

Primjena goriva, maziva i vode na brodu

Grkeš, Nikša

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:643039>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU

POMORSKI ODJEL

BRODOSTROJARSKI STUDIJ

PRIMJENA GORIVA, MAZIVA I VODE NA BRODU

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Jadran Šundrica

Pristupnik:

Nikša Grkeš

DUBROVNIK, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. GORIVA	2
2.1. Osnovni pojmovi energije i energetike.....	2
2.2. Osnovni pojmovi (ogrijevne vrijednosti, sastav goriva, izgaranje)	4
2.3. Podijela i karakteristike tekućih goriva	5
2.4. Sustav goriva na brodu	6
2.5. Postupanje s gorivom (ukrcaj i skladištenje na brodu)	7
2.6. Proces izgaranja.....	8
2.6.1. Temeljni pojmovi	8
2.6.2. Kemijska reakcija	9
2.6.3. Izgaranje naftnih goriva.....	10
2.6.4. Obrada goriva	15
2.7. Rukovanje gorivom.....	20
3. MAZIVA	21
3.1. Osnovna svojstva maziva.....	21
3.2. Podmazivanje pokretnih dijelova i trenje.....	22
3.3. Mineralna i sintetička ulja, masti	22
3.4. Sustavi podmazivanja	24
3.5. Postupanje s uljima i mastima.....	25
4. VODA	26
4.1. Morska i slatka voda na brodu	26
4.2. Proizvodnja, odsoljavanje i dezinfekcija vode	27
4.3. Pročišćavanje i prerada crnih i sivih voda.....	30
4.4. Sustavi vode na brodu	33
6. ZAKLJUČAK	35
LITERATURA.....	36

SAŽETAK

Goriva su izvori topline u stvarnom, fizičkom smislu, a mogu biti u svim agregatnim stanjima, također pod pojmom gorivo obično se podrazumjeva tvar koja u procesu izgaranja razvija toplinu iskoristivu u praksi. Gorivo je smjesa složenih kemijskih spojeva koji spadaju u kategoriju organskih spojeva vodika, ugljika, sumpora i dušika. Nakon što gorivo prođe kroz skladišne tankove, taložne tankove, postrojenja za pročišćavanje i dnevne tankove, ono ulazi u dizel motore. Gorivo mora doći u dizel motor pod ispravnom temperaturom i tlakom kako bi se što bolje raspršilo. Skladištenje i prijevoz goriva moraju biti takvi da gorivo ne gubi na kvaliteti.

Maziva se dobivaju iz nafte, gusta masa koja ostaje nakon benzina, petroleja i plinskog ulja, destilira se pod sniženim tlakom, a potom rafinira. Tekuća ili konvencionalna maziva se općenito sastoje od baznog ulja ito najčešće oko 90% i aditiva oko 10%. Bazno ulje može biti mineralnog porijekla, sintetičko ili prirodno (biljno i životinjsko). Osnovna svojstva ulja su viskoznost, isparljivost, te temperatura paljenja i stinjavanja. Sustav podmazivanja glavnog motora može se podijeliti u dva sustava, jedan za podmazivanje cilindara motora i drugi za podmazivanje ležajeva, te križne glave. Također kao i za goriva vrijedi da se za prijevoz i skladištenje maziva mora osigurati da maziva ne gube na kvaliteti, te da ne dođe do zapaljenja uljnih para.

Dvije vrste voda se koriste na brodu, a to su slatka i slana voda. Najčešće one služe za hlađenje glavnih i pomoćnih motora, te drugih strojeva, ali također se koristi i za piće. Na brodovima je potrebno imati određene uređaje za tretiranje tih voda, tj. prvo za proizvodnju slatke vode iz mora, te nakon toga sustave za pročišćavanje i tretiranje vode. Postoji više načina proizvodnje vode ali među najupotrebljivijim su generator za proizvodnju vode i uređaj za proizvodnju vode metodom obrnute osmoze.

SUMMARY

Fuel is a source of heat in a real, physical sense, and can be in all aggregate states, also in the notion of fuel usually refers to a substance that in the combustion process develops heat that can be utilized in practice. Fuel is a mixture of complex chemical compounds that fall into the category of organic compounds of hydrogen, carbon, sulfur and nitrogen. Once the fuel passes through the storage tanks, sediment tanks, treatment plants and daily tanks, it goes into diesel engines. Fuel must come into a diesel engine under proper temperature and pressure to disperse it better. Storage and transportation of fuel must be such that fuel does not lose its quality.

The lubricants are obtained from the fuel, the dense mass that remains after gasoline, petroleum and gas oil, is distilled under reduced pressure, and then refined. Liquid or conventional lubricants generally consist of base oil, most commonly about 90%, and additives about 10%. It is based on mineral base, synthetic or natural (plant and animal). The basic properties of the oil are viscosity, volatility, and ignition temperature and cracking. The main lubrication system can be divided into two systems, one for lubricating the engine cylinder and the other for lubricating the bearings, and the crosshead. Also, as for fuels, it is worthwhile to ensure that the lubricants do not lose quality on lubrication and storage of lubricants and that oil vapors are not ignited.

Two types of water are used on board, which are sweet (fresh) and salty water. Most commonly, they are used for cooling main and auxiliary engines, and other machines, but also used for drinking. On ships, it is necessary to have certain devices for the treatment of these waters, ie first for the production of freshwater from the sea, and then for water purification and treatment systems. There are several modes of water production, but among the most used are the generators for water production and the water production device by the reverse osmosis method.

1. UVOD

Primjena goriva, maziva i vode na brodu je neophodna za rad svih strojeva, pokretanje i podmazivanje strojeva te za hlađenje istih. Također voda je potrebna za piće kako osoblju tako i putnicima. U prošlosti se energija dobivala iz vjetra, vode, vodene pare ili sunca, dok se u sadašnje vrijeme najčešće dobiva iz goriva koje izgara u motoru s unutarnjim izgaranjem. Da bi se omogućilo pokretanje i obavljanje nekog rada tih motora potrebno je adekvatno podmazivanje pokretnih dijelova koje osiguravaju razna maziva (ulja i masti). Također kako ti motori stvaraju koristan rad tako se i zagrijevaju pa ih je potrebno hladiti, u najvećem broju slučajeva slatkom vodom, a moguće je i slanom vodom.

2. GORIVA

Goriva su izvori topline u stvarnom, fizičkom smislu (nafta, drvo, ugljen), a mogu biti u svim agregatnim stanjima, također pod pojmom gorivo obično se podrazumjeva tvar koja u procesu izgaranja razvija toplinu iskoristivu u praksi. Oslobođanjem energije goriva povećava se unutarnja energija radne tvari koja u procesu izgaranja razvija toplinu. Mogu se podijeliti :

- a) prema agregatnom stanju:
 - kruta (drvo i ugljen)
 - tekuća (nafta i naftni derivati)
 - plinovita (prirodni i zemni plin, propan, butan)
- b) prema nastanku :
 - fosilna (biljnog ili životinjskog podrijetla)
 - mineralna (anorganske mineralne tvari i sintetička)
- c) prema namjeni :
 - peći i ložišta
 - motor s unutarnjim izgaranjem
 - nuklearni reaktor

2.1. Osnovni pojmovi energije i energetike

Riječ energija nastala je iz grčke riječi energos što znači rad ili učinak. To je fizikalna veličina kojom se opisuje sposobnost nekog tijela ili sustava da obavi rad. Energija se u prirodi, tehnici i industriji pojavljuje u različitim oblicima, koji se pretvaraju jedan u drugi po načelu očuvanja energije, tj. ona se ne može potrošiti ni stvoriti, već samo promijeniti svoj oblik.

Energija je pohranjena u obliku koji u pravilu nije pogodan za korištenje. U tom je slučaju primjerenije govoriti o postojanju različitih oblika energije i njihovoj transformaciji iz jednog oblika u drugi. Ipak ako se razmišlja kako je energija dospjela na Zemlju, ustanovit će se da se bez obzira na oblik energije u kojemu je ona pohranjena gotovo uvijek radi o istom izvoru, a to je Sunce. Sunčeva energija pohranjena je u ugljenu, nafti, zemnom plinu, drvetu i hrani, te je ona beskonačan izvor topline. Postoje i oblici energije koji ne potječu od Sunca, to je primjerice energija oseke i plime koja je posljedica gravitacijskih sila između Zemlje i Mjeseca. Jedinica za energiju, odnosno rad u međunarodnom sustavu (engl. System International, kratica SI) jedinica jest džul, oznaka J. Nazvana je prema engleskom fizičaru Jamesu Prescottu Jouleu, koji je otkrio da je toplina jedna vrsta ili oblik energije. Jedan džul predstavlja energiju koja je potrebna da se silom od jednog njutna, pomakne njezino hvatište za 1 metar.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ (ili } 1 \text{ N m)}$$

Postoji više oblika energije kao što su:

- **potencijalna**, energija koju posjeduje neko tijelo zbog svog položaja u prostoru ili zbog dobivenih elastičnih deformacija. Prelaskom tijela u novi položaj ili oslobađanjem deformacije, potencijalna energija može prijeći u kinetičku energiju tijela ili izvršiti neki rad. Stisnuta ili rastegnuta opruga, oslobađajući deformacije, može nekomu tijelu davati kinetičku energiju ili svladavati neke otpore. Potencijalna energija vezana je za sile koje djeluju na tijelo i relativna je veličina, pa se može reći da je ona funkcija tijela težine (m) i na nekoj visini (h).
- **kinetička**, energija koju tijela dobiju gibanjem. Mjera joj je rad što ga tijelo može izvršiti, svladavajući vanjske sile, prije nego što dođe u stanje mirovanja. Ona je veća što se čestice brže gibaju i što imaju veću masu. Kao i sve druge, kinetička energija ne može nestati nego samo mjenjati iz jednog stanja u drugo, očemu govori Zakon o odražanju energije.
- **mehanička**, energija koja omogućava kretanje tijela u prirodi. Mehaničko stanje tijela (kretanje, mirovanje, promjena položaja) je određeno stanjem i količinom mehaničke energije. Pri kretanju tijela pod utjecajem sile javlja se rad, a rad je jednak umnošku sile i puta duž kojeg sila djeluje.
- **toplinska**, je fizikalna veličina kojom se opisuje energija koja prelazi s toplijeg tijela na hladnije. Toplina koja se izmjenjuje pri dodiru dvaju tijela različitih temperatura ovisi o masi (m) tijela, specifičnom toplinskom kapacitetu (c) tvari od koje se tijelo sastoji, te o temperaturnoj razlici (Δt). Subjektivni osjećaj topline dobiva se dodirrom s tijelima kojima je temperatura viša ili niža od temperature ljudskog tijela.
- **kemijska**, može se definirati kao rad koji obave električne sile prilikom preslagivanja električnih naboja – protona i elektrona – u kemijskim procesima. Ako se kemijska energija sustava smanji u kemijskoj reakciji to znači da je razlika emitirana u okolinu u obliku svjetlosti ili topline, a ako se kemijska energija poveća to znači da je sustav iz okoline uzeo određenu količinu energije i to najčešće u obliku svjetlosti ili topline. Primjer iskorištavanja kemijske energije su fosilna goriva koja izgaranjem oslobađaju toplinu koja se onda direktno preko pritiska pretvara u kinetičku energiju ili se koristi za grijanje neke tekućine u svrhu isparavanja te tekućine i dobivanja kinetičke energije. Elektrana na ugljen primjer je pretvaranja kemijske energije u električnu energiju.
- **električna**, je oblik potencijalne energije u polju Kulonove sile u kojem se čestice istog naboja međusobno odbijaju, a čestice suprotnih naboja se međusobno privlače. Električna energija nedvojbeno je trenutno najvažniji oblik energije koji koristi čovječanstvo jer se relativno jednostavno transportira i što je najvažnije – jednostavno se može pretvoriti u ostale korisne oblike energije poput kinetičke i toplinske energije.

Energetika je pojam s nekoliko značenja:

- znanost o energiji i tehničkoj uporabi izvora energije,
- skup gospodarskih aktivnosti s pomoću kojih se istražuju i proizvode primarni oblici energije, zatim transformiraju, prenose i distribuiraju do potrošača,
- grana gospodarstva koja omogućuje snabdijevanje potrošača neophodnom energijom.

Energetska intenzivnost jest ekonomsko-tehnički pojam koji pokazuje koliko se primarne i sekundarne energije troši po jedinici društvenog proizvoda po stanovniku neke sredine.

Energetska učinkovitost u stručnim se sredinama definira kao tehnički pojam koji pokazuje koliki se dio primarne ili sekundarne energije može transformirati u korisnu energiju. Energetska učinkovitost se sve češće spominje u svakodnevnom životu, pa u tom slučaju zapravo znači:

- učinkovito korištenje svih oblika energije u svim sektorima ljudskog života
- zbroj planiranih i provedenih mjera čiji je cilj koristiti minimalne količine energije potrebne za zadovoljenje različitih potreba (grijanje ili hlađenje postora, ravjete ...)
- uporaba manje količine energije za obavljanje istog posla, odnosno funkcije.

2.2. Osnovni pojmovi (ogrijevne vrijednosti, sastav goriva, izgaranje)

- **Ogrijevna vrijednost** goriva predstavlja količinu topline koja se razvija pri potpunom izgaranju jedinice količine goriva [J/kg] ili [J/m³].

Gornja ogrijevna vrijednost H_g podatak je o svojoj toplini koja se oslobađa pri potpunom izgaranju jedinice količine nekog goriva u uvjetima kada se nastala vodena para iz dimnih plinova kondenzira te kad se dimni plinovi ohlade na temperaturu od 0°C.

Donja ogrijevna vrijednost H_d razlikuje se od gornje ogrijevne vrijednosti za veličinu latentne topline isparavanja vodene pare iz dimnih plinova koja nastaje iz sadržane vlage i vodika u gorivu.

Gornja ogrijevna vrijednost goriva veća je od donje upravo za onu količinu topline kondenzacije vodene pare sadržane u plinovima izgaranja.

- Sastav goriva i izgaranje

Gorivo je smjesa složenih kemijskih spojeva koji spadaju u kategoriju organskih spojeva vodika, ugljika, sumpora i dušika. Gorivo se sastoji od gorivog dijela i balasta, gorivi dio je vodik, ugljik, sumpor i kisik koji podržava gorenje, a ne gorivi su dušik, vlaga i mineralne tvari (pepeo).

- **vodik**, plin bez boje, mirisa i okusa 14 puta lakši od zraka, neotrovan je i slabo topljiv. Zapaljen na zraku pri 560 °C, izgara gotovo nevidljivim plamenom u vodu što rezultira različitim količinama oslobođene energije. Na sobnoj temperaturi bez katalizatora reagira s fluorom i vanadijem u prahu. Pri povišenoj temperaturi spaja se i s kisikom iz mnogih oksida, te tako djeluje kao redukcijsko sredstvo.
- **sumpor**, mirisom podsjeća na šibice, lagan i mekan i ne topljiv u vodi. Slab je vodič topline i elektriciteta, na povišenim temperaturama tvori spojeve s klorom, ugljikom, željezom i drugim elementima. On je kemijski reaktivan element, ali manje od kisika, većina smjesa sa sumporom smrdi po pokvarenim jajima. U spoju sa vlagom iz zraka stvara kisele kiše. Sumpor izgara u sumporov oksid (SO₂) ili sumporov trioksid (SO₃) ovisno o uvjetima izgaranja i sadržaju prisutnog kisika. Izgaranjem u sumporov trioksid oslobađa se više količina topline.
- **ugljik**, je jedan od osnovnih elemenata u kemijskom sastavu goriva. Udio ugljika u fosilnim gorivima može iznositi i do 95%, te samim time ono određuje kvalitetu goriva. Prilikom izgaranja veže se s kisikom i pritom daje znatne količine toplinske energije. Ako se izgaranje odvija uz dovoljnu količinu zraka, ugljen izgara potpuno u ugljikov dioksid.
- **dušik**, se u fosilnim gorivima nalazi u malim količinama od 0,7 do 1,3%, tijekom izgaranja ponaša se kao inertni sastojak, što znači da niti izgarati daje toplinu. U posebnim uvjetima može stvarati nepoželjne dušikove okside NO_x koji imaju loše djelovanje na ljude i okoliš.

2.3. Podjela i karakteristike tekućih goriva

Sva mineralna tekuća goriva dobivaju se u rafinerijama frakcijskom destilacijom iz sirovog zemnog ulja-nafte. Osim derivata nafte u tekuća goriva spadaju i umjetna tekuća goriva koja nemaju mineralno podrijetlo i koja se sastoje od ugljikovodika, ali i od grupa spojeva koji nisu ugljikovodici, s obzirom da sadrže i kisik (alkoholi, eteri, ketoni...).

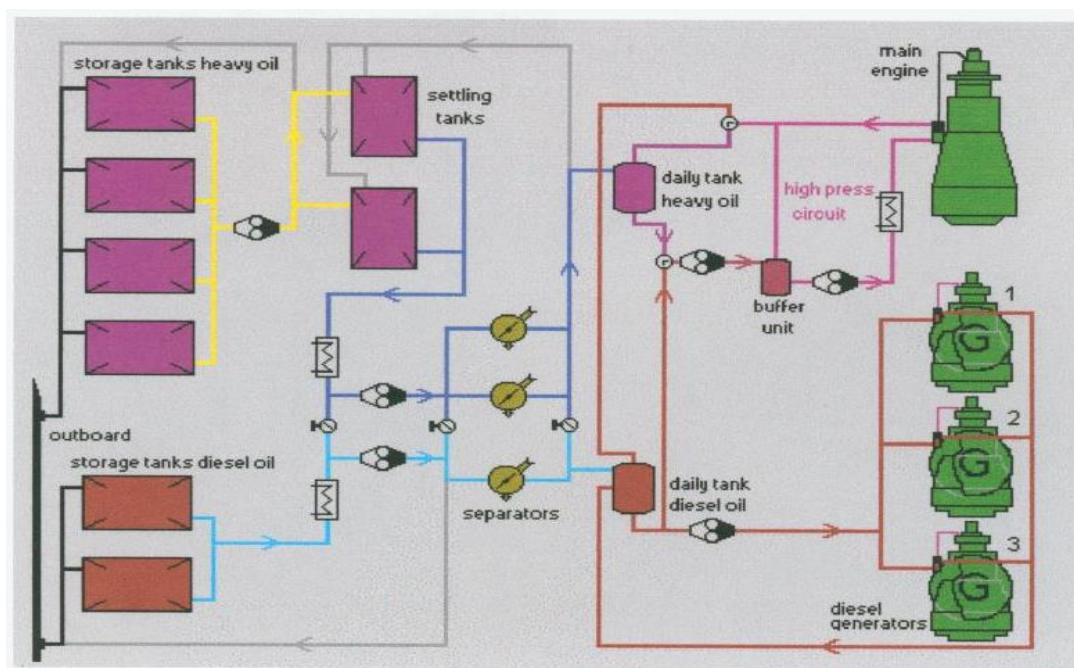
Tekuća goriva mogu se podijeliti na naftu i njezine prerađevine te goriva koja sadrže kisik:

- **nafta**, je vrlo složena smjesa velikog broja različitih ugljikovodika, a sadrže i različite primjese kao što su organski spojevi koji u svojim molekulama imaju sumpor, dušik i kisik, pa i teške metale kao što su željezo, nikal i vanadij. Sve nafte imaju u sebi određenu količinu vode koja ponekad prelazi i 30%. Sadrži i otopljene plinove-propan, butan i sumporovodik. Osnovni kemijski elementi u sirovoj nafti su ugljik i vodik čiji je omjer promjenjiv.

- **benzin**, je složena tekuća otopina ugljikovodika nastala frakcijskom destilacijom iz nafte, najčišća je vrsta tekućih goriva, pa joj je sukladno tome i cijena najviša. Raspon vrelišta mu je u intervalu od 70 do 200%. Ovisno o vrsti motora, oni se mogu razvrstati prema svojim fizikalno- kemijskim svojstvima od kojih su najvažiji oktanski broj i hlapljivost benzina. Također mogu se podijeliti prema namjeni na motorne benzine i avionske benzine, iako se obje vrste koriste kao gorivo u motorima čiji je princip rada identičan, podjela je uvjetovana nezanemarivim razlikama u zahtjevima kvalitete. Motorni benzin je najvažnije gorivo za Oto motore, tj. motore SUI u kojima se smjesa pali inicijalno električnom iskrom.
- **diesel**, je također nastao iz nafte ali je on malo lošije kvalitete od benzina. Od benzina se razaznaje po svojoj zelenoj ili plavoj boji, a može se osjetiti i razaznati po mirisu. Za razliku od benzina njegovo izgaranje u diesel motoru se odvija samozapaljenjem pri visokoj temperaturi i tlaku. Na brodovima se najčešće koristi pri dolasku u luku zbog lakšeg manevriranja brodom i smanjenja emisije ispušnih plinova, tj. zagađivanja zraka.

2.4. Sustav goriva na brodu

Sustav goriva na brodu podjeljen je na sustav teškog goriva i sustav lakog goriva, tj. diesel goriva, vidljivo na slici 1. Sustav teškog goriva opremljen je skladišnim tankovima, taložnim tankovima iz kojih preko separatora gorivo ide u dnevni tank, zatim se pumpama dovodi do motora na uporabu. Sustav lakog goriva sastoji se također od skladišnih tankova, separatora i dnevnog tanka, te pumpe koja ga vodi do pomoćnih motora.



Slika 1. Sustav dobave lakog i teškog goriva[7]

2.5. Postupanje s gorivom (ukrcaj i skladištenje na brodu)

Postupak ukrcaja goriva na brod mora biti dobro isplaniran, gorivo mora biti točno usmjereno na određenu lokaciju u sustavu skladištenja što obuhvaća sve tankove koji služe za prihvatanje goriva. Postupak prilikom krcanja goriva na brod je sljedeći:

1. tražiti "Marpol bunker delivery note"
 2. tražiti deklaraciju o kvaliteti goriva (Marpol ann. VI % S)
 3. uzeti 3 DNV uzorka + 1 "Marpol VI" uzorak
 4. na naljepnice za uzorke obavezno upisati IMO broj
 5. poslije analize izvijestiti GU o % S
 6. faksirati kopiju BDN i analizu goriva
 7. za DNV analizu ubaci c/e form i kopiju BDN
 8. ako dobavljač uzima uzorak s naše cijevi onda je njegov uzorak dovoljan ali isto provjeriti podatke prema zahtjevima Marpol ann. VI
 9. ako dobavljač ne uzima uzorak s naše cijevi onda treba napisati "note of protest" te zadržati svoj uzorak kao official
 10. zabilježiti Marpol sample details u "Sample inventory log"
 11. ispraviti količine goriva u Galiotu
 12. napisati Requisition i Receipt za gorivo u Galiotu te za isto poslati mail u GU
 13. napisati "Bunkering plan"
 14. napisati "DNV proform invoice"
 15. napisati "Request to witness sampling"
 16. napisati "C/E report"
- Request to witness sampling- plava ostaje na brodu a kopija se preda dobavljaču. Dobavljača je potrebno pozvati da prisustvuje uzimanju uzoraka, a ako to ne želi to treba zabilježiti u Dnevnik!
 - Obavezno zapisati brojeve plombi uzoraka u C/E report form i u Dnevnik
 - Ako ne sudjelujemo u uzimanju uzoraka s barže na njihove naljepnice treba staviti pečat
 - Ako dobavljač ne želi uzeti naš uzorak upisati to u Dnevnik
 - Kad je ukrcaj goriva u Singapuru obavezno upisati brojeve plombi u dostavljačev BDN, a ako onto ne želi napisati "Note of protest"
 - Uzorak za Marpol ann. VI treba čuvati 12 mjeseci
 - Ako uzorak bude veći od 4.5% S gorivo treba mješati s drugim ifo gorivom ili dieslom te je isto potrebno prijaviti te novi uzorak poslati na novi test, ali prema uvjetima circular letter spremljen u c-8.12.

Skladištenje goriva odvija se u parom grijanim tankovima. Gorivo ide najprije u skladišne tankove koji služe za prihvatanje goriva pri krcanju na brod, zatim pomoću pumpa ono se odvodi do taložnih tankova gdje se kako i samo ime kaže gorivo zagrijava parnim grijačima i talože se nečistoće. Nadalje gorivo prolazi kroz separator gdje se još malo detaljnije pročisti, te ide u dnevni tank, spremljen za korištenje.

2.6. Proces izgaranja

2.6.1. Temeljni pojmovi

Ovaj dio završnog rada uspostavlja neki pojam o strukturi materije jer, kada se bave s načelom uređivanja izgaranja, velik dio teorije i primjene je u u vezi s pokretom i interakcijom čestica.

Element je supstanca koja se ne može rastaviti nikakvim kemijskim sredstvima na dva ili više čistih dijelova. Postoje 94 elementa koja se prirodno javljaju na zemlji, i najmanji dio elementa koji može postojati kao element definiran je kao atom. U svezi s elementom, atomi će se spajati od najmanje čestice elementa koja može samostalno opstati: takva čestica zove se molekula.

Osnovni element je vodik, ali atom vodika nemože samostalno imati stabilno stanje: u odnosu prema drugim materijalima on će se nastojat spojiti sa drugim atomima vodika ili sa nekim drugim atomima.

Molekula vodika se sastoji od dva atoma, i ova molekula može samostalno opstati. Neki elementi, poput ugljika, imaju stabilne molekule sa samo jednim atomom u njihovoj strukturi: druge molekule zahtijevaju dva ili više atoma.

Većina atoma je reaktivna, imaju tendenciju reaktivirati jedan sa drugim i kombinirati da bi dobili molekulu drugačijeg materijala. Tako tvoren materijal nije element, zato jer pri nekim procesima npr. elektrolizom, može se rastaviti na elemente od kojih je napravljen. Takav materijal, stvoren reakcijom, zove se spoj. Molekule spoja mogu također mogu reaktivirati i tvoriti druge elemente spoja.

Tablica 1. Elementi koji sudjeluju u procesu izgaranja

Element:	vodik	kisik	ugljik	sumpor	dušik
Simbol:	H ₂	O ₂	C	S	N

Tablica 1. pokazuje neke elemente koji su uključeni u proces izgaranja i simboli koji su korišteni su skraćeni način pisanja. Može se vidjeti da neki elementi npr. vodik, kisik i dušik imaju dva atoma i zovu se dvoatomni.

2.6.2. Kemijska reakcija

Kad elementi prave reakciju jedan sad drugim da bi stvorili neki drugi spoj i/ ili otpuštali elemente dolazi do distribucije energije. Takav proces je temeljen na kemijskoj reakciji. Izgaranje opisuje kemijsku reakciju između dva goja goriva i kisika.

U kemijskoj reakciji, početni elementi ili spojevi zovu se reaktanti i spojevi koji nastaju iza zovu se produkti.

Tijekom izgaranja naftnih goriva, suma energija substanci formiranih tijekom reakcije kombinirajućih substanci uvijek je manja od sume početnih energija. (Energije reaktanata i produkata obično se mjere pri zajedničkoj temperaturi od 15.5°C)

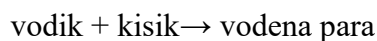
Tako kad substance A i B reagiraju jedna sa drugom da tvore novu substancu, C:

$$\text{energija od A} + \text{energija od B} = \text{prenesena energija} + \text{energija od C}$$

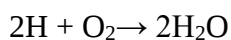
Iako pjdinii atomi koji reagiraju zajedno da bi stvorili spoj, kad pravimo izjave koje se odnose na reaktante i produkte moraju se zasnivati na molekulama koje su uključene. (U stvarnom svijetu ne nalazimo mnogo samostalnih atoma kisika koji su dostupni kao samostalne čestice, samo kisikove molekule).

Notacija koja se koristila kako bi se prikazao broj atoma pojedinog elementa u molekuli je sufiks broja (pogledaj Tablicu 1). Radi uštede mjesta, broj "1" je uvijek izostavljen (npr. "C₁" se uvijek piše "C", "C₁O₁" kao "CO" i "C₁O₂" kao "CO₂").

Broj pojedinih molekula uključenih u neku reakciju pokazana je kao prefiks broja, iako ako je ondje samo jedna molekula brojevni prefiks se izostavlja.



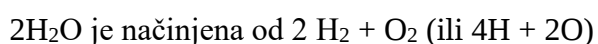
Reakcija se također može iskazati koristeći simbole za molekule elemenata koji su uključeni:



tako da, dvije molekule vodika (četiri atoma) su potrebne da bi se izvršila reakcija sa jednom molekulom kisika (dva atoma) da bi se proizvele dvije molekule vode ili vodene pare.

Reakcija uvijek mora balansirati u smislu broja atoma na svakoj strani, ali ne obavezno u smislu broja molekula, u ovom slučaju može se vidjeti da su četiri atoma vodika i dva atoma kisika na svakoj strani, ali kod molekula, tri molekule se kombiniraju da bi proizvele dvije molekule.

Primijetite da su dvije molekule vodene pare:



Prefiks broja "2" odnosi se na svaki element u molekuli.

Daljni osnovni principi koji se tiču reakcija pri sagorijevanju je da se samo slobodne molekule mogu reagirati jedna sa drugom. Čvrstine i fluidi ne reagiraju samo od sebe, ali njihove pare ili plinovi imaju tu mogućnost. Npr., čvrsti komad drva ne gori, ali pare koje dolaze od drva ako se griju reagirat će s kisikom u zraku i izgorjeti će.

Da bi reakcija pri sagorijevanju bila uspješna, molekule se moraju gibati velikim brzinama, udarajući jedna u drugu sa dovoljnom energijom da bi stvorile kombinaciju. Iz ovog razloga nafta se mora grijati da bi stvorila dovoljan broj molekula u plinovitom stanju, koje ako se kreću dovoljno brzo, će udariti jedna u drugu i izvršiti će reakciju. Što veća temperatura, brže će molekule putovati, proizvodeći veću mogućnost sudara i reakcije. Sudarna energija molekula važan je faktor u reakcijskom (izgaranju) procesu, i za kompleksne vodikove molekule, kut kojim kisikove molekule udaraju u vodikove molekule je kritičan faktor za početak reakcije.

Milijoni molekula bit će uključene u proces sudara i reakcije, i reakcija se ne završava u jednoj reakciji nego traje kroz nekoliko faza uključenih u evoluciju (kroz sudar) visoko reaktivnih vodikovih molekula naziva "slobodni radikali". Slobodni radikali će se sudariti sa drugim molekulama kisika i vodika i lančana reakcija će se nastaviti dok se izgaranje ne završi. "Slobodni radikali" je prijenosnik, koji pridonosi zapaljenju i sagorijevanju naftnih goriva. Vodik u gorivu reagira do završetka procesa vrlo brzo i lako; dok ugljik je više kritičan, i uvjeti moraju biti strogo kontrolirani da bi se osigurala reakcija do završetka.

Iz priloženog se vidi da izgaranje nije jednostavan proces, i njegov uspjeh ovisi o više faktora koji su u kontroli inženjera.

2.6.3. Izgaranje naftnih goriva

Iz kemijskog aspekta, sirova goriva se sastoje najviše od ugljikovodika. Sirovo gorivo pronađeno u Pennsylvania sadrži ugljikovodik sa kemijskim sastavom C_nH_{2n+2} (gdje je n cijeli broj). Takva sirova nafta (koja, između ostalog, može se također u zemljama oko Perzijskog zaljeva) je na bazi parafina. U drugim sirovim naftama dominirajući sastav je ciklički ugljikovodik, sa kemijskim sastavom C_nH_{2n} . Takve sirove nafte imaju naftansku bazu i nalaze se, npr; na Kaukasu.

Sirova nafta veoma često imaju velike količine asfalta, kao što je slučaj sa naftom nađenom u Texasu, i one su na asfaltskoj bazi. Posebno bogata sa hlapljivim komponentama (30-40%) je sirova nafta nađena u Indoneziji.

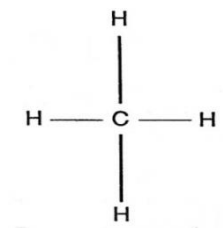
Sljedeća grupa ugljikovodika su plinovi na atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi:

methane CH_4

ethan C_2H_6

propane C_3H_8

butan C_4H_{10}



Slika 2. Metan

Članovi iduće grupe, sve do $C_{17}H_{36}$, su u tekućem stanju na atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi, ali njihova točka taljenja i vrelišta povećava se sa brojem ugljikovih atoma:

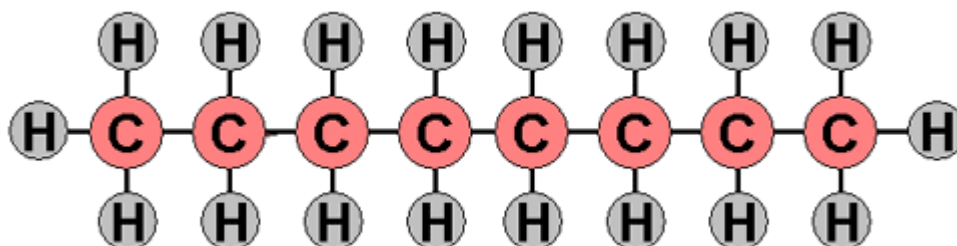
pentan C_5H_{12}

heksan C_6H_{14}

heptane C_7H_{16}

oktan C_8H_{18}

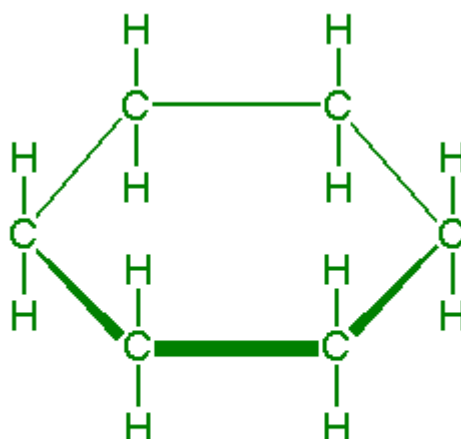
nonan C_9H_{20}



Slika 3. Oktan (normalni)

Ovakvi parafini se mogu djelomično pojaviti kao normalni parafini, kod kojih je struktura ugljika ravni lanac (vidi Slika 3.), ili izomerni sastav, gdje se struktura ugljika u formi lanaca sa strane; prefiksi n ili iso se uobičajno koriste za razlikovanje između njih. To omogućava da bi se našlo preko nekoliko stotina drugačijih parafinskih ugljikovodika u sirovoj nafti.

Od naftalina, može se spomenuti cikloheksan C_6H_{12} , koji tvori značajnu komponentu u udjelu u nafti iz Kaukasa. U ovim sastavima, ugljikova struktura ima formu zatvorenog prstena (vidi Slika 4.).



cyclohexane, C_6H_{12}

Slika 4. Cikloheksan (C_6H_{12})

Može se vidjeti da je sirova nafta daleko od jedinstvenog proizvoda, jer se nalazi u različitim vrstama sa veoma različitim kemijskim i fizičkim svojstvima.

U svakoj sirovoj nafti nalazit će se različite frakcije koje mogu biti prikladne za upotrebu u specifičnim uvjetima, npr. benzin, kerozin, plinovita ulja. Frakcije će imati određeni raspon ugljikovodikovih molekula koje se povezuje sa različitim rasponom temperatura vrelišta.

Većina naftnih derivata izgara u brodskim parnim kotlovima ili u cilindrima brodskih dizelskim motora i sastojeći se većinom srednje do visoke gustoće ugljikovodikovih molekula sa odgovarajućim rasponom vrelišnih temperatura, i potreban broj predgrijanja je potreban da bi se dobile slobodne molekula potrebnih za izgarni proces.

Mala količina sumpora je također prisutna kod sirove nafte, pa tako brodska goriva obično imaju mali postotak ovog zapaljivog elementa.

Postotak izomera (molekule razgranate u lanace) u naftnim derivatima ima utjecaj na njegova svojstva paljenja, i sa pokusima je utvrđeno da temperatura kod kojih se molekule razgranate u lanace spontano zapale veća nego kod molekula spojenih u ravni lanac.

Procesi rafiniranja imaju tendenciju povećanja postotka izomera, i stoga ostatak goriva imaju veću podložnost problemima sa zapaljenjem i početkom izgaranja nego drugi derivati.

Izgarni elementi ugljik (C), vodik (H) i sumpor (S) prave reakciju i gore koristeći kisik (O_2) iz atmosferskog zraka i oslobađaju energiju u obliku temperature.

Egzotermične reakcije su one koje uključuju transfer topline u vanjski sistem, i većina izgaranih reakcija spada u tu kategoriju. Iako, neke reakcije su endotermičke i zahtijevaju toplinu da se dovodi kako bi se osigurala reakcija.

Tablica 2. Maseni udjeli elemenata koji sudjeluju u izgaranju

Element (Simbol molekule)	ugljik (C)	vodik (H)	sumpor (S)	kisik (O ₂)	dušik (N ₂)
Maseni udio atoma	12	1	32	16	14
Maseni udio molekule	12	2	32	32	28

U tekstu koji slijedi prikazane su jednadžbe kako reaktanti koji se kombiniraju da bi stvorili produkte (i njihov naziv je poznat kao “jednadžbe izgaranje”)

Izgaranje ugljika:

Kemijska reakcija $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Relativne mase $12 + (16 \times 2) \rightarrow 44$

Maseni udio $1 + 8/3 \rightarrow 11/3$

Iz ovoga se vidi da 1 kg ugljika zahtijeva 8/3 kg kisika i tvori 11/3 ugljikovog dioksida (CO₂). Ovaj kemijski proces oslobađa oko 33.73 MJ za svaki kilogram ugljika koji izgori.

Ako ugljik ne izgori potpuno, tvori ugljikov monoksid (CO), i on kao plin napusti sistem neizgoren, tvori se idući rezultat:

Kemijska reakcija $2C + O_2 \rightarrow 2CO$

Relativne mase $(2 \times 12) + (16 \times 2) \rightarrow (2 \times 28)$

Maseni udio $1 + 4/3 \rightarrow 7/3$

Prema ovome, 1 kg ugljika treba 4/3 kisika i tvori 7/3 ugljikovog monoksida, Ovaj kemijski proces oslobađa samo 10.25 MJ za svaki kilogram izgorenog ugljika. Ovo predstavlja gubitak od 70% u usporedbi prema potpunom izgaranju.

Izgaranje vodika:

Kemijska reakcija $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

Relativne mase $(2 \times 1 \times 2) + (16 \times 2) \rightarrow (2 \times 18)$

Maseni udio $1 + 8 \rightarrow 9$

Prema tome, 1 kg vodika zahtijeva 8 kg kisika i tvori 9 kg vodene izmaglice (pare) ($2\text{H}_2\text{O}$). Ovaj kemijski proces oslobađa oko 144.4 MJ za svaki kilogram vodika koji izgori, pretpostavljajući da produkti izgaranja su ohlađeni i da se latentna toplina odvela iz vodene izmaglice. Ako para pobjegne kroz postrojenje nekondenzirana, što je većinom slučaj kod pogonskog postrojenja, povede latentnu toplinu sa sobom; tada je donja granična ogrijevna moć za svaki kilogram vodika $144.4 - (9 \times 2.465) = 122.2$ MJ. Broj 2.465 MJ je latentna toplina za svaki kilogram pare pri 15.5°C (što je standardna temperatura koja se koristi pri testiranjima i izračunima).

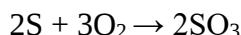
Izgaranje sumpora:

Kemijska reakcija $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

Relativne mase $32 + (16 \times 2) \rightarrow 64$

Maseni udio $1 + 1 \rightarrow 2$

Za 1 kg sumpora potrebno je 1 kg kisika i tvore 2 kg sumporovog dioksida (SO_2). Ovaj kemijski proces oslobađa 9.32 MJ za svaki kilogram izgorenog sumpora. Pri visokim temperaturama veoma mali postotak sumpora se nalazi jer se sumpor većinom izbacuje kao sumporov trioksid (SO_3). Postotak od SO_3 do SO_2 tijekom normalnog izgaranja, obično je oko 1%, i kemijska reakcija glasi :



Ova reakcija je od malog značaja iz pogleda topline, ali od velikog značaja iz pogleda korozije. Rezidualna goriva koja su danas u svakodnevnoj uporabi sadrže primjetne količine sumpora i zbog toga obično je povećana količina SO_3 u ispušnim plinovima. Postotak SO_3 će podići točku rošenja kiseline kod plinova. Rezultat je kondeziranje kiselinskih para na hladnijim metalnim površinama pri čemu se stvaraju sumporni spojevi ili sumporna kiselina koja uzrokuje koroziju.

Napomena: Za prikazivanje kemijskih reakcija i jednažbi može se koristiti i odnos kilograma po molu.

npr. 1 kilomol ugljika + 1 kilomol kisika tvorit će 1 kilomol CO_2 , ili, u molekularnim omjerima:

Kemijska reakcija: $\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$

Omjer mase: $1 + 1 \longrightarrow 1$

(postoje dvije različite molekule reaktanata, one se kemijski spoje i tvore jednu molekulu).

Ponekad je lakše i praktičnije raditi jednažbe izgaranja s molovima i na kraju dobivenu vrijednost pretvoriti u masene vrijednosti, ukoliko je to potrebno. Primjer određivanja količine zraka potrebnog za izgaranje goriva određenog sastava:

- odrediti broj molova kisika, koristeći omjer molova za sve sastojke goriva te ih je potrebno zbrojiti i tako dobiti količinu potrebnoga kisika
- može se izračunati količina zraka potrebna za izgaranje znajući udio kisika u atmosferskom zraku

Atmosferski zrak se sastoji od otprilike 79% dušika i 21% kisika.

Produkti izgaranja mogu se analizirati različitim vrstama instrumenata, većina ih koristi postupak hlađenja plinova prolaskom kroz vodu. Postupak hlađenja upija SO_2 i H_2O , tako da analiza pruža količine CO_2 , CO i O_2 . Ovo je analiza po volumenu a još se naziva i suha analiza pošto je voda uklonjena. Dušik se izračunava oduzimanjem, ako je naprimjer udio

CO_2 13,5%, O_2 1,5% i CO 2%, tada postotak dušika N_2 iznosi 83%.

2.6.4. Obrada goriva

Tretman rezidualnih goriva ima sljedeće zahtjeve:

- Osigurati potreban viskozitet u različitim dijelovima sustava goriva
- ukloniti ili modificirati nečistoću iz goriva

Prikom rukovanja rezidualnim gorivima, sustav tretmana mora biti prilagođen i kontroliran da radi ispravno u svrhu ostvarivanja pravilnog rada diesel motora. Mnogi problemi se mogu izbjeći ili biti umanjeni pravilnom pripremom i tretmanom goriva. Ovo znači da je potrebno imati aktivnu ulogu u svim segmentima sustava tretmana goriva.

Sljedeći postupci u pripremi goriva moraju biti provedeni:

- predzagrijavanje radi osiguravanja pravilne viskoznosti goriva
- filtriranje, da bi se uklonila nečistoća
- centrifugiranje radi uklanjanja vode i krutih nečistoća iz goriva
- korištenje aditiva radi spriječavanja zamuljivanja goriva u svrhu poboljšanja izgaranja

2.6.4.1 Oprema i procedure za pripremu goriva

Gravitacijsko taloženje

Bunker-goriva uvijek sadrže vlagu i talog, a ponekad i morsku vodu. Prekomjerne količine vlage i taloga, ako se prenose kroz sustave pripreme i izgaranja goriva mogu proizvesti puno neželjenih posljedica na visokotlačnim pumpama i rasprkačima zbog isparavanja vlage te usljed abrazivnog i korozijskog djelovanja nečistoća prisutnih u muljnom talogu. Isparavanje se može pojaviti prilikom zagrijavanja goriva i može imati za posljedicu pojavljivanje parnih jastuka u zagrijaču te tako uzrokovati smanjenu efikasnost izgaranja. Problemi vezani za vlagu i muljni talog mogu dijelom biti riješeni premještanjem goriva iz skladišnih u taložne tankove u kojima se tijekom vremena teži elementi odvajaju gravitacijom od goriva i padaju na dno tanka.

Visoki i niski usis su sastani dijelovi taložnog tanka. Visoki usis osigurava da kontaminirano gorivo ne dolazi do visokotlačnih pumpi. Niskim usisom se omogućuje periodična drenaža vode i mulja sa dna tanka aktiviranjem smozatvarajućih ventila. Bitna značajka svih taložnih i dnevnih tankova je da posjeduju brzo zatvarajući ventil (eng: quick-closing valve) koji se nalazi na sigurnoj lokaciji u samoj strojarnici ili izvan nje sa zadatkom prekida dovoda goriva u slučaju opasnosti.

Filtriranje

Mrežasti filteri mogu imati grubu ili finu mrežicu što zavisi o položaju filtera u sistemu. Primjeri su topli i hladni filteri goriva smješteni u sustav dobave goriva ili u sustav izgaranja goriva. Filteri s grubom mrežicom se koriste za hladno gorivo a filteri s finom mežicom se koristi kod tlačnih filtera za zagrijano gorivo. Mrežasti filteri se koriste za odvajanje čestica većih od 125 μm (mikrona).

Proces centrifugiranja

Centrifugalni čistioći rade na principu rotacionog gibanja, koje uzrokuje centrifugalnu silu kojom se odvajaju tekućine različitih gustoća i izlučuju krute čestice. Težina čestice u centrifugalnom polju je mnogo veća od težine pod djelovanjem sile teže. Tako velike sile će brže izlučiti međusobno pomiješane tekućine, odnosno krute čestice, nego što bi se to dogodilo u gravitacijskom polju.

Unčikovitost separacije centrifugalnim načinom ovisi o brzini strujanja i viskoznosti goriva na centrifugalnoj temperaturi. Gornja granica zagrijavanja je 98°C pošto vodena komponenta u gorivu pri višim temperaturama mijenja vodeno agregatno stanje u plinovito. Separator bi trebao raditi sa najmanjim mogućim protokom goriva kao bi se ostvarile sve prednosti čišćenja. Za vrijeme separacije protok i temperatura u centrifugalnom separatoru moraju se održavati na stalnim vrijednostima.

Da bi se ostvarilo optimalno čišćenje od najveće je važnosti da:

- separator radi sa što manjom viskoznosti goriva
- gorivo ostane u separatoru što je moguće duže

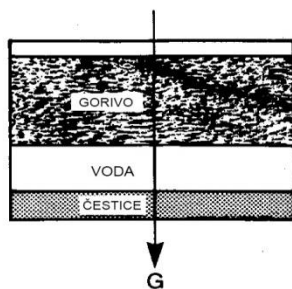
Optimalna viskoznost se postiže tako da pregrijač radi na maksimalnoj temperaturi za dotično gorivo. Naročito je važno da se u slučaju goriva iznad 180cSt/50°C održi najveća moguća temperatura predgrijavanja od 95-98°C.

Gorivo se zadržava u separatoru što duže podešavanjem protoka tako da isti odgovara količini goriva potrebnoj za rad motora bez pretjeranog recirkuliranja.

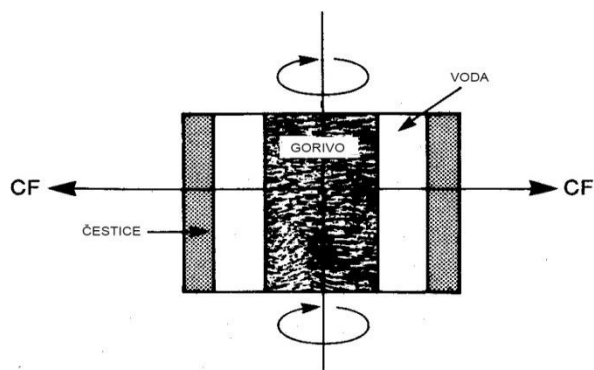
Za efikasno odvajanje vode od velike je važnosti pravilan izbor gravitacijskog diska.

Priručnik separatora navodi koji disk treba odabrati u ovisnosti o specifičnoj težini goriva.

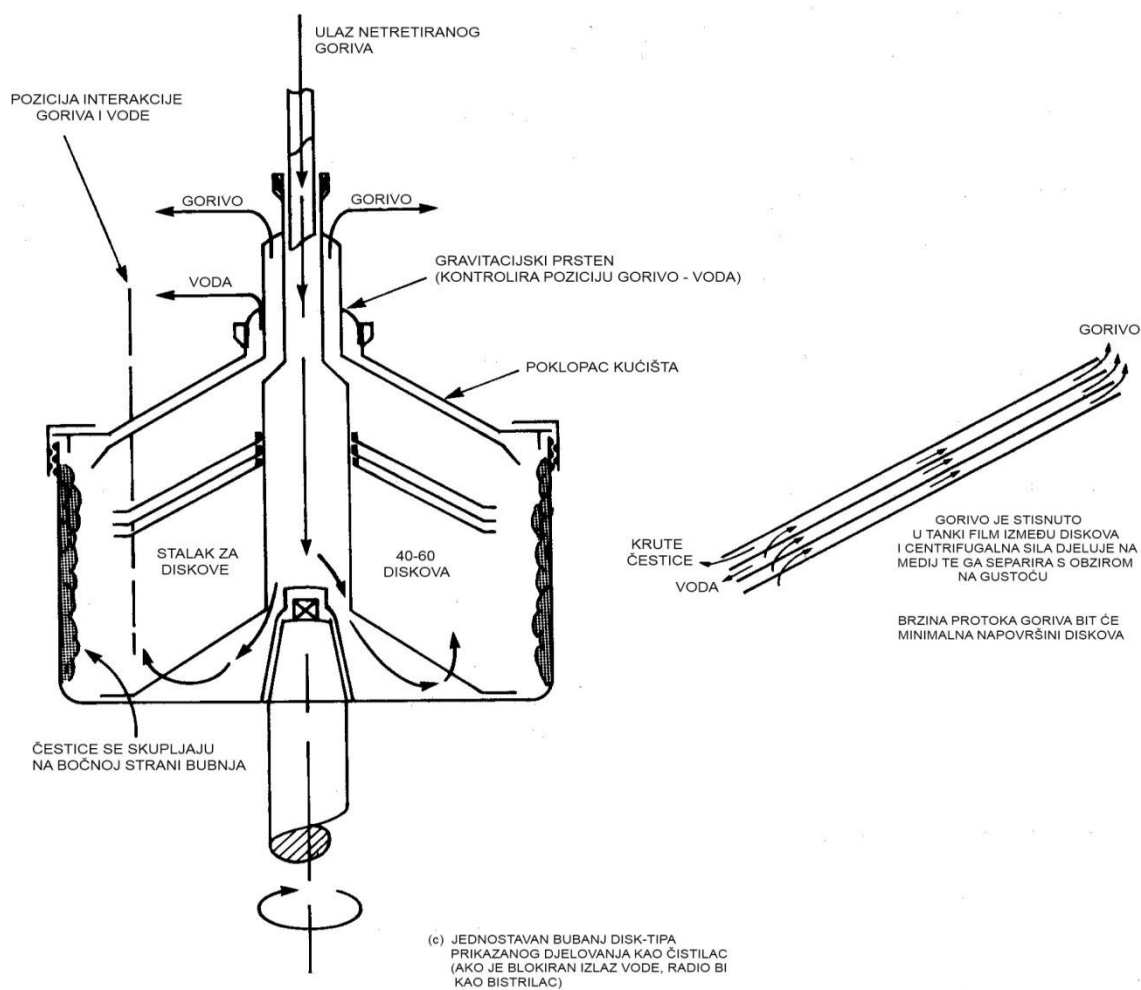
Slika 5. prikazuje da je centrifugalna sila dobivena rotacijom bubnja ispunjenog diskovima jača od gravitacijske sile te se tako ubrzava odvajanje nečistoća i proces separiranja čini učinkovitijim.



(a) STATIČKA SEPARACIJA
SILA SEPARACIJE: GRAVITACIJA



(b) DINAMIČKA SEPARACIJA
SILA SEPARACIJE: CENTRIFUGALNA



Slika 5. Princip centrifugiranja

Također postoje i faktori koji ograničavaju veličinu uklonjenih nečistoća, a koji su:

- Viskozitet goriva u centrifugi. Što je gorivo većeg viskoziteta to će količina uklonjenih čestica biti veća. Zbog toga je poželjno da se gorivo zagrije na najveću moguću dopuštenu temperaturu.
- Razmak, promjer i nagib diskova
- Brzina rotacije diskova
- Propusnost. Ako je propusnost manja onda uklanjanje čestica biti bolje, a u slučaju visoke propusnosti gorivo će izaći iz sustava lošije pročišćeno. U slučaju da gorivo sadrži nedozvoljenu količinu vode, u tom slučaju mora se osigurati skoro maksimalna protočnost da bi se ta voda uklonila, a što uzrokuje lošije pročišćavanje goriva od krutih čestica.

2.6.4.2. Primjer pročišćavanja teškog goriva

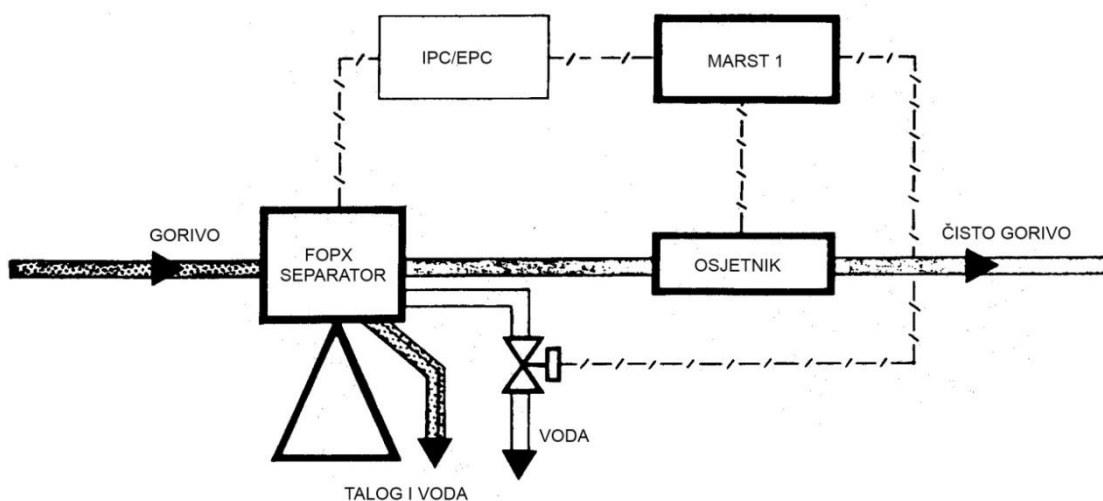
Alfa-laval separator predstavljen je sredinom 1983, kodnog imena ALCAP. To je bio novi sistem pročišćavanja teškog goriva gustoće do 1010 kg/m^3 . Posjeduje veliku učinkovitost pročišćavanja goriva i značajno smanjuje udio aluminija, silicija, krutih nečistoća i vode iz goriva.

Glavne značajke ALCAP separacijskog sistema su:

- FOPX separator ne sadrži gravitacijske diskove
- Osjetnik vode (eng: water transducer) prati udio vode u pročišćenom gorivu

Glavne prednosti ALCAP sustava su:

- Goriva gustoće do 1010 kg/m^3 na 15°C mogu biti efikasno pročišćena od vode i krutih čestica
- Stalo održavanje optimalne separacije pošto odvojena voda nikada ne ulazi u plašt diska
- Jednostavna operacija. Nisu potrebna nikakva podešavanja separatora zbog oscilacija gustoće, viskoziteta ili protoka goriva.



Slika 6. Princip rada ALCAP separatora

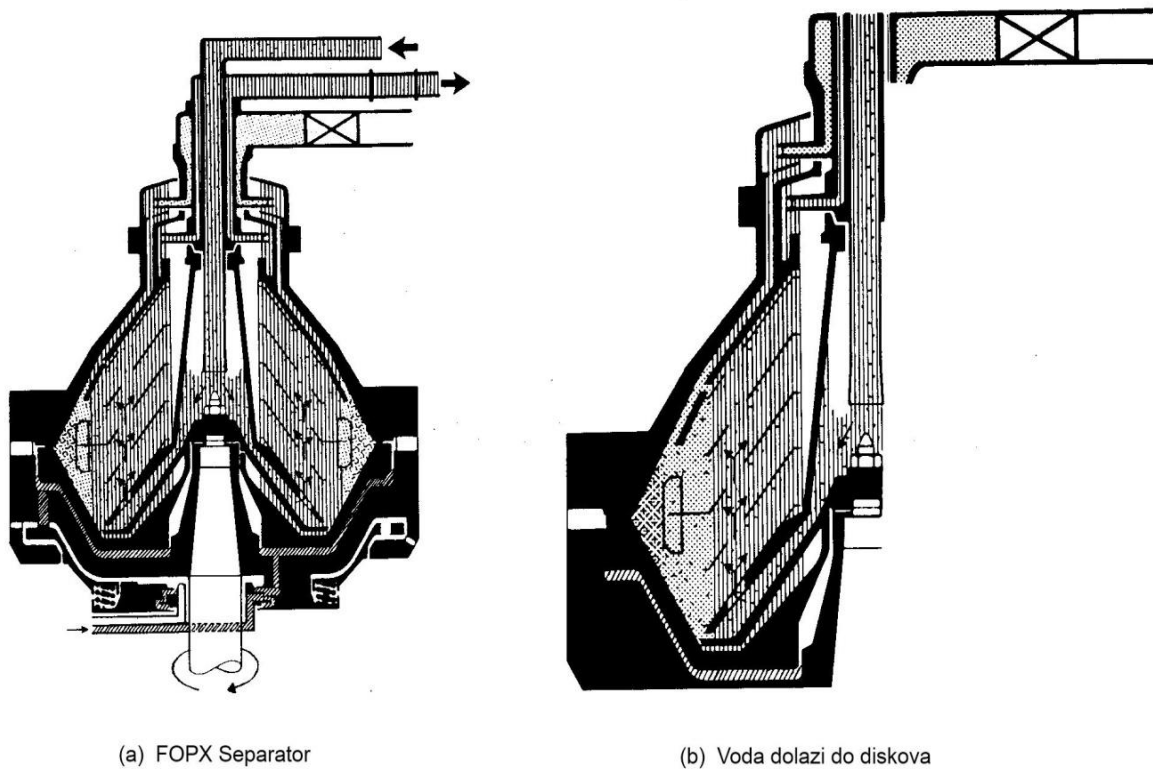
ALCAP sistem se sastoji od:

- FOPX separatora
- Osjetnika vode (eng: water transducer)
- Kontrolne jedinice
- Ventila za ispuštanje vode

Princip rada ALCAP separatora

ALCAP separator radi tako da se pročišćeno gorivo kontinuirano ispušta kroz izlaz čistog ulja. Talog i voda se zadržavaju na periferiji bubnja kao što je prikazano na slici 7.(a).

Ukoliko gorivo koje napaja FOPX separator sadrži tragove vode, uklonjena voda popunjava samo dio prostora izvan plašta diska nakon isteka vremena predviđenog za uklanjanje taloga. Kada uklonjena voda dođe do plašta diska (vidi sliku 7.(b), dio vode pobjegne u pročišćeno gorivo. Povećanje koncentracije vode u pročišćenom gorivu automatski otkriva senzor osjetila vode koji se nalazi na izlazu pročišćenog goriva. Osjetilo vode šalje signal u MARST 1 kontrolnu jedinicu koja pokreće proces ispiranja.



Slika 7. FOPX separator ALCAP sustava

2.7. Rukovanje gorivom

U svakodnevnom radu dieselskih motora vrlo su bitni visoki standardi rukovanja gorivom. To je ključna karika u pouzdanom i učinkovitom radu pogonskih strojeva.

Pravilno rukovanje je oduvijek bilo neophodno a procedure i oprema su dobro poznate. Povećana upotreba rezidualnih goriva znači je potrebno koristiti veće standarde skrbi o gorivu nego ikada prije. Rukovanje gorivom je pitanje korištenja cijelog sistema do maksimalne učinkovitosti. Drugim riječima, svi elementi sistema su ključni i svaki element ima svoju ključnu funkciju.

Nakon što gorivo prođe kroz skladišne tankove, taložne tankove, postrojenja za pročišćavanje i dnevne tankove, ono ulazi u dizel motore. Gorivo mora doći u dizel motor pod ispravnom temperaturom i tlakom kako bi se što bolje raspršilo. Modul motora uobičajeno sadrži filtere, kontrolore viskoziteta, mjerач protoka i grijane i/ili izolirane cjevovode.

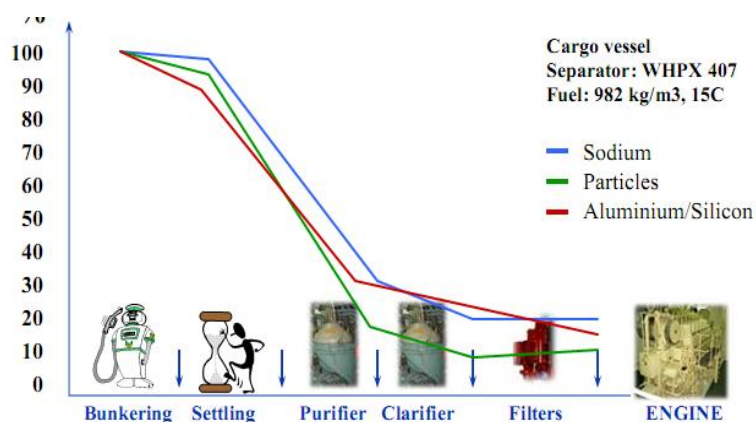
Učinkovit i potpuno integriran sustav rukovanja gorivom garancija su pravilnog korištenja suvremenih postrojenjima pri sagorijevanju najekstremnijih vrsta goriva. Kod upotrebe visoko viskozitetnih goriva ograničavajući čimbenik jest predzagrijavanje goriva trenutnom dostupnom tehnologijom.

Neophodno je poštovati i održavati visoki standarde sigurnosti rukovanja gorivom jer moraju biti zadovoljeni mnogi nacionalni i međunarodni propisi.

Najbitniji čimbenici u sigurnom rukovanju gorivom su:

- gorivo mora biti spremjeno u zatvorenom sustavu, sa mogućnošću ventilacije i preljevanja
- sustav preljevanja mora biti zatvoreni sustav gdje će se preliveno gorivo ići u prelivni tank koji je opremljen alarmom visoke razine
- temperature goriva ne smiju prijeći dozvoljene granice u niti jednom dijelu sustava
- visoka razina čistoće u sustavu koji nesmije sadržavati taloge niti zapaljive materijale
- svi talozi moraju biti pohranjeni u taložne tankove i moraju biti zbrinuti na kopnu ili u nekom drugom mjestu odobrenom za zbrinjavanje takvog otpada
- svi prijemi i uklanjanja goriva, ulja i uljnih taloga moraju biti upisana u knjigu o uljima (Oil Record Book)

Na slici 8. prikazano je koliko se može smanjiti udio nečistoća u gorivu pravilnim tretmanom od samog ukrcaja do trenutka ulaska u motor.



Slika 8. Smanjenje nečistoća pravilnom obradom goriva

3. MAZIVA

Središnja komponenta tribološkog sustava je mazivo čija je najznačajnija funkcija smanjenje trenja i trošenja koji se javljaju pri dodiru dviju površina u relativnom gibanju. Dobivaju se iz nafte, gusta masa koja ostaje nakon benzina, petroleja i plinskog ulja, destilira se pod sniženim tlakom, a potom rafinira. Tekuća ili konvencionalna maziva se općenito sastoje od baznog ulja ito najčešće oko 90% i aditiva oko 10%. Bazno uljemože biti mineralnog porijekla, sintetičko ili prirodno (biljno i životinjsko). Podmazivanje krutih tvari rijetko se primjenjuju, a sredstva su grafit ili molikot. Ova maziva imaju posebnu strukturu i posjeduju zbog toga slobodne valencije metala. Zbog svoje strukture ove tvari imaju veliku moć adhezije, odnosno apsorpcije. U praksi najviše služe kao aditivi mazivim uljima i mazivim mastima.

3.1. Osnovna svojstva maziva

- **viskozitet**, je trenje nastalo pri strujanju fluida zbog različite brzine gibanja njegovih slojeva. Uzrok tome su kohezijske i adhezijske sile između fluida i krutog tijela kroz koje se strujanje odvija. Viskoznost se obično mjeri Englerovim stupnjevima (°E), pomoću posebnog aparata, takozvanog Englerova viskozimetra. Postoji dinamička viskoznost, mjeri se u paskalsekundama (Pas) i kinematička viskoznost koja je omjer dinamičke viskoznosti i gustoće fluida. Koeficijent viskoznosti smanjuje se s povećanjem temperature, jer toplinsko gibanje smanjuje privlačene međumolekulske sile. Viskoznost motornih ulja označava se posebnom SAE skalom američke udruge automobilskih inženjera. Veći broj oznake označava veću viskoznost, te ona nema nikakve veze sa gustoćom tekućine.
- **temperatura paljenja i stinjavanja**, temperatura paljenja ili plamišta je temperatura na kojoj se pod određenim uvjetima izdvojene pare zagrijanog ulja pomiješane sa zrakom zapale ako ih se prinese otvorenom plamenu. Ponekad se koristi izraz točka paljenja. Temperatura stinjavanja ili stinište je temperatura pri kojoj pod određenim uvjetima ulje prestaje biti tekućina.
- **isparljivost**, podrazumijeva količinu ulja koja ispari u propisanom vremenu na propisanoj temperaturi, npr. 1 sat na 250 °C. Često se koristi naziv hlapljivost jer predstavlja karakteristiku motornog ulja jer se kod ulja koja imaju veliku isparljivost javljaju razni mogući problemi pri eksploataciji (povećana potrošnja, zgušnjavanje, te loše podmazivanje). Povećanjem isparljivosti raste i opasnost od požara.

3.2. Podmazivanje pokretnih dijelova i trenje

Za normalan rad svih strojeva potrebno je adekvatno podmazivanje svih pokretnih dijelova. Površine krutih materijala koji se rabe za izradu različitih elemenata strojeva u geometrijskom smislu redovito su manje ili više neravne ili hrapave. Površinska hrapavost definira se kao sveukupnost mikrogeometrijskih nepravilnosti na površini predmeta koje su mnogo puta manje od površine cijelog predmeta, a uzrokovane su postupkom obrade ili nekim drugim utjecajima.

Trenje je otpor, tj. sila koja se suprotstavlja međusobnom gibanju ili pokušaju gibanja dvaju tijela čije se površine dodiruju. Djeluje paralelno s dodirnim površinama, a smjer joj je suprotan smjeru relativnog gibanja. Postoji i jednostavnija definicija koja kaže da je trenje otpor gibanju jednog tijela prema drugom. U većini slučajeva trenje je nepoželjno i štetno jer se na svladavanje sile trenja troši velika količina mehaničke energije, te dolazi do trošenja i zagrijavanja tijela u dodiru. Prema nekim procjenama, danas se oko 10% potrošnje nafte koristi za svladavanje nepoželjnog trenja. Postoje dvije vrste trenja :

- **suho trenje**, je trenje između dva tijela u dodiru bez maziva koje bi utjecalo da se tijela za vrijeme gibanja ne dodiruju. Nastaje kod malih dosjednih površina (30-60%), rezultira povećanjem temperature i mikrozaribavanjem pokretnih dijelova,
- **polusuho trenje**, je trenje između dva tijela u dodiru, gdje postoji sredstvo za podmazivanje ali u tankom sloju, koje djelomično razdvaja tijela za vrijeme gibanja,
- **tekućinsko trenje**, je trenje između dva tijela u dodiru, gdje postoji sredstvo za podmazivanje koje razdvaja tijela za vrijeme gibanja.

3.3. Mineralna i sintetička ulja, masti

Mineralna maziva ulja sastoje se od mineralnog baznog ulja i aditiva. Najveći dio (približno 95%) suvremenih mazivih ulja jesu mineralna koja se dobiju preradom nafte. Tako dominantna zastupljenost maziva na osnovi mineralnih ulja rezultat je raspoloživosti, razvoja rafinacijskih tehnika njihova dobivanja, dobrih svojstava i povoljne cijene proizvodnje. Na temelju podataka iz elementne analize velikog broja uzoraka sirove nafte različitog podrijetla, dobiveni su sljedeći prosječni maseni udjeli pojedinih elemenata:

- ugljik, 83 do 87%
- vodik, 11 do 14%
- kisik, dušik i sumpor nikad preko 5%.

Molekulska struktura ugljikovodika prisutnih u nafti određuje važna kemijska i fizička svojstva mineralnih baznih ulja kao što su :

- viskoznost i viskozno-temperaturna svojstva
- agregatno stanje i područje tečenja
- oksidacijska i termička stabilnost.

Poželjno je da bazna mineralna ulja imaju takav sastav kojim se mogu postići zadovoljavajuća ciljana svojstva, odnosno da ne sadrže veći udio aromatskih ugljikovodika (niska vrijednost indeksa viskoznosti), a ni linearne (nerazgranane) parafinske ugljikovodike koji lako kristaliziraju i tako povisuju vrijednosti temperature stinjanja ulja.

Sintetička su maziva umjetno proizvedene tvari kojima se potrebna i željena svojstva za podmazivanje mogu unaprijed odrediti sastavom sirovina i uvjetima sinteze. S obzirom na to, postoji nekoliko skupina:

- **ugljikovodična**, najraširenija su vrsta. Proizvode se polimerizacijom jednostavnih ugljikovodika. Odlikuju se visokim indeksom viskoznosti (iznad 135), niskom točkom tečenja i dovoljno niskom viskoznošću i na temperaturama ispod -30 °C. Stabilna su prema oksidaciji i djelovanju topline, a isparljivost im je niža od isparljivosti mineralnih ulja iste viskoznosti,
- **esterska**, odlikuju se vrlo dobrim svojstvima na niskim temperaturama i niskom isparljivošću. Zbog toga, često se rabe u smjesi s mineralnim uljima za motorna i kompresorska ulja, te kao sirovina u proizvodnji mazive masti za nisku temperaturu. Mnogo su otpornija na vatru nego mineralna ulja pa se rabe kao teško zapaljive tekućine u hidrauličkim sustavima zrakoplovnih sredstava i u industriji gdje postoji opasnost od požara,
- **poliglikolna**, glavna prednost im je da pri isparavanju na visokim temperaturama ne ostavljaju talog, a i ovisnost viskoznosti o temperaturi im je povoljna. Osnovni nedostatak im je što se loše ili nikako ne mješaju s mineralnim uljima. Rabe se u proizvodnji ulja za hidraulične prijenose kočnica motornih vozila.
- **silikonska**, odlikuju se vrlo malom ovisnošću viskoznosti o temperaturi (indeks viskoznosti i preko 300). Kemijski su inertna, nisu otrovna, vatrootporna i voodootporna, a imaju nisku isparljivost. Nedostatak im je mala površinska napetost, slabo štite klizne površine od trošenja i trenja.

Mazive masti polukruta su ili kruta maziva koja se dobivaju ubacivanjem pogodnog ugušćivača u bazno ulje. Od masti se očekuje da pri uporabi podmazuje ležaj, stvori postojan mazivi sloj i tako dugoročno smanji trenje i habanje podmazanih djelova, osigura učinkovitu zaštitu od korozije i očekivano brtvljenje.

Pri obavljanju podmazivanja njihov nedostatak se može smatrati nemogućnost ispunjavanja funkcije hlađenja zbog svoje nepokretljivosti i nemogućnost uklanjanja dospjelih čestica nečistoće iz zone podmazivanja. Kao ugušivači primjenjuju se:

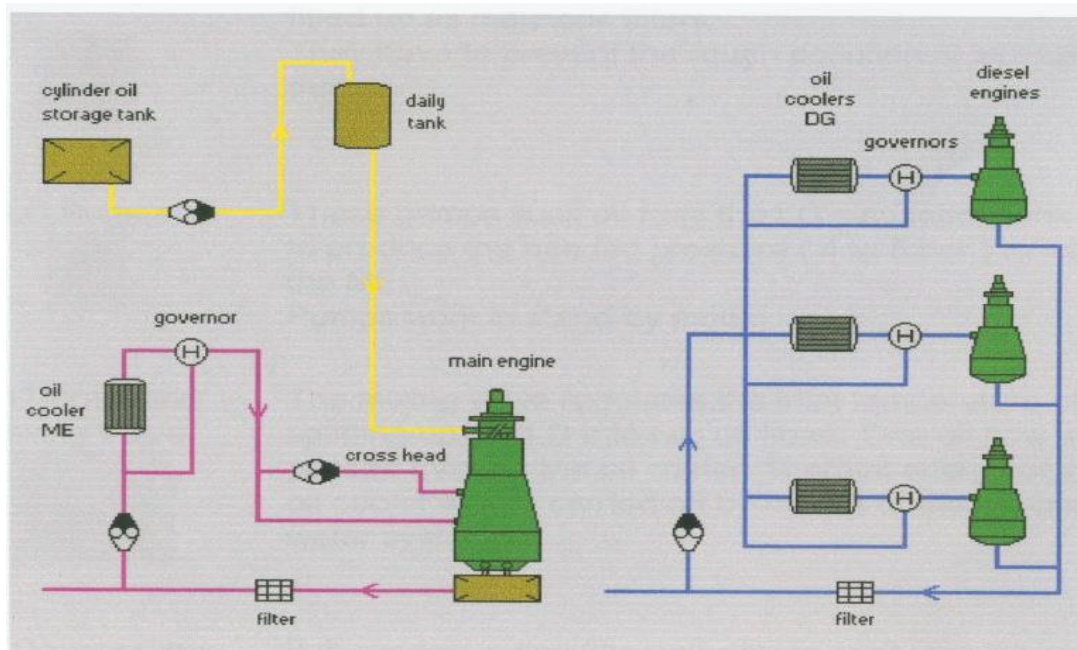
- neki sapuni različitih metala
- sintetski ugušivači
- razne neorganske supstance

Ugušivači se dodaju u granicama od 5 do 15 %, a njihov udio utječe na konzistentnost masti. Od svih danas proizvedenih mazivih masti 95% je na bazi mineralnih ulja i sa sapunskim ugušivačem, dok su ostalih 5% sintetičke masti ili sa nekim ne sapunskim ugušivačem. Sapunske mazive masti se dijele na : kalcijeve, litijeve, aluminijeve, natrijeve, barijeve ...

Količina masti na pokretnim djelovima mora biti dobro procjenjena jer prepunjeni ležaj može dovesti do pregrijanja kod viših brzina. Postoje također i niskotemperaturne masti (-60 do 120°C), normalne masti (-25 do 120 °C) i visokotemperaturne (-25 do 250 °C i više)

3.4. Sustavi podmazivanja

Sustav podmazivanja glavnog motora može se podijeliti u dva sustava, jedan za podmazivanje cilindara motora i drugi za podmazivanje ležajeva, te križne glave, vidljivo na slici 9. Sustav za podmazivanje cilindara sastoji se od skladišnog i dnevnog tanka te pumpe koja dovodi ulje u glavni motor. Taj sustav nije cirkulacijski zato jer se ulje nakon obavljenog podmazivanja u cilindru zapali i troši, te se ne vraća natrag u tank. Kod sustava podmazivanja ležajeva i križne glave može se reći da je cirkulacijski jer se ulje vraća kroz filter i rashladnik ponovno na uporabu.



Slika 9. Sustav podmazivanja glavnog motora [7]

3.5. Postupanje s uljima i mastima

Postupanje s mazivima moguće je promatrati u tri faze:

- **prije uporabe**, obuhvaća transport i njihovo skladištenje, ali ponekad i eventualno neka ispitivanja s ciljem dijagnosticiranja stanja maziva radi njegove provjere,
- **tijekom uporabe**, uglavnom se provjerava stanje sredstva za podmazivanje,
- **nakon uporabe**, odnosi se na odlaganje korištenog maziva te moguća regeneracija.

Tijekom transporta i skladištenja maziva trebaju biti ispunjena dva temeljna uvjeta:

- osiguranje uvjeta koji omogućuju održavanje nepromijenjene kvalitete maziva
- osiguranje svih zahtjeva zaštite okoliša

Velike količine mazivih ulja se skladište u spremnike od čeličnog lima uz koje moraju biti bazeni za prihvrat čitavog sadržaja spremnika radi sprječavanja havarije i razlijevanja ulja koje štetno djeluje na okoliš. Maziva koja imaju plamište do 100 °C smatraju se zapaljivim tekućinama i moraju se skladištiti u skladu sa zakonskim propisima. U slučaju požara, prikladna sredstva za gašenje su pjena, suhi prah i CO₂ koji se koristi samo u zatvorenim prostorima.

4. VODA

Voda je kemijski spoj dva atoma vodika i jednog atoma kisika i jedan je od osnovnih uvjeta života, kemijske formule H_2O . Ona je najrasprostranjenija tekućina na Zemlji i najvažnije otapalo koje otapa kapljevine, plinove i mnogobrojne krutine. Najjednostavnija podjela vode jest na slatku i slanu.

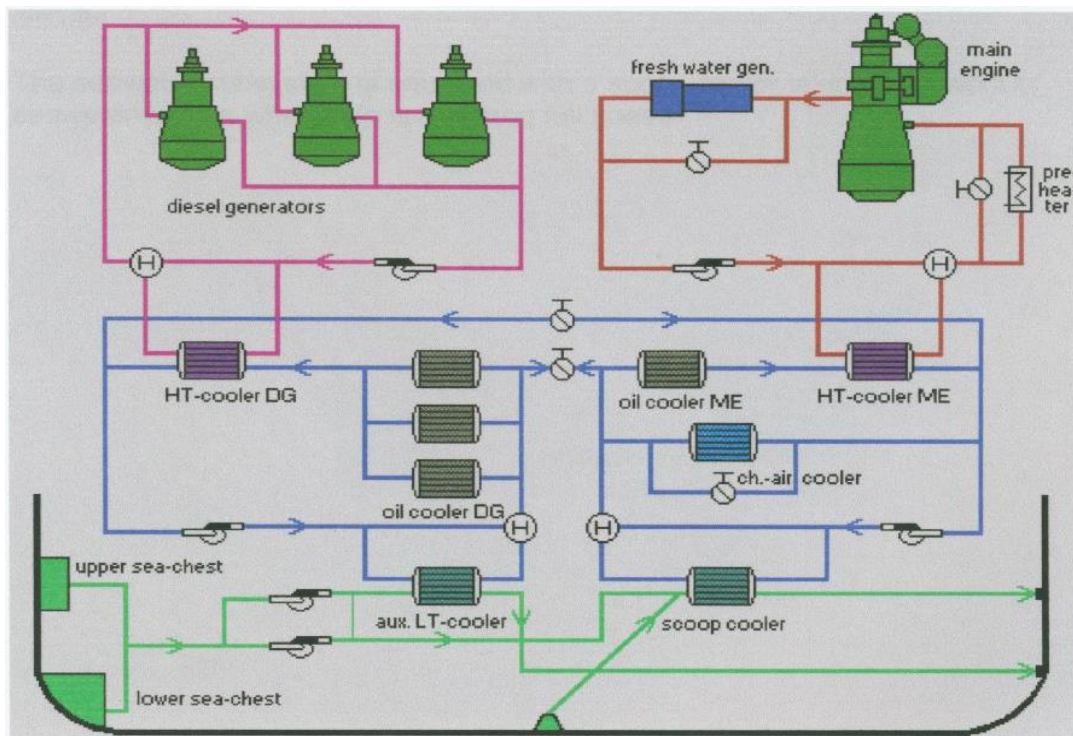
Tablica 3. Rasprostranjenost vode (volumni udjel)

morska voda	96,652%
polarni led i ledenjaci	1,702%
podzemna voda	1,631%
površinska voda (jezera i rijeke)	0,013%
voda u tlu	0,001%
voda u atmosferi	0,001%

Pri atmosferskom tlaku i temperaturi između 0 i 100 °C čista voda je bezbojna tekućina, bez mirisa i okusa. Najznačajnije svojstvo po kojem se voda ističe jest da je njena gustoća u čvrstom stanju manja od gustoće u tekućem stanju. Najveća gustoća je na 3,98 °C pa je led manje gustoće od tekuće vode i na njoj pliva, a njegov volumen veći je za 9%.

4.1. Morska i slatka voda na brodu

Slatka voda na brodu služi uglavnom za hlađenje raznih strojeva i uređaja, te za piće. Ona se proizvodi na brodu pomoću posebnih uređaja, pročišćava se, te skladišti, dok je morska voda svugdje oko broda i ima je u izobilju. Slatka voda koja služi za hlađenje strojeva, prilikom tog hlađenja preuzima na sebe toplinu od strojeva pa je potrebno i nju hladiti, a to nam omogućava morska voda. Na slici 10. Prikazan je sustav hlađenja glavnog i pomoćnih motora vodom. HT sustav vode ima temperaturu od 60 do 80 °C i treba je hladiti, a to nam omogućava LT sustav vode koji ima temperaturu od 20 do 45 °C, koji je dalje hlađen morskom vodom.

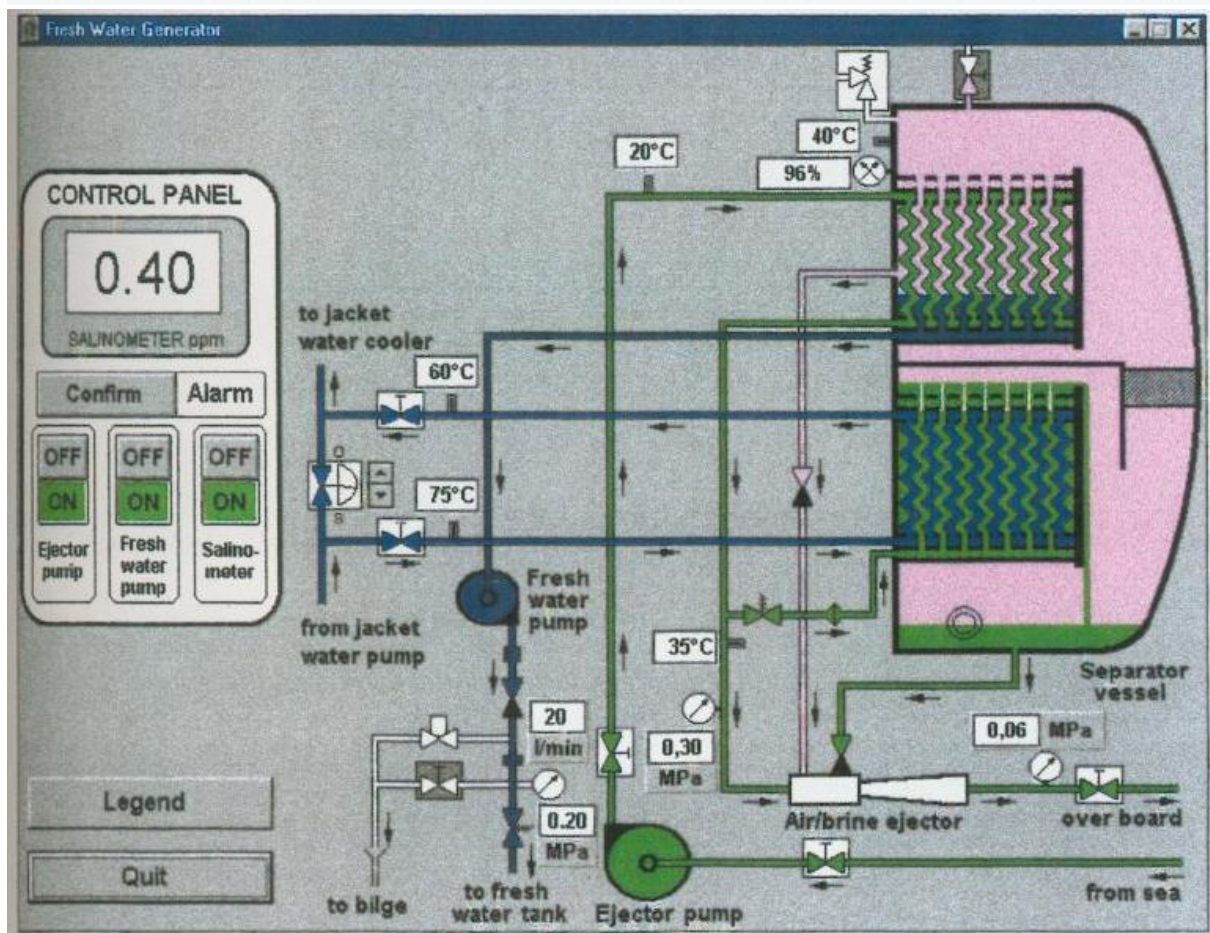
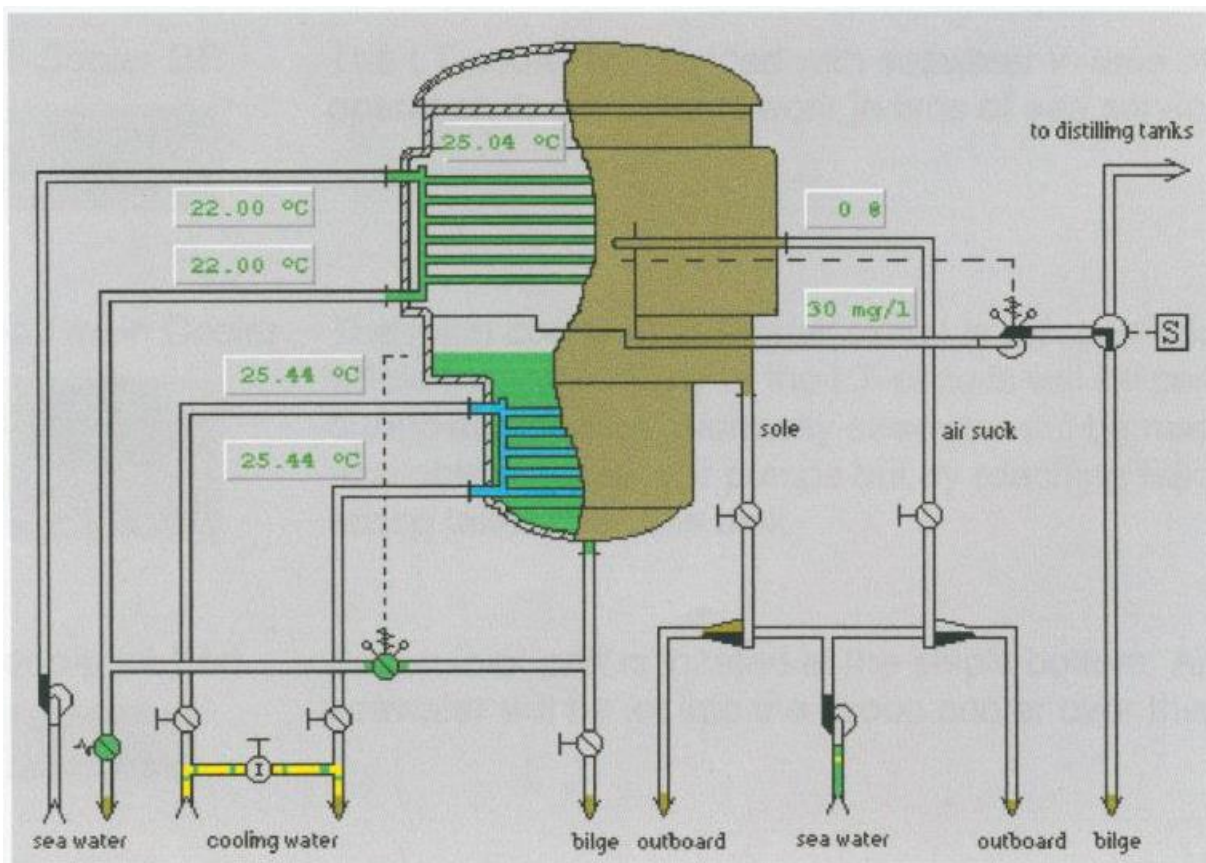


Slika 10. Sustav morske, LT i HT vode na brodu [7]

4.2. Proizvodnja, odsoljavanje i dezinfekcija vode

Postoji cijeli niz različitih uređaja za dobijanje slatke vode iz morske, sa različitim principima rada - od destilacije, elektrolize, preko osmotskih postupaka do raznih načina filtriranja pod pritiskom kroz jako fine membrane. Koji uređaj će biti ugrađen na brod ovisi o vrsti, veličini i namjeni broda, kao i o raspoloživosti energije na brodu za pogon uređaja za desalinizaciju.

- **Generator slatke vode** je uređaj od velike važnosti na brodovima, on koristi metodu evaporacije, što znači da je potrebna morska voda i toplina, vidljivo na slici 11. Za evaporaciju vode potrebna je temperatura od 100°C na atmosferskom tlaku (1bar). Da bi se proizvela slatka voda na 70°C , trebamo smanjiti atmosferski tlak, a to postizemo tako da stvorimo vakuum u prostoru gdje se evaporator nalazi. Također, kao rezultat kreiranja vakuuma, hlađenje evaporirane morske vode će također trebati nižu temperaturu. Glavna konstrukcija generatora slatke vode na brodu sastoji se od cilindrične konstrukcije sa dvije komponente. Jedna komponenta je kondenzator, a druga evaporator. Generator slatke vode se također sastoji od ejektora koji pomaže u stvaranju potrebnog vakuuma. Pumpa slatke vode i pumpa ejektora pomažu u prijenosu vode do i od generatora. Slatka voda proizvedena generatorom slatke vode upotrebljava se za piće, potrebe kuhanja, higijenske potrebe, ili čak za pogon drugih važnih uređaja kojima je slatka voda rashladni medij.



Slika 11. Generator slatke vode [6]

- **Obrnuta osmoza** je metoda koja služi za dobivanje pitke vode iz slane vode. Postupak koristi polupropusnu membranu kroz koju prolazi čista voda a zaostaju soli. Tlak slane vode mora biti oko 25 bar, što ovu metodu čini skupom za proizvodnju većih količina svježje vode. Obrnuta osmoza je skoro savršen proces filtriranja vode. Ovaj proces omogućuje odstranjivanje najsitnijih čestica iz vode. Tako se dobija kvalitet voda za piće koji zadovoljava sve standarde voda za piće. Nakon poznatih načina prečišćavanje vode industrijskom filtracijom, prokuhavanjem i kloriranjem, došlo se do tehnički skoro savršenog načina filtriranja vode, koji gotovo od svake zagađene vode može načiniti zdravu pitku voda.

Odsoljavanje ili desalinizacija vode je postupak smanjenja minerala iz vode, tj. svođenje razine određenih sastojaka (kloridi, sulfati, magnezij, kalcij i karbonati) u granice određene za kvalitetu pitke i tehnološke vode. Postupkom obrnute osmoze postiže se efekt desalinizacije od približno 98-99%. Vrlo važna faza u proizvodnji vode je kloriranje i korekcija pH vrijednosti vode, te njezina dezinfekcija.

Postoji više načina dezinfekcije vode, a to su:

Kemijski postupci :

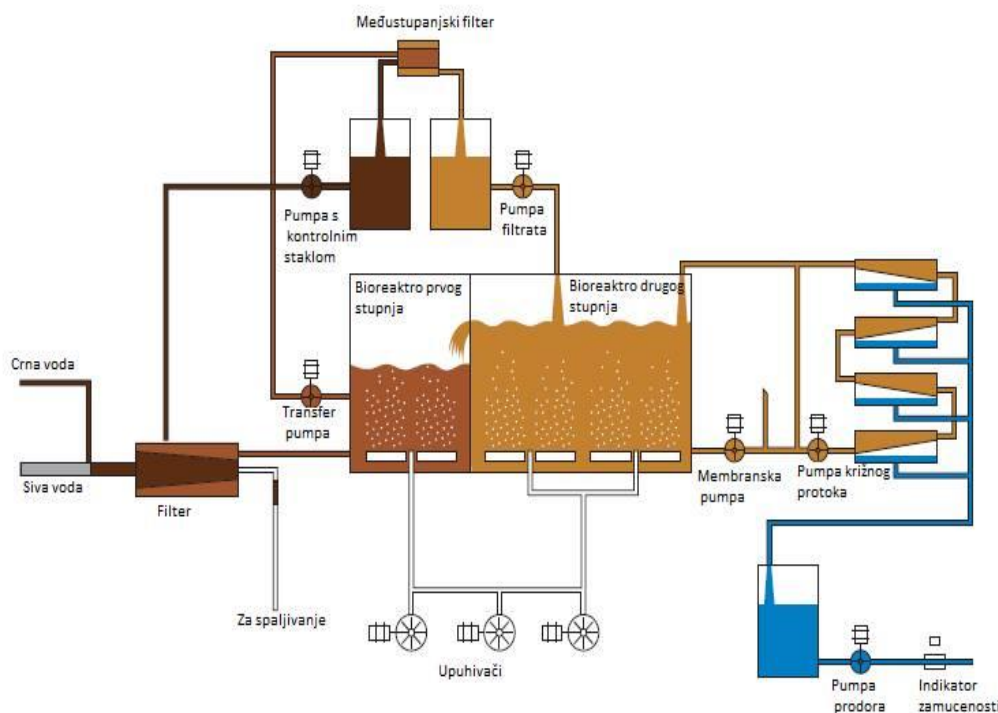
- klorom i njegovim spojevima (najčešći postupak dezinfekcije, vrijeme dezinfekcije je minimalno 30 minuta, a doza je 0,5-1 mg/L),
- srebrom (skup postupak, djeluje sporo od 15 minuta do 3 sata, količina mora biti veća od 0,015 mg/L),
- ozonom (potpuna dezinfekcija, poboljšanje okusa i mirisa, doza je 2-4 mg/L, a vrijeme dezinfekcije je 4-10 minuta, nedostatak je velika korozivnost i troškovi),
- jodom (učinkovito ali skupo, upotrebljuju se tablete na bazi trijodida 2% otopina joda, a vrijeme dezinfekcije je 20 minuta)

Fikalni postupci,

- toplina (vrenje vode minimalno 20 minuta, najjednostavniji i potpuno siguran postupak)
- ultraljubičasto zračenje (uv zračenje valne duljine 200 – 295 nm, razara protoplazme bakterijskih stanica, vrijeme kontakta 0.5 – 5 sekunda, nema doziranja kemikalija i mala potrošnja energije, nedostatak je brzo trošenje uv lampe, pa nije sigurna za korištenje)
- ultrazvuk (stvaranje kavitacije oko objekta, mehaničko razaranje stanica oscilacijom, ubija životinjske oblike, stanice biljaka i mikroorganizama)

Neprerađene fekalije ubacuju se direktno u tank za propuhivanje gdje se fekalije propuhuju zrakom iz difuzora na dnu komore. Zrak za difuzor proizvodi rotacijski kompresor. Difuzori prave fine mjehuriće zraka i tako podjednako raspršuju. Propuhivanjem smjese pospješuje se rad aerobnih bakterija koje razgrađuju fekalije. Nakon propuhivanja u tekućini ostaju jedino krupnije čestice i anorganske čestice.

2) Membranski bioreaktori su uređaji bazirani na biološkom razgrađivanju i membranskom separiranju, slika 13. Nakon završetka separacije tekućina je toliko čista da skoro nije potrebna dezinfekcija klorom ili UV svjetlosti. Proces separacije sastoji se od više faza.

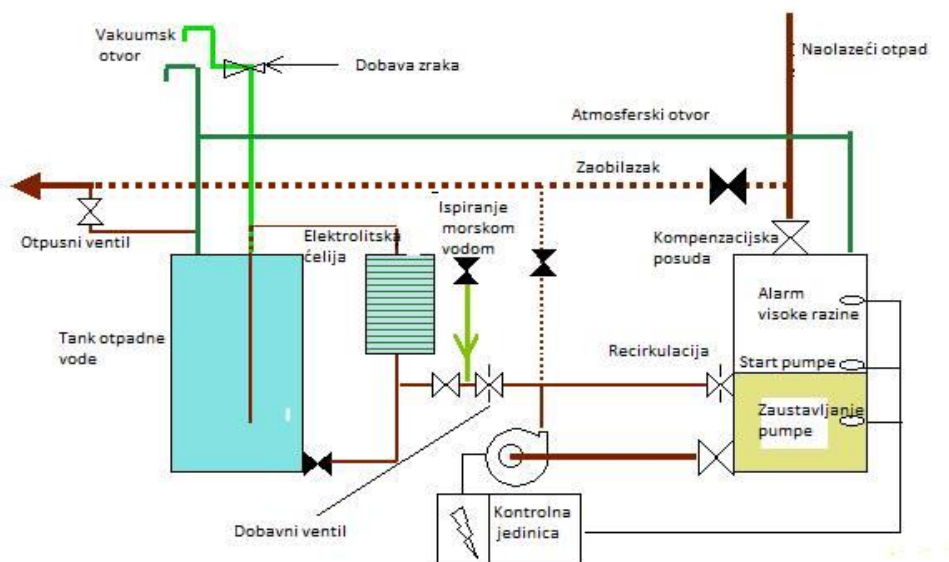


Slika 13. Proces Hamworthy MBR uređaja za separaciju fekalija [3]

Na slici 13. možemo vidjeti cijeli proces jednog membranskog bioreaktora. Neprerađene fekalne vode prolaze kroz filter presu i idu u prvu fazu bioreaktora. Tamo se odvija propuhivanje zrakom isto kao i kod bioloških uređaja. Nakon toga tekućina se prepumpava transfer pumpom kroz međufazni filter koji odvaja krupnije čestice koje se nisu razgradile i vraća ih u filter presu a ostatak prolazi u drugu fazu bioreaktora. U drugoj fazi tekućina se još jedan put propuhuje i još razgrađuje. Nakon druge faze tekućina se pumpa kroz tri stupnja membrana gdje se voda izdvaja (slično kao i kod obrnute osmoze) a ostatak se ponovo vraća u drugu fazu na razgrađivanje.

Membranski bioreaktor je inovacija u tretiranju otpadnih voda. Moguće ga je instalirati na male brodove s deset članova posade i na kruzere sa preko 3000 putnika. Zbog niskih troškova održavanja i automatiziranja sustava nije potrebno veliko znanje za upravljanje njime

3) Kod elektrokatalitičkih uređaja, prikazanog na slici 14., fekalne vode se sakupljaju, usitnjavaju i puštaju kroz elektroliznu ćeliju. U elektroliznoj ćeliji elektrolizom se proizvodi natrijev hipoklorit iz morske vode koji se koristi za oksidaciju organskih tvari prije ispuštanja u more. Nakon elektrolizne ćelije tekućina ide u taložni tank gdje se dovršava proces oksidacije.

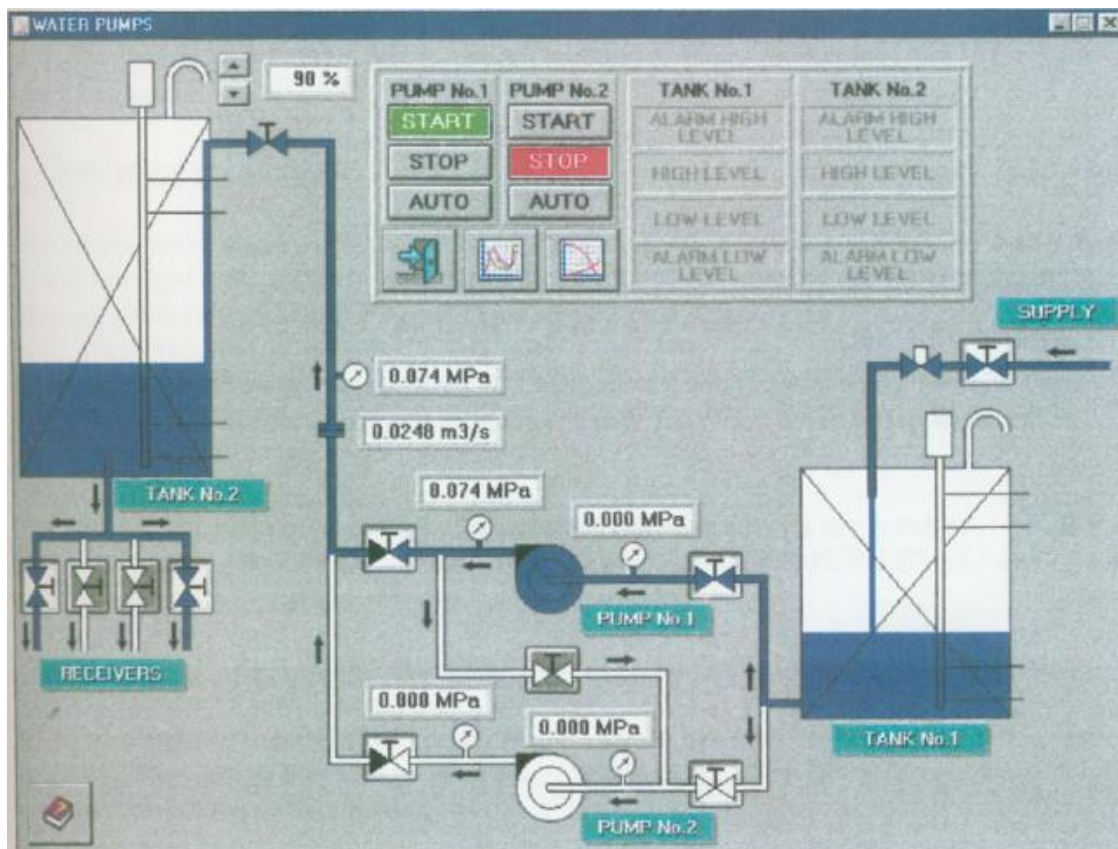


Slika 14. Proces elektrokatalitičkog uređaja[4]

Ovi uređaji mogu biti do 50% manji od bioloških. Razlog tomu je da cjelokupni proces tretiranja traje obično oko tridesetak minuta. Mana ovih uređaja je što tekućina provede malo vremena u taložnom tanku i zbog toga je potrebno dodavati veće količine klora da bi se osiguralo uništenje e-coli bakterija. Pri ispuštanju tekućine u more moguće je da ostane klora što je također štetno za okoliš. Naknadno se mogu ugraditi uređaji za deklorinaciju.

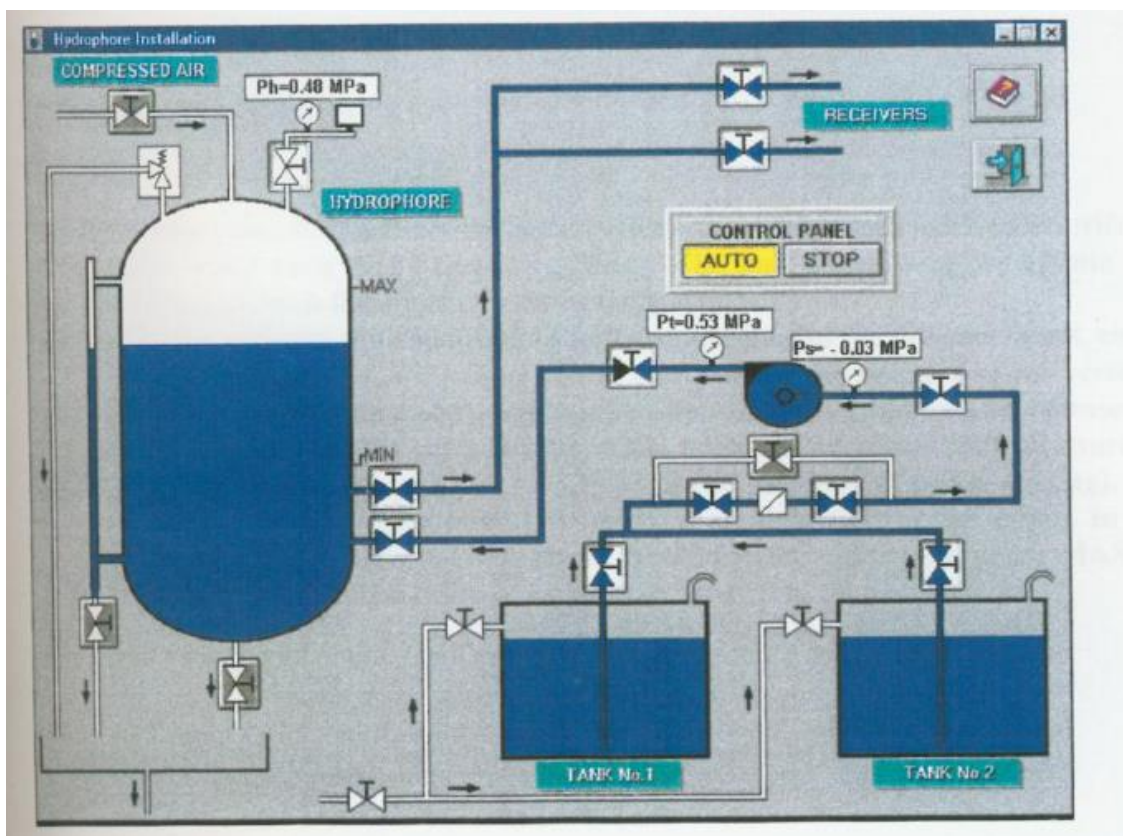
4.4. Sustavi vode na brodu

Sustav vode na brodu mora sadržavati nekoliko tankova za prihvatanje te vode, pumpe koje će tu vodu prosljeđivati dalje, razne ventile i mjerake protoka. Na slici 15. prikazana su četiri ventila za regulaciju protoka, njima se može upravljati lokalno i daljinski, također sustav je opremljen sa dvije pumpe radi sigurnosti ako je jedna u kvaru, tad uskače druga i preuzima njezinu funkciju.



Slika 15. Simulacija sustava vode za hlađenje [6]

Također postoji i više sustava vode na brodu kao što je sustav na slici 16. Na slici je prikazan sustav vode koja se nalazi u hidroforu. To je sustav koji se sastoji od hidrofora, raznih ventila za regulaciju protoka vode, te dva tanka vode za prihvati viška vode ili za neku drugu uporabu te vode. Hidrofor je jednostavan uređaj pod tlakom kojemu nisu potrebne pumpe za, već on tlakom zraka potiskuje vodu i tako je šalje prema potrošačima.



Slika 16. Hidrofor [6]

6. ZAKLJUČAK

Gorivo je smjesa složenih kemijskih spojeva koji spadaju u kategoriju organskih spojeva vodika, ugljika, sumpora i dušika. Oslobođanjem energije goriva povećava se unutarnja energija radne tvari koja u procesu izgaranja razvija toplinu. Sustav goriva na brodu podjeljen je na sustav teškog goriva i sustav lakog goriva, tj. diesel goriva.

Središnja komponenta tribološkog sustava je mazivo čija je najznačajnija funkcija smanjenje trenja i trošenja koji se javljaju pri dodiru dviju površina u relativnom gibanju. Dobivaju se iz nafte, gusta masa koja ostaje nakon benzina, petroleja i plinskog ulja, destilira se pod sniženim tlakom, a potom rafinira. Postoje mineralna i sintetička ulja, najveći dio (približno 95%) suvremenih mazivih ulja jesu mineralna koja se dobiju preradom nafte. Tako dominantna zastupljenost maziva na osnovi mineralnih ulja rezultat je raspoloživosti, razvoja rafinacijskih tehnika njihova dobivanja, dobrih svojstava i povoljne cijene proizvodnje. Sustav podmazivanja glavnog motora može se podijeliti u dva sustava, jedan za podmazivanje cilindara motora i drugi za podmazivanje ležajeva, te križne glave.

Voda je kemijski spoj dva atoma vodika i jednog atoma kisika i jedan je od osnovnih uvjeta života, kemijske formule H_2O . Ona je najrasprostranjenija tekućina na Zemlji i najvažnije otapalo koje otapa kapljevine, plinove i mnogobrojne krutine. Slatka voda na brodu služi uglavnom za hlađenje raznih strojeva i uređaja, te za piće. Ona se proizvodi na brodu pomoću posebnih uređaja, pročišćava se, te skladišti. Odsoljavanje ili desalinizacija vode je postupak smanjenja minerala iz vode, tj. svođenje razine određenih sastojaka (kloridi, sulfati, magnezij, kalcij i karbonati) u granice određene za kvalitetu pitke i tehnološke vode. Postupkom obrnute osmoze postiže se efekt desalinizacije od približno 98-99%. Vrlo važna faza u proizvodnji vode je kloriranje i korekcija pH vrijednosti vode, te njezina dezinfekcija. Postoji cijeli niz različitih uređaja za dobijanje slatke vode iz morske, sa različitim principima rada - od destilacije, elektrolize, preko osmotskih postupaka do raznih načina filtriranja pod pritiskom kroz jako fine membrane.

Gorivo, mazivo i voda tri su najvažnija elementa na brodu potrebni za rad svih strojeva i uređaja, te za normalan život posade i putnika na brodu.

LITERATURA

- [1] Hrvatska enciklopedija. 2016., Ur. Prezime, Ime i dr. Leksikografski zavod *Miroslav Krleža*, Zagreb. www.enciklopedija.hr,
- [2] <http://www.hamworthy.com/en/Products-Systems/Hamworthy-Marine/Water-Systems/Sewage-Treatment-Plant/>
- [3] <http://www.unidu.hr/datoteke/majelic/ZMMO-7-BS-N.pdf>
- [4] <http://www.marineengineering.org.uk/page54.html>
- [5] [www.mf.untz.ba/Dokumenti/Predmeti/Okolinski_razvoj/POJAM_ENERGIJE_I_ENERGE TIKE.pdf](http://www.mf.untz.ba/Dokumenti/Predmeti/Okolinski_razvoj/POJAM_ENERGIJE_I_ENERGE_TIKE.pdf) (dostupno 22.11.2011.
- [6] Unitest, 1998., Marine training software, simulators and diesel engine testers, NIP 584-102-93-70, REGON 2880985, Poland.
- [7] MarineSoft Machinery Space Simulator, 1999., www.marinesoft.de,