikupljanja morske vode, dok svi sustavi gašenja požara vodom pod tlakom se oslanjaju na rad pumpe.

4.2. Protupožarne pumpe na brodu

Protupožarne pumpe su sve pumpe na brodu isključivši pumpe ulja i goriva. Protupožarne pumpe moraju biti nezavisno pogonjene. Postoji i posebna pumpa za nuždu na brodu. Ona se ne smije nalaziti u strojarnici ili u prostoru koji ima izravan pristup strojarnici.

Na putničkom brodu broj pumpi ovisi o bruto tonaži mora iznositi minimalno dvije pumpe za bruto tonažu koja je manja od 4000 t ili minimalno tri pumpe za bruto tonažu koja je 4000 t ili veća.

Protupožarne pumpe, moraju moći dobavljati potrebnu količinu vode:

- pumpe za teretne brodove, ne uzimajući u obzir pumpe za nuždu - količina potrebne vode ne prelazi četiri trećine količine koje su zahtijevane pravilima Administracije,
- pumpe za putničke brodove - količina potrebne vode ne prelazi dvije trećine količine zahtijevane za kaljužne pumpe kada se koriste prilikom ispumpavanja kaljuže.

Pri odabiru smještaja protupožarnih pumpi i priključaka za morsku vodu zajedno sa njihovim izvorima energije mora se osigurati:

- putnički brodovi čija je bruto tonaža manja od tisuću tona, a također i za teretne brodove, u slučaju prekida rada svih pumpi zbog požara, potrebno je predvidjeti protupožarnu pumpu za nuždu čiji pogon i usis mora je smješten izvan prostorije gdje su smještene sve glavne protupožarne pumpe zajedno sa njihovim izvorima,
- putnički brodovi čija je bruto tonaža tisuću tona ili više, prekid rada protupožarnih pumpi nije moguć i u slučaju požara u nekom od odjeljaka.

Slika 14. Primjer horizontalne centrifugalne pumpe koja se ugrađuje na brod



Izvor: <https://www.deponpump.com/water-pump/end-suction-water-pump/high-pressure-irrigation-electric-water-pump.html>

4.3. Odabir centrifugalnih pumpi na brodu

Općenito proračun centrifugalne pumpe se vrši na način da moramo poznavati potreban protok i visinu dobave. Protok uvelike ovisi o veličini broda te je i sama formula zadana tako da se uzmu glavni gabariti broda. Minimalni promjer usisa kaljuže isključivo se računa preko glavnih gabarita broda a ona utječe kasnije na proračun protoka.

Također valja naglasiti kako su broj pumpi kaljuže i protupožarnih pumpi, kao i ostali parametri koji su procijenjeni, uzimaju isključivo prema međunarodnoj konvenciji o zaštiti ljudskih života na moru - odnosno SOLAS konvencija.

Proračun odabira pumpe se vrši prema slijedećim koracima:

- Proračun usisa kaljuže broda
- teoretski kapacitet pojedinačne pumpe kaljuže,
- potreban ukupni teoretski kapacitet pumpe kaljuže,
- kapacitet pojedinačne protupožarne pumpe,
- proračun pada tlaka u cjevovodu,
- proračun ukupnog pada tlaka i
- ukupni pad tlak pumpe.

4.4. Proračun iskoristivosti centrifugalnih pumpi

Nakon što imamo utvrđene sve parametre moguće je izvršiti proračun iskoristivosti centrifugalne pumpe.

Kako bi mogli izračunati iskoristivost pumpe prvo moramo izračunati specifični broj okretaja pumpe, a on se računa prema formuli:

$$n_{sq} = n \cdot \frac{\sqrt[3]{Q}}{H^4}$$

Gdje je:

n_{sq} - specifični broj okretaja pumpe [min^{-1}]

n - radni broj okretaja pumpe [min^{-1}]

Q - radni protok pumpe [m^3/s]

H - visina dobave pumpe [m]

Nakon utvrđivanja specifičnog broja okretaja možemo izračunati stupanj iskoristivosti pumpe:

$$\eta = \eta_q \cdot \eta_h \cdot \eta_\mu \cdot \eta_{meh}$$

Gdje je:

η - stupanj iskoristivosti pumpe

η_q - stupanj iskoristivosti uslijed specifičnog broja okretaja

η_h - stupanj iskoristivosti ovisan o promjeru cjevovoda

η_μ - stupanj iskoristivosti uslijed trenja

η_{meh} - stupanj iskoristivosti uslijed mehaničkih gubitaka

Stupanj iskoristivosti uslijed specifičnog broja okretaja:

$$\eta_q = \frac{1}{1 + 0,285 \cdot n_{sq}^{\frac{2}{3}}}$$

Stupanj iskoristivosti ovisan o promjeru cjevovoda

$$\eta_h = 1 - \frac{0,42}{\log(1000 \cdot d) - (d - 1)}$$

Gdje je:

η_h - stupanj iskoristivosti ovisan o promjeru cjevovoda

d - promjer cjevovoda [m]

Stupanj iskoristivosti uslijed trenja:

$$\eta_\mu = \frac{1}{1 + \frac{61,55}{n_{sq}^2}}$$

Gdje je:

η_μ - stupanj iskoristivosti uslijed trenja

n_{sq} - specifični broj okretaja pumpe [min^{-1}]

Stupanj iskoristivosti uslijed mehaničkih gubitaka je usvojena vrijednost s obzirom na pretpostavku kvalitete izrade.

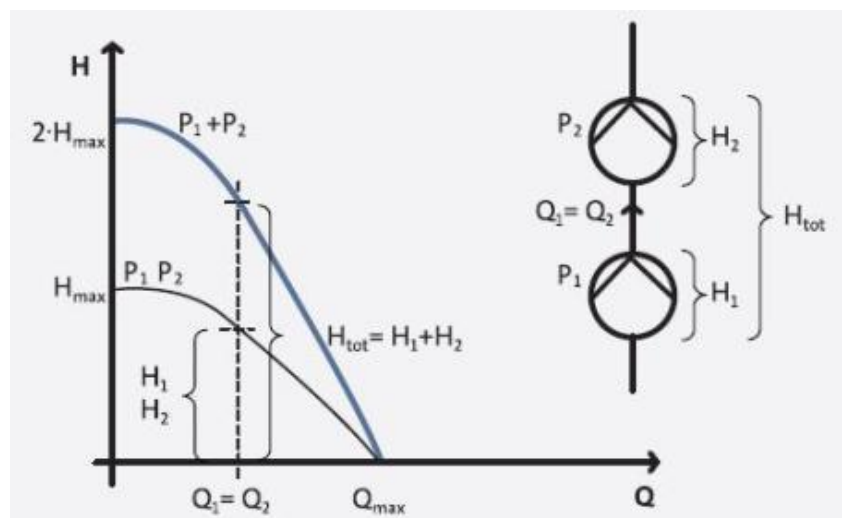
4.5. Primjeri spajanja centrifugalnih pumpi na brodu

Centrifugalne pumpe mogu se spajati serijski i paralelno kako bi povećali određene performanse koje su nam potrebne.

4.5.1. Serijski spojene pumpe

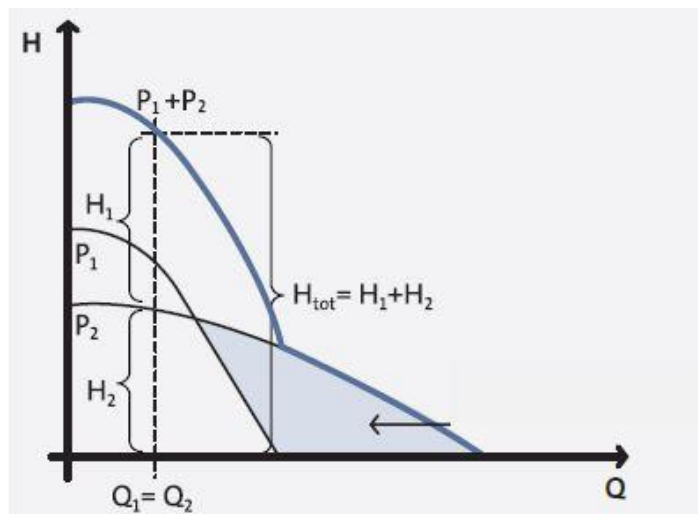
Određeni dijelovi proizvodnog procesa trebaju dobavu radnog medija pod većim tlakom. U tom slučaju koriste se centrifugalne pumpe montirane jedna iza druge, odnosno dvije jednostupanjske pumpe spojene u seriju. Zanimljivo je da višestupanjska centrifugalna pumpa zapravo funkcionira na principu nekoliko jednostupanjskih pumpi spojenih u seriju, tj. svaki rotor i segmentno kućište višestupanjske pumpe se može promatrati kao pojedinačna jednostupanjska centrifugalna pumpa. Ovisno o karakteristikama pumpe Q-H dijagrami mogu izgledati različito. Ukupna visina dobave može se izračunati tako da zbrojimo različite karakteristike pumpi za određeni protok.

Slika 15. Q-H krivulja serijski spojenih centrifugalnih pumpi jednakih karakteristika



Izvor: <https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/05/16/prednosti-i-nedostaci-pumpi-spojenih-u-seriju/>

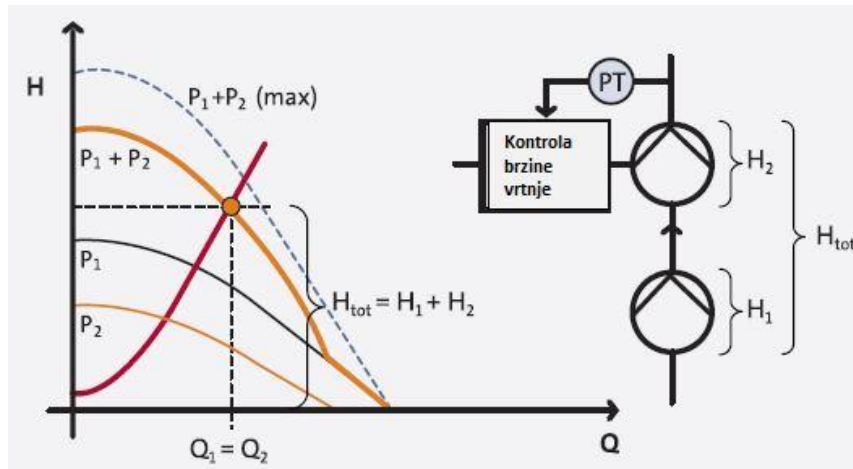
Slika 16. Q-H krivulja serijski spojenih pumpi različitih karakteristika



Izvor: <https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/05/16/prednosti-i-nedostaci-pumpi-spojenih-u-seriju/>

Pumpe različitih konstrukcijskih karakteristika se rjeđe montiraju u bilo kakvim postrojenjima i tada su kombinacija pumpe s većim i manjim promjerom rotora ili pumpe koju pokreće običan elektromotor i pumpe pokretane varijabilnim frekventnim elektromotorom. Potonju kombinaciju najčešće koristimo kada želimo postići visok tlak tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Prva se montira pumpa s običnim elektromotorom koji ima stalnu brzinu vrtnje i koja osigurava dobavu sljedećom pumpi pokretanoj varijabilnim elektromotorom čija se brzina vrtnje regulira ovisno o tlaku na tlačnoj strani. Transmitter tlaka mjeri tlak u tlačnom cjevovodu i šalje signal uređaju za kontrolu brzine vrtnje frekventnog elektromotora, pri čemu se ovisno o potrebno tlaku povećava ili smanjuje brzina vrtnje.

Slika 17. Pumpe pokretane različitim elektromotorima spojene u seriju

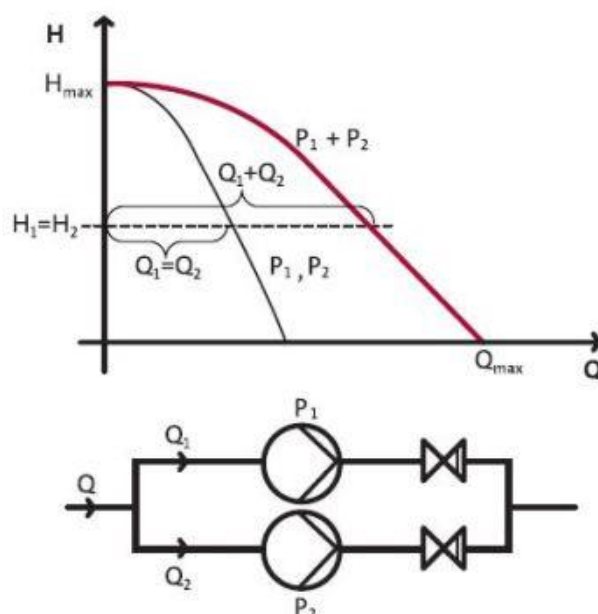


Izvor: <https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/05/16/prednosti-i-nedostaci-pumpi-spojenih-u-seriju/>

4.5.2. Paralelno spojene pumpe

Češće u proizvodnji je moguće vidjeti paralelni spoju dviju pumpi različitih kapaciteta i konstrukcijskih performansi da bi se povećao njihov radni učinak. Pumpe u paralelnom radu se koriste kada je potreban protok veći nego što ga može postići pojedinačna pumpa i kada sustav ima potrebe za varijabilnim protokom, što se postiže uključivanjem i isključivanjem pumpi iz paralelnog rada. Da se izbjegne zaobilazna cirkulacija kada jedna od pumpi ne radi. Ukupna radna krivulja je određena povećanjem protoka koji pumpe postižu pri odgovarajućoj visini dobave.

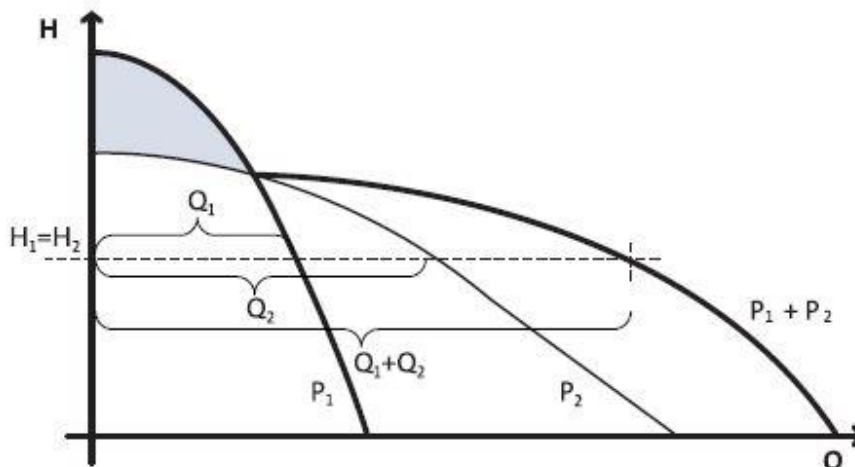
Slika 18. Paralelno spojene centrifugalne pumpe istih karakteristika



Izvor: <https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/04/30/prednosti-i-nedostaci-paralelnog-rada-pumpi/>

Ukupna Q - H krivulja je postignuta zbrajanjem protoka za postignutu visinu dobave. S obzirom na to da se u ovom primjeru radi o dvije identične centrifugalne pumpe, visina dobave je jednaka za obje, $H_1 = H_2$. Radna krivulja ima istu maksimalnu visinu dobave H_{max} , međutim maksimalan protok Q_{max} je dvostruk. Za bilo koju visinu dobave protok će biti jednak dvostrukom protoku koji bi imala samo jedna pumpa u radu. Ugradimo li u sustav napajanja dvije pumpe različitih kapaciteta i performansi pri istoj visini dobave ukupan protok će opet biti jednak zbroju pojedinačnih protoka.

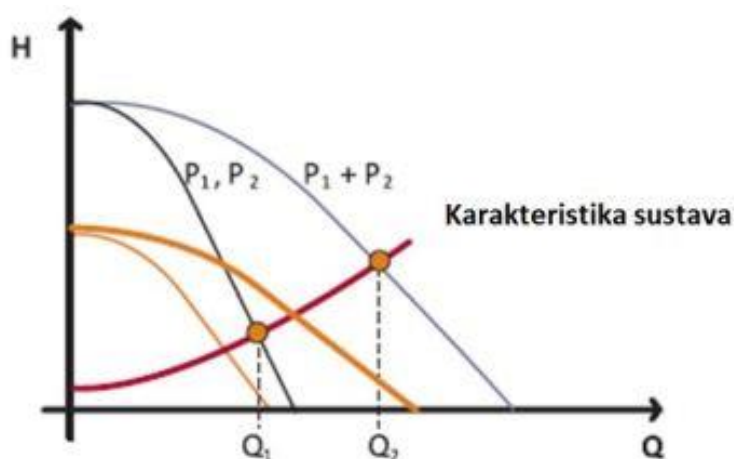
Slika 19. Paralelno spojene pumpe različitog kapaciteta



Izvor: <https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/04/30/prednosti-i-nedostaci-paralelnog-rada-pumpi/>

Kada je potrebno postići varijabilna protok, najbolje je imati paralelno spojene pumpe pokretane frekventnim elektromotorima koji imaju varijabilnu brzinu vrtnje. U takvom sustavu moguće je pokriti veći raspon performansi. Jedna pumpa pokriva područje potrebnog protoka Q_1 . Iznad vrijednosti Q_1 obje pumpe moraju raditi istovremeno kako bi se postigao potreban protok radnog medija, što je prikazano na slici 3. Kada obje pumpe rade istom brzinom vrtnje, ukupna radna krivulja će biti nalik na prikazanu narančastu krivulju.

Slika 20. Paralelni rad pumpi pokretanih frekventnim elektromotorima



Izvor: <https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/04/30/prednosti-i-nedostaci-paralelnog-rada-pumpi/>

5. PRIMJER PROTUPOŽARNOG SUSTAVA NA PUTNIČKOM BRODU

Za primjer protupožarnog sustava koristim podatke iz putničkog broda za kružna putovanja koji može primiti oko 2500 putnika i oko 1500 osoblja. Njegova bruto tonaža iznosi oko 140 000 tona. Usredotočit ću se na protupožarni sustav s vodom pod tlakom i to na klasični sustav s hidrantima.

5.1. Ulazni podaci broda:

Glavne dimenzije broda:

$L = 299,63$ m	- duljina broda
$B = 39$ m	- najveća širina broda
$D = 11,85$ m	- dubina do pregradne palube broda
$n_K = 4$	- potrebni broj kaljužnih pumpi
$n_{PP} = 3$	- potrebni broj protupožarnih pumpi
$p_h = 4$ bar	- minimalni pritisak u hidrantu
$q_h = 24$ m ³ /h	- protok vode po hidrantu
$H_h = 57,1$ m	- visina najvišeg hidranta s obzirom na osnovnu liniju broda
$H_p = 8,3$ m	- visina pumpe s obzirom na osnovnu liniju broda

5.2. Proračun kapaciteta protupožarnih pumpi:

Proračun usisa kaljuže broda:

$$d_m = 1,68 \cdot \sqrt{(B + D) \cdot L} + 25$$

Gdje je:

d_m	- unutarnji promjer glavne kaljužne linije [mm]
L	- duljina broda [m]
B	- najveća širina broda [m]
D	- dubina do pregradne palube broda [m]

$$d_m = 1,68 \cdot \sqrt{(39 + 11,85) \cdot 299,63} + 25$$

$$d_m = 232,37 \text{ mm}$$

Teoretski kapacitet pojedinačne pumpe kaljuže:

$$Q_T = 5,75 \cdot 10^{-3} \cdot d_m^2$$

Gdje je:

Q_T - teoretski kapacitet pumpe kaljuže [m^3/h]

d_m - unutarnji promjer glavne kaljužne linije [mm]

$$Q_T = 5,75 \cdot 10^{-3} \cdot 232,37^2$$

$$Q_T = 310,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Potreban ukupni teoretski kapacitet pumpa kaljuže:

$$Q_K = n_K \cdot Q_T$$

Gdje je:

Q_K - ukupni teoretski kapacitet pumpa kaljuže [m^3/h]

Q_T - teoretski kapacitet pumpe kaljuže [m^3/h]

n_K - potrebni broj kaljužnih pumpi

$$Q_K = 4 \cdot 310,48$$

$$Q_K = 1241,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kapacitet pojedinačne protupožarne pumpe:

$$Q_{PP,min} \geq \frac{2}{3 \cdot n_{PP}} \cdot Q_K$$

Gdje je:

$Q_{PP,min}$ - minimalni potrebni kapacitet protupožarne pumpe [m^3/h]

Q_K - ukupni teoretski kapacitet pumpa kaljuže [m³/h]

n_{PP} - potrebni broj protupožarnih pumpi

$$Q_{PP,min} \geq \frac{2}{3 \cdot 3} \cdot 1241,9$$

$$Q_{PP,min} = 275,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Usvojeni kapacitet pojedinačne protupožarne pumpe:

$$Q_{PP} = 290 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.3. Proračun pada tlaka:

U svrhu proračuna pada tlaka između dva najudaljenijih hidranta iz istog sustava odabiremo najgori predviđeni sustav na brodu.

Najudaljeniji hidranti se nalaze na palubi 15 + 1500mm kod rebra i na palubi 14+1500mm kod rebra 64. Usvojeno razmak između hidranata ovog sustava iznosi 8,3m. Dok je najviši hidrant sustava od osnovne linije broda udaljen 57,1m.

Dinamički pad tlaka cjevovoda:

$$p_c = \left[\left(k_1 \cdot \frac{L}{d} \right) + k_2 \right] \cdot v^2 \cdot \rho^2$$

Gdje je:

p_c - pad tlaka cjevovoda [bar]

$k_1 = 0,265 \cdot 10^{-6}$ - koeficijent gubitaka površine cijevi i Reynolds-ov broj

$k_2 = 0,021 \cdot 10^{-6}$ - koeficijent lokalnih gubitaka komponenti cjevovoda

L_c - duljina cjevovoda [m]

d_c - unutarnji promjer cjevovoda [mm]

v - brzina strujanja vode [m/s]

ρ - gustoća vode [kg/m³]

Tablica Proračuna po odvojcima za protupožarnu pumpu 1:

Opis cjevovoda	Dimenzija cijevi [DN]	L_c [m]	d_c [mm]	Protok [m ³ /h]	v [m/s]	Broj koljena	Pad tlaka [bar]
Odjeljak 1 - od pumpe do vertikalne	200	285	206,5	48	0,40	93	0,058
Odjeljak 2 - od vertikalne do hidranata	80	31,8	79,9	48	2,66	32	0,633
Odjeljak 3 - hidrant 1 DN65	65	5	67,1	24	1,89	10	0,089
Odjeljak 4 - hidrant 1 DN50	50	1	51,3	24	3,23	2	0,055
Odjeljak 5 - hidrant 2 DN65	65	15	67,1	24	1,89	7	0,145
Odjeljak 6 - hidrant 2 DN50	50	1	51,3	24	3,23	3	0,055
Ukupni pad tlaka cjevovoda [bar]=							1,035

Pad tlaka zbog utjecaja visine iznosi:

$$p_{pp} = (H_h - H_p)/10$$

Gdje je:

p_{pp} - pad tlaka u hidrantu [bar]

H_h - visina najvišeg hidranta s obzirom na osnovnu liniju broda [m]

H_p - visina pumpe s obzirom na osnovnu liniju broda [m]

$$p_h = (57,1 - 8,3)/10$$

$$p_h = 4,88 \text{ bar}$$

Ukupni pad tlaka koji protupožarna pumpa mora savladati je:

$$p_{PP} = p_v + p_c + p_h$$

Gdje je:

p_{PP} - pad tlaka protupožarne pumpe [bar]

p_v - pad tlaka zbog utjecaja visinske razlike [bar]

p_c - pad tlaka cjevovoda [bar]

p_h - pad tlaka u hidrantu [bar]

$$p_{PP} = 4,88 + 1,035 + 4$$

$$p_{PP} = 9,915 \text{ bar}$$

5.4. Odabir pumpe prema dobivenim podacima:

Slika 21. Tehnički list odabrane pumpe

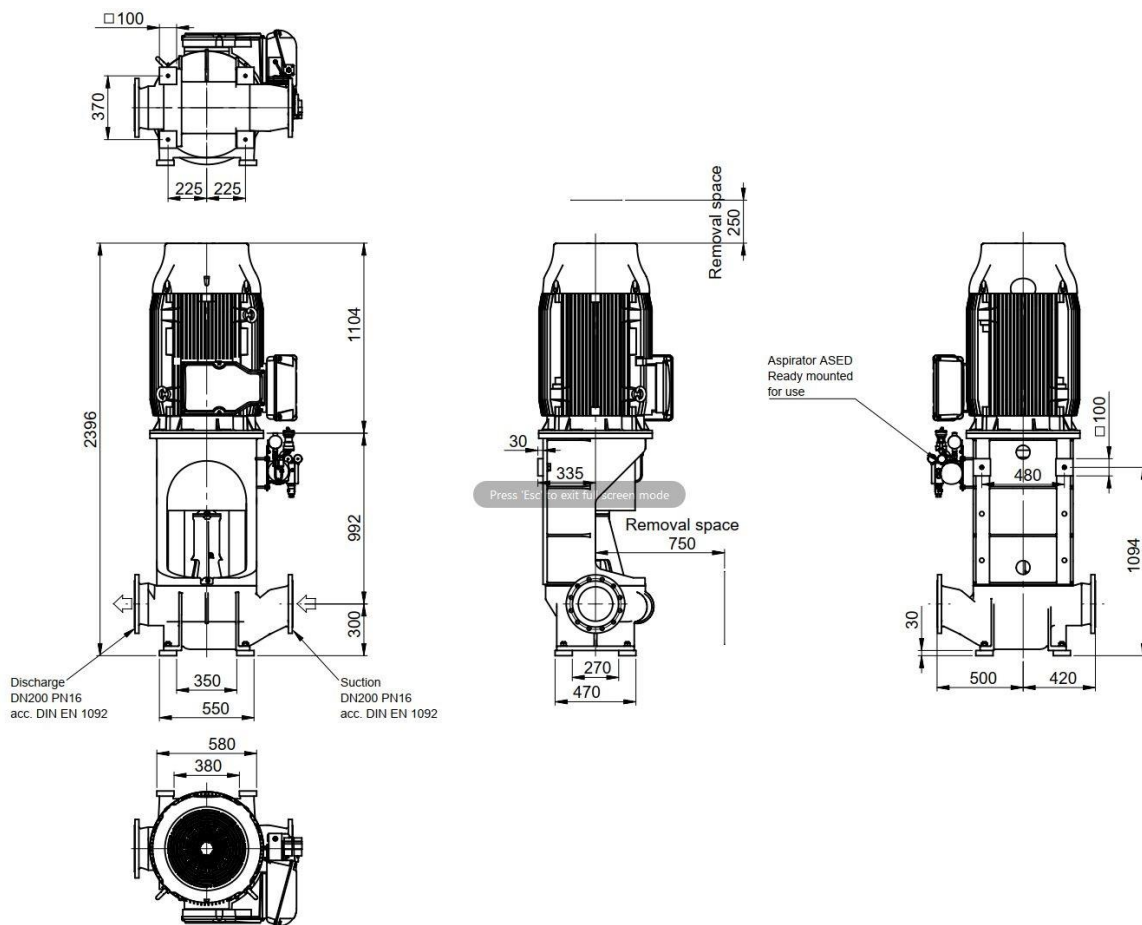
Behrens Pumpen

Technical specification

<u>Item</u>					
Service		EMERG. FIRE PUMP 1			
Type:		VRF 7/350 G			
Description		Vertical inline centrifugal pump			
<u>Technical data</u>					
Medium					
Temperature	(°C)	:	32		
Viscosity	(cst)	:			
Density	(kg/cbm)	:	1030		
Capacity	(cbm/h)	:	270,00		
Suction pressure	(bar)	:			
Delivery pressure	(bar)	:	12,00		
Difference pressure	(bar)	:	12,00		
Power consumption	(kW)	:	150,00		
Motor required	(kW)	:	158,00		
Speed	(rpm)	:	3580		
NPSH (r)	(m)	:	4,80		
<u>Materials</u>					
Pump	Casing	:	NiAl-Bronze		
	Impeller	:	Duplex st steel		
	Wear rings	:	Bronze G-CuSn12		
	Shaft	:	Duplex st steel		
Bearings	Type	:	Rolling contact		
	Lubrication	:	grease		
Coupling	Type	:	flexible spacer		
Shaft seal	Type	:	Mechanical seal		
	Material	:	Carbon-SiC NBR		
<u>Connections</u>			DN	PN	
suction side:			200	16	
pressure side			200	16	
<u>Priming unit</u>		Type	:	priming unit AS230V priming unit with liquid ring pump, seawater resistant mounted on pump	
<u>Prime mover</u>					
E-Motor	Type	:	W22 IE3 315S/M-2		
	Execution	:	IM V1, IP 55, ISO F to B		
	Starting	:	DOL		
Power supply	(V / Hz)	:	690 / 60	PTC	: yes
Power	(kW)	:	185,00	SPM	: yes
Rated current	(A)	:	179,00	Space heater	: 230V 2x70W
Starting current	(A)	:	1344,00		
<u>Weights</u>					
Pump / e-motor	(kg)	:	490,00 / 1.053,00	Total (kg)	: 1.543,00
<u>Classification</u>		LROS, certificate for pump and e-motor			
		Pump			
		Motor			

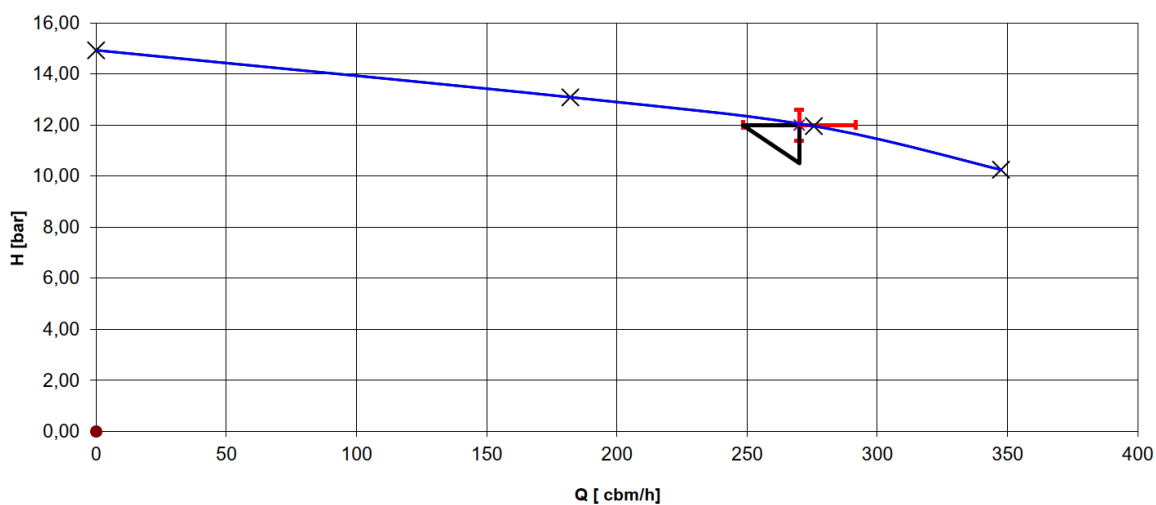
Izvor: Behrens Pumpen

Slika 22. Nacrt odabrane pumpe



Izvor: Behrens Pumpen

Slika 23. Dijagram odabrane pumpe



Izvor: Behrens Pumpen

6. ZAKLJUČAK

Svrha ovog završnog rada je predočiti zašto su pumpe bitni dio svakog brodskog sustava u vidu sigurnosti. Osnovni opis pumpi objašnjen je u poglavlju „PUMPE, NJIHOVA UPOTREBA I PODJELA“. Prednosti i nedostaci pumpi opisani su u poglavlju „Principi rada pumpe“, s naglaskom kako niti jedan hidrauličko-mehanički uređaj nije savršen.

Odabirom prikladne vrste pumpe za naš sustav možemo umanjiti njene nedostatke, odnosno uvećati njene prednosti. Što je prikazano u poglavlju „PUMPE ZA PROTUPOŽARNE SUSTAVE NA BRODOVIMA“.

Važno je naglasiti kako tehnologija svakim danom napreduje te se na tržištu pojavljuju pumpe sve boljih karakteristika i jeftinijih troškova izrade. Ali ne postoji pumpa koja može odgovarati svakom mediju i uvijek i u svim uvjetima dati maksimalne rezultate. Iz tog razloga pravilan odabir pumpe je bitan što je opisano u poglavlju „PRIMJER PROTUPOŽARNOG SUSTAVA NA PUTNIČKOM BRODU“.

7. LITERATURA

Fancev, M., Franjić, K. Pumpe. Tehnička enciklopedija, sv. 11, 1988.

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Pumpa. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 12.2.2023. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=51090>

Hydraulic Institute. Pump Definitions. Pristupljeno. 15.8.2023. https://web.archive.org/web/20120313091503/http://www.pumps.org/content_detail_pumps.aspx?id=2040

Hydraulic Institute. Rotody Pumps. Pristupljeno: 20.8.2023. https://web.archive.org/web/20130626081952/http://www.pumps.org/content_detail_pumps.aspx?id=1772

Hydraulic Institute. Rotodynamic (Centrifugal) Pumps. Pristupljeno. 16.8.2023. https://web.archive.org/web/20120410133648/http://www.pumps.org/content_detail_pumps.aspx?id=1768

Kruz, V. Tehnička fizika za tehničke škole. Školska knjiga. Zagreb, 1969.

PCM. Industrial Progressing Cavity Pumps. Pristupljeno: 16.8.2023. <https://www.pcm.eu/en/industry/pcm-solutions/progressing-cavity-pumps>

Slike i opisi slika preuzimani sa:

<https://marinerspointpro.com/rotary-lobe-pump-working-diagram-applications/>
<http://m.hr.sanjing-pump.com/news/advantages-disadvantages-and-ten-applications-25298278.html>

<https://www.multimon.info/hr/tehnologije/sustavi-za-gasenje-pjenom/>
<https://www.marineinsight.com/tech/how-high-pressure-water-mist-fire-fighting-system-for-ships-works/>

<https://www.indiamart.com/proddetail/horizontal-centrifugal-pump-17681852648.html>

https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrauli%C4%8Dka_pumpa

<http://hr.oceanpumps.com/news/advantages-and-disadvantages-of-screw-pump-57689090.html>

<https://www.pumpe.hr/opcenito-o-pumpama/zupcaste-pumpe>

<https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/05/16/prednosti-i-nedostaci-pumpi-spojenih-u-seriju/>

<https://strojarskaradionica.wordpress.com/2019/04/30/prednosti-i-nedostaci-paralelnog-rada-pumpi/>

Sve veze slika i opisa pristupljeni su: 14.9.2023.

8. POPIS SLIKA

Slika 1.	Unutrašnjost pumpe za vodu u automobilu	3
Slika 2.	Inzulinska pumpa koja dovodi inzulin do tijela osobe koja boluje od dijabetesa	4
Slika 3.	Pumpa korištena u petrokemijskoj industriji za izvlačenje nafte i zemnog plina iz zemljine kore	5
Slika 4.	Dijelovi centrifugalne turbo pumpe i smjer kolanja tekućine (označen zelenom strelicom)	8
Slika 5.	Stapna sisaljka	10
Slika 6.	Građa stapne sisaljke	10
Slika 7.	Princip rada lamelne pumpe	11
Slika 8.	Protok tekućine unutar zupčane pumpe	12
Slika 9.	Princip rada vijčane pumpe	13
Slika 10.	Princip rada pumpe s rotirajućim krilima ili klipovima	14
Slika 11.	Primjer hidranta na brodu	15
Slika 12.	Primjer automatskog raspršivanja vode u strojarnici broda	16
Slika 13.	Primjer sustava gašenja požara pjenom u industrijskom postrojenju	16
Slika 14.	Primjer horizontalne centrifugalne pumpe koja se ugrađuje na brod	18
Slika 15.	Q-H krivulja serijski spojenih centrifugalnih pumpi jednakih karakteristika	22
Slika 16.	Q-H krivulja serijski spojenih pumpi različitih karakteristika	23
Slika 17.	Pumpe pokretane različitim elektromotorima spojene u seriju	24
Slika 18.	Paralelno spojene centrifugalne pumpe istih karakteristika	25
Slika 19.	Paralelno spojene pumpe različitog kapaciteta	26
Slika 20.	Paralalni rad pumpi pokretanih frekventnim elektromotorima	26
Slika 21.	Tehnički list odabrane pumpe	32
Slika 22.	Nacrt odabrane pumpe	33
Slika 23.	Dijagram odabrane pumpe	33