



ZAVRŠNO IZVJEŠĆE o studentskoj praksi

Student: Iva Živković

Matični broj studenta: 0069041515

Studijska godina: Prva godina diplomskog sveučilišnog studija

Modul: Računarsko inženjerstvo

Ime akademskoga mentora: doc.dr.sc. Zoran Jurković

Ime industrijskoga mentora: dipl.ing. Goran Vizentin

2011., Rijeka

SADRŽAJ:

1. Opće informacije	3
2. Zahvalnica	3
3. Uvod	4
4. Ciljevi PSP-a (Program studentske prakse) i metodologija	6
5. MBR tehnologija	7
5.1. Opis tehnologije	9
5.2. Membranski bioreaktor	12
5.3. Sustav mjerenja, kontrole i upravljanja procesom	15
5.4. Obrada biološkog procesnog mulja	16
5.4.1. Primarni otpad	17
5.5. Održavanje uređaja	17
5.6. Prednosti MBR tehnologije	19
6. Kavitacija u centrifugalnim crpkama	22
6.1. Pojava kavitacije	23
6.2. Neto pozitivna usisna visina	26
7. Zadatak	33
8. Zaključak	40

1. Opće informacije

Student			
Ime studenta: Iva Živković		Studijska razina: Diplomski studij	
Matični broj: 0069041515	Adresa e-pošte: izivkovic@riteh.hr		Telefon:
Razdoblje prakse	Od: 23.05.2011.	Do: 14.06.2011.	Broj sati: 120
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: Rijeka	
Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković		Pozicija: docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Broj telefona: 051/651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime: Almes-eko d.o.o.			
URL: http://www.almes.hr/index.php			
Adresa: Pomerio 9		Grad: Rijeka	
Ime industrijskoga mentora: Goran Vizentin		Pozicija: projektant	
Adresa e-pošte: goran@almes.hr		Broj telefona: 051/211 790	

2. Zahvalnica

Zahvaljujem se tvrtki Almes – eko d.o.o. što mi je omogućila obavljanje studentske prakse kao i voditelju Goranu Vizentinu na pomoći i stručnom vodstvu.

3. Uvod

Tvrtka Almes-eko d.o.o. nastala je iz tvrtke Almes d.o.o., a za svoj razvojni put odabrala je primjenu i usavršavanje MBR (Membranski Bio Reaktor) tehnologije, s ciljem osiguravanja zaštite voda od onečišćenja, zaštite okoliša, te omogućavanja održivog i nesmetanog korištenja voda za različite namjene.

U prvoj fazi razvoja provedeno je istraživanje i analiza mogućnosti integracije MBR uređaja u sustave pročišćavanja otpadnih voda, s ciljem prikupljanja osnovnih informacija i parametara potrebnih za projektiranje i daljnju primjenu sustava temeljenih na MBR tehnologiji. U tu svrhu je, kao prvo postrojenje sa MBR tehnologijom, izgrađen 2004. god. u Rijeci pilot uređaj maloga kapaciteta (MBR 15 ES, 3 m³/dan, slika 1). Ovaj je uređaj instaliran na području postojećeg postrojenja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda s područja grada Rijeke, a period testnog rada je trajao godinu dana.



Slika 1. Pilot uređaj, MBR 15 ES, izgrađeno 2004.

U drugoj fazi razvoja, rezultati dobiveni praćenjem rada pilot uređaja omogućili su izradu uređaja srednjih kapaciteta od kojih je prvi Park Umag, (MBR 5000 ES, 1000 m³/dan, slika 2), izgrađen 2005. god. kao nadogradnja postojećeg sustava za pročišćavanje otpadnih voda, čime je omogućena ponovna uporaba i skladištenje obrađene vode. Eksploatacija uređaja srednjih kapaciteta daje bolji uvid u značajke i parametre rada uređaja većih kapaciteta, odnosno uređaja koji bi udovoljavali zahtjevima stvarnih potreba pojedinih jedinica lokalne uprave po pitanju obrade otpadnih voda. Prikupljeni podaci omogućavaju provođenje stanovite standardizacije dimenzija samih postrojenja, procesa automatskog upravljanja radom MBR uređaja (daljinsko upravljanje i nadzor, sustavi alarma, automatizirani postupci čišćenja membrana i sl.) kao i optimiziranje samog procesa obrade otpadne vode, a sve u nastojanju osiguravanja parametra izlazne vode što bližima strogim zahtjevima zakonskih normativa.



Slika 2. Park Umag, MBR 5000 ES, izgrađeno 2005.

Spajanjem pojedinačnih uređaja (modula) srednjih kapaciteta u grupe dobiva se postrojenje velikog kapaciteta koji mogu naći komercijalnu primjenu u praksi. Slijedeća tri postrojenja različitih kapaciteta izgrađena su 2006. godine, i to: Kanfanar (MBR 2000/5000 ES, 450 m³/dan), Crveni Otok (MBR 1500 ES, 300 m³/dan) i Premantura (MBR 500 ES, 100 m³/dan).

Tvrtka Almes-eko d.o.o danas zapošljava tri inženjera stojarstva, dva inženjera građevine te jednog inženjera kemijske tehnologije.

4. Ciljevi PSP-a (Program studentske prakse) i metodologija

Studentsku praksu u trajanju od 120 radnih sati obavljala sam u tvrtki Almes – eko d.o.o.

Pošto sam od ranije već upoznata s tom tvrtkom kao i djelatnostima i tehnologijom kojom se bavi, prvi tjedan prakse provela sam u čitanju literature vezane uz pročišćavanje otpadnih voda. Podsjetila sam se također osnovnih podataka o membranskom bioreaktoru, o samoj tehnologiji pročišćavanja otpadnih voda pomoću membranskog reaktora kao i o prednostima MBR reaktora nad klasičnim biološkim uređajima. Upoznata sam sa sustavom mjerenja i upravljanja procesom te održavanjem uređaja. Do danas tvrtka Almes – eko d.o.o. postavila je brojne uređaje za pročišćavanje otpadnih voda koji se temelje na MBR tehnologiji.

To je sve bilo uvod u drugi tjedan prakse kada sam se bavila problemom kavitacije koja se javlja u radu centrifugalnih crpki koje su sastavni dio sustava pročišćavanja. Istražila sam općenito o problemu kavitacije kod centrifugalnih crpki, koji su uzroci te moguća rješenja tog problema zbog kojeg se pumpe često kvare.

U posljednjem tjednu prakse sam na realnom primjeru za zadani protok, visinu i gubitke odredila pumpu koja je za zadane uvjete najbolja za postavljanje u sustav pročišćavanja vode. Obuhvatila sam primjer potopne pumpe i dvosmjerne centrifugalne pumpe. Pumpe sam odabirala iz kataloga koje mi je ustupio voditelj prakse. Kataloge je moguće pronaći i na web stranici proizvođača www.dabpumps.com.

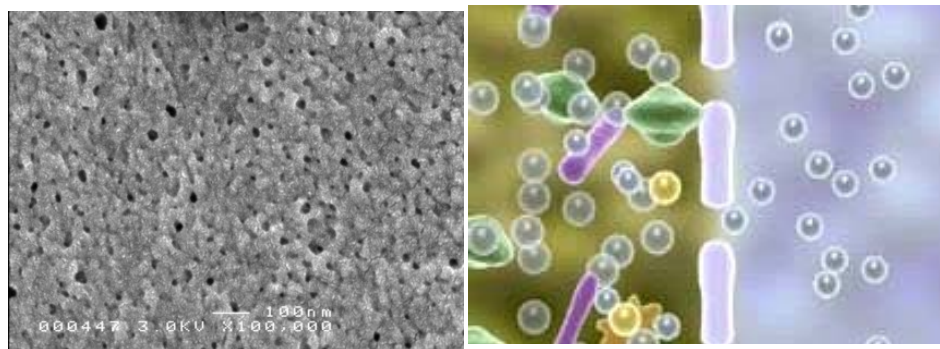
5. MBR tehnologija

MBR (Membranski Bio Reaktor) tehnologija pripada grupi separacijskih procesa s biološkom obradom s aktivnim muljem. Izvodi se kao kombinacija spremnika s aktivnim muljem i jedinice za membransku filtraciju u svrhu odvajanja aktivnog mulja. Odvajanje aktivnog mulja iz pročišćene vode ne ovisi o sedimentacijskim kvalitetama aktivnog mulja, već isključivo o korištenim membranama. Membransko pročišćavanje otpadnih voda trenutno osigurava neusporedivo najbolju učinkovitost čišćenja među postojećim tehnologijama. Veličine hidrauličkog i organskog opterećenja ne predstavljaju ograničavajući faktor, a tehnologija se odlikuje izuzetnom fleksibilnošću u pogonu i eventualnim proširenjima sustava.

Mehanička predobrada otpadnih voda prilagođena je zahtjevima bioloških procesa koji se odvijaju unutar bioreaktora. Proračuni jedinice za obradu voda izrađeni su za određen broj reaktora uređaja uzevši u obzir karakteristične oscilacije količina i kakvoće ulazne vode na uređaj, a kako bi karakteristike efluenta na izlazu iz uređaja uvijek bile u granicama zadanih.

MBR sustav obrade komunalnih otpadnih voda omogućuje obradu otpadnih voda u četiri osnovne faze i nizu podfaza. Aeriranjem vode i zadržavanjem optimalne količine aktivnog mulja za rast mikroorganizama u 10 - 15 dana u bazenu bioreaktora razvije se dovoljan broj mikroorganizama da u kratkom vremenu obrade sve organske tvari koje opterećuju otpadnu vodu.

Nakon biološke obrade voda se iz bioreaktora ispušćava kroz membrane u spremnik čiste vode stvaranjem podtlaka s unutrašnje strane membrane odgovarajućim crpkama. Membrane djeluju kao zapreka, pa zadržavaju mikroorganizme (slika 3) i sve zaostale organske i anorganske tvari koje su nepoželjne, a propuštaju vodu visokog stupnja čistoće. Čišćenje separacijskog sustava (ultrafiltracijske membrane) obavlja se povratnim pranjem u kratkim vremenskim intervalima bez prekidanja procesa obrade otpadnih voda.



Slika 3. Pore na membranama i mikroorganizmi

Postignuta kakvoća efluenta bolja je od sadašnje zakonski zahtijevane i kao takva može se koristiti kao tehnološka voda bez ikakvih dodatnih tretmana.

Tablica 1. Zakonski zahtijevana kvaliteta pročišćene vode za ispušt u recipijent II. kategorije i izlazna kvaliteta pročišćene vode iz MBR uređaja:

	<i>Parametar</i>	<i>Dozvoljena konc. za ispuštanje u vode II. vrste</i>	Vrijednosti MBR	Efikasnost MBR uređaja
1	<i>BPK₅, (mg O₂/l)</i>	< 25	2 ÷ 5	95 ÷ 99%
2	<i>KPKCr, (mg O₂/l)</i>	< 125	15 ÷ 20	90 ÷ 96%
3	<i>Suspendirana tvar (mg/l)</i>	< 35	2 ÷ 5	97 ÷ 99%
4	<i>Ukupni P (mg/l)</i>	< 1	0,5 ÷ 1	87 ÷ 95%
5	<i>Ukupni N (mg/l)</i>	< 21	< 15	85 ÷ 96%
6	<i>Mutnoća (NTU)</i>	< 1	< 1	99,9%
7	<i>Uklanjanje bakterija</i>	-	-	>99,99%

5.1. Opis tehnologije

Primjena MBR procesa kod obrade komunalnih otpadnih voda je, gledano sa mehaničkog aspekta i aspekta pogonskih uvjeta, vrlo jednostavna zbog činjenice da korištenje membrana zamjenjuje čitav niz postupaka karakterističnih za konvencionalne načine obrade otpadnih voda čime je omogućena znatno smanjenje potrebnog prostora za smještaj uređaja i potrošnje kemijskih sredstava. Povrh toga MBR proces ima visoki stupanj efikasnosti. MBR proces za obradu komunalnih otpadnih voda zahtjeva pripremljeni influent na ulazu u reaktor i onoliko MBR reakcijskih bazena koliko nalaže proračun procesnih uvjeta.

Predtretman je mehanički, a sastoji se od grube (po potrebi) i automatske fine rešetke otvora od 1 mm, te kompaktora primarnog otpada. Mehanički predtretman osigurava uklanjanje grubog i krupnog otpada iz ulazne vode.

Mogućnost modularne gradnje (uređaj podijeljen na više bioreaktora) osigurava kvalitetnu obradu vode i kod velikih promjena ulaznih protoka u MBR sustav, što ga čini prikladnim za obradu velikih vršnih opterećenja i/ili za obradu vrlo malih dotoka tijekom male potrošnje voda (varijacije ljeto-zima). Osnovna prednost primjene MBR tehnologije je dakle u činjenici da se radi o relativno malim uređajima koji na razini primijenjene tehnologije imaju ugrađenu mogućnost tercijarne obrade otpadnih voda, s niskim izlaznim koncentracijama suspendiranih tvari, KPK, BPK₅, amonijaka, TKN i TP (III. stupanj pročišćavanja). Zbog uklanjanja bakterija, nutrijenata, hranjivih soli fosfora i dušika, uklanja se glavni uzrok eutrofikacije recipijenta.

Influenti tj. ulazne komunalne otpadne vode u MBR uređaj mogu biti opterećenije tj. više onečišćene nego kod klasičnih bioloških sustava, kako zbog membrana kao separacijskih jedinica tako i zbog visoke koncentracije mulja (MLSS – koncentracija aktivnog mulja) i niskog ulaznog opterećenja po biomasi (F/M – odnos hrane i broja mikroorganizama). To daje mogućnost velike fleksibilnosti biološkog opterećenja MBR sustava.

Izlazna voda iz MBR uređaja je pogodna za ponovnu uporabu.

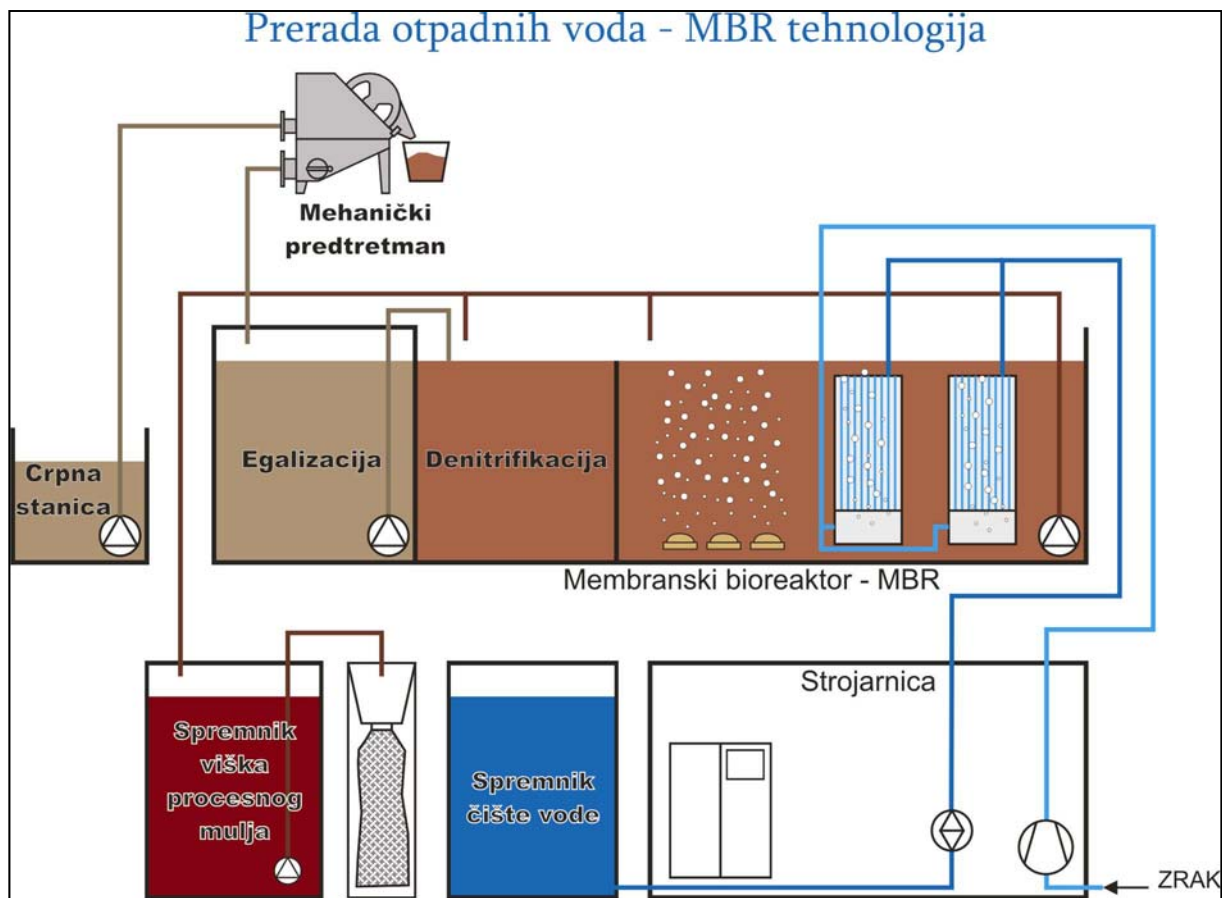


Slika 4. Izlazna voda iz I. stupnja pročišćavanja



Slika 5. Izlazna voda iz MBR uređaja (slika sa uređaja MBR Crveni Otok)

Postrojenja su projektirana za stalni automatizirani rad sa daljinskim upravljanjem kod specificiranih uvjeta hidrauličnog i organskog opterećenja i to tako da se omogući rad pri različitim dnevnim kapacitetima i/ili zimsko – ljetni režim rada.



Slika 6. Princip rada MBR

Uređaj se sastoji od slijedeće opreme i građevina (slika 6):

- uređaja s automatskom mehaničkom rešetkom (1 mm) i kompaktiranjem primarnog otpada
- bazena za egalizaciju influenta sa tretmanom
- MBR reakcijskih bazena (denitrifikacija; nitrifikacija; područje separacije)
- bazena za spremanje i stabilizaciju mulja
- spremnika za kontrolu efluenta
- spremnika čiste vode
- strojnice s kontrolnim ormarom

Mehanička rešetka dimenzionirana je tako da zadovoljava široki raspon fluktuacije influenta, kao i sve diskontinuitete protoka tijekom rada uređaja. Odvojene mehaničke nečistoće dospjele na rotacionu rešetku automatski se skladište u tipski kontejner otpadaka. Zaštitu od neugodnih mirisa na mehaničkoj rešetki osigurava potpuno zatvoreni tok mehaničkih nečistoća od rešetke do kontejnera.

Egalizacijski bazen služi za egalizaciju pridošlih količina influenta. Dimenzioniran je tako da u kombinaciji sa MBR bazenima zadovoljava zahtijevani proces obzirom na količine dotoka otpadnih voda kao i na koncentracije. Daje u svim varijantama ulaza optimalnu varijantu i pripremu otpadnih voda na ulazu u MBR bazene, te omogućava cjelodnevni rad (24 h) MBR uređaja.

5.2. Membranski bioreaktor

Zahvaljujući kombinaciji klasične bioobrade s aktivnim muljem i separacijsko-membranskoj tehnologiji dobila se procesna konfiguracija koja je jednostavna glede procesa i održavanja, isplativa, fleksibilna i pouzdana. Mala reaktorska zona unutar MBR procesa je sredstvo i mjesto, gdje je biomasa izmjenično izložena uvjetima okoliša za optimalni rast. Biomasa ulazi u aerobnu zonu reaktora iz anoksične zone. Rad ove zone sa anoksičnim uvjetima omogućava nesmetano odvijanje procesa denitrifikacije, a ujedno je i sredstvo za minimiziranje rasta vlaknastih mikroorganizama.

Ovakav način rada s MBR nema za potrebu ni primarnog ni sekundarnog taložnika, a vrijednost MLSS, kao bitna karakteristika aeracijskih reaktora s bio muljem, je 3 do 5 puta veća nego kod klasične biološke obrade. To ima za posljedicu smanjenje veličine reakcijskih bazena. Zbog toga sama površina za izgradnju MBR uređaja može biti i 3 puta manja u usporedbi s klasičnim biološkim uređajima, a da to ne utječe na kvalitetu obrađene vode.

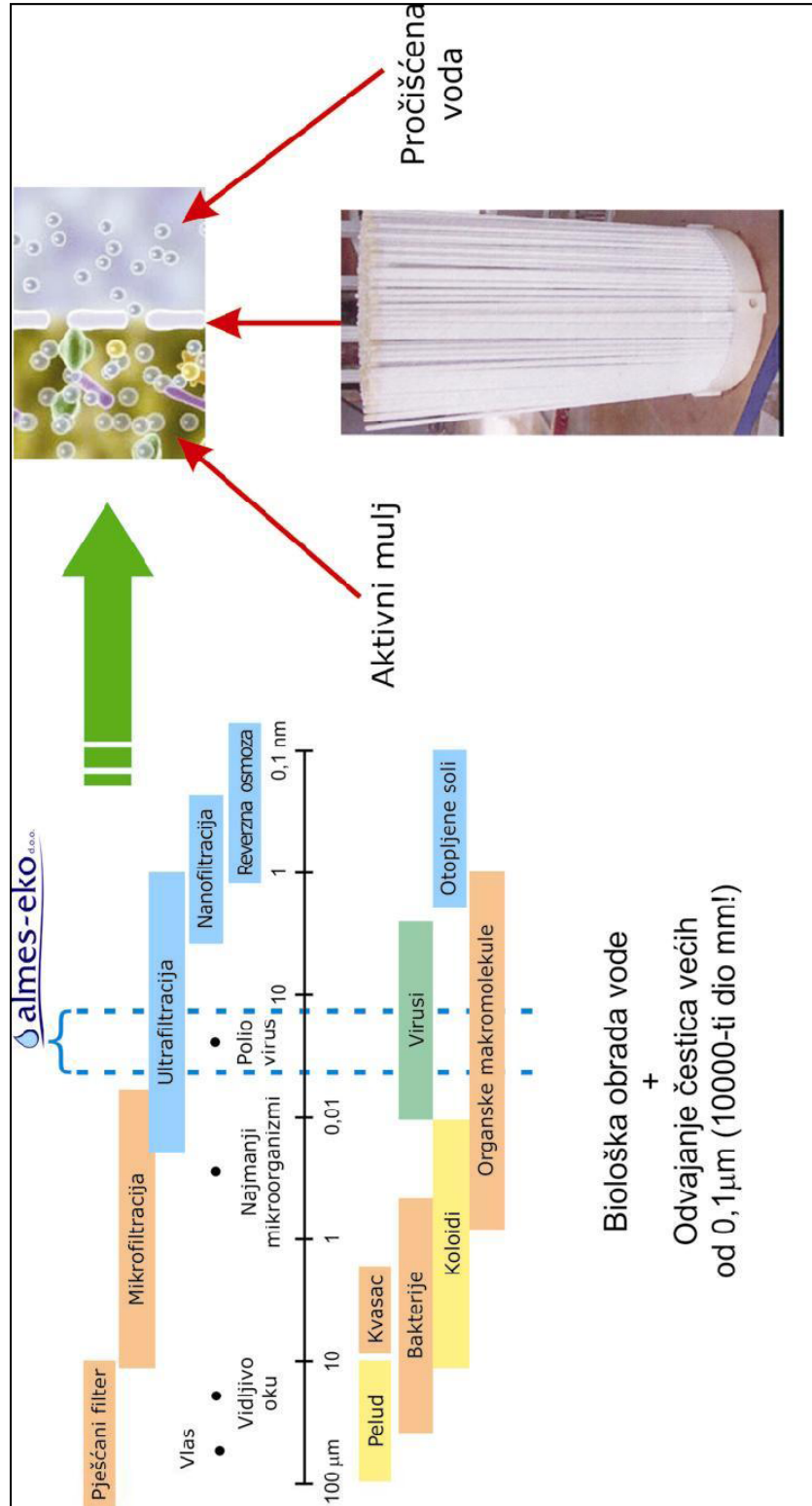
Reaktor za aerobnu stabilizaciju mulja projektiran je tako da količinski osigurava obradu mulja te omogućuje procesno zahtijevano starenje mulja i kod maksimalnih dotoka influenta. Mulj se iz bazena za stabilizaciju povremeno ispumpava i prebacuje na gradski deponij ili na dodatnu obradu mulja (odvodnjavanje), zavisno o željama investitora.

Bazen za kontrolu efluenta čini sastavni dio izlazne jedinice i dimenzioniran je za prihvatanje efluenta radi vizualne i on line kontrole mutnoće (NTU), te uzimanje uzoraka za laboratorijsko ispitivanje karakteristika efluenta. Kod povratnog pranja membrana automatski se dozira mala količina razrijeđenog hiperklorita. Voda unutar bazena za kontrolu efluenta je obrađena i može služiti kao tehnološka voda ili za polijevanje površina.

Ovakav sustav MBR reaktora osigurava pokrivenost procesa unutar svih količina dotoka influenta kao i unutar svih oscilacija koncentracija influenta. Biološki proces unutar reaktora bez obzira na količine i koncentracije influenta osigurava uvijek jednake karakteristike efluenta.

Sastavni dio reaktora su potopne membrane (slika 6.). Membrane su sastavljene od cjevastih filtarskih elemenata vanjskog promjera 9,2 mm s porama od ~0,1 µm (0,1 mikrometar ili 10.000-ti dio milimetra). Smjer filtracije je s vanjske na unutarnju plohu cjevastih membranskih elemenata. Membrane su izrađene od polietilena, a karakterizira ih visoka protočnost vode i mala kvarljivost. Filtarski elementi su kružno raspoređeni i na jednom kraju očvršćeni u kolektoru permeata, dok im je

drugi kraj slobodan. Ovako raspoređeni i učvršćeni membranski elementi zajedno s aeracijom osiguravaju minimalnu potrošnju energije i omogućavaju optimiziranje procesa čišćenja membrana. Membranski element se smješta u metalno kućište koje je otporno na koroziju. Kućište je konstruirano tako da omogućava slaganje više membranskih modula jednog na drugi, čime je omogućena znatna ušteda prostora u reakcijskim bazenima. Priključni elementi za zrak potreban za aeriranje i priključak za prikupljeni permeat smješteni su na vanjskoj strani kućišta.



Slika 6. Mogućnost membranske separacije

5.3. Sustav mjerenja, kontrole i upravljanja procesom

Kontrola rada uređaja, praćenje parametara potrebnih za normalnu kontrolu procesa kao i automatsko vođenje procesa u MBR-u u ovisnosti od protoka i koncentracija influenta, osigurani su lokalnim PLC (Programmable Logic Controller – programibilni logički kontroler) uređajem koji je modemski povezano na osobno računalo kao i SCADA sustav (Supervisory control and data acquisition – Sustav koji integrira kontrolu mjerenja i skladištenje izmjerenih podataka). Uređaj radi potpuno automatski, a biološka reakcija odvija se diskontinuirano uz aerobno anoksične procese. Svi elektromotorni pogoni kontrolirani su preko lokalnog PLC.

Uronjene elektromotorne pumpe imaju termostatsku zaštitu i kontroler razine. NUS (Nadzorni upravljački centar) upravlja ukopčavanjem i iskopčavanjem pumpi. Kontrolom nivoa u MBR modulima pomoću nivo kontrolera osigurava se kontrola rada uređaja. U MBR reaktorima ugrađena je sonda za mjerenje otopljenosti kisika, a na izlazu efluenta ugrađena je sonda za mjerenje mutnoće. Sva mjerenja se vrše elektronskim mjeračima u realnom vremenu.

Automatika stalno bilježi izmjerene vrijednosti te stanja procesa, signala i alarma čime se nadzire rad membranskog bioreaktora. Zbog toga svi uređaji automatike moraju biti stalno u radu i pod naponom 230V AC preko UPS-a.

Izmjerene vrijednosti, stanje procesa, signalizacija i alarma se pohranjuju u bazu podataka osobnog računala i prikazuju na monitoru osobnog računala (lokalnog ili udaljenog). Svi parametri unose se preko osobnog računala.

Podaci o alarmima se kao SMS poruke šalju na odabrane GSM mobitele korištenjem GSM modema. Funkcije GSM-komuniciranja, nadzora i upravljanja osigurava ugrađeni MV109 upravljački program za PLC kojim je također moguće vršiti daljinsko dijagnostičiranje rada membranskog bioreaktora korištenjem GSM modema, udaljenog PC računala i posebnog softvera.

Automatika funkcionira kao proces koji se odvija u jednom stanju ili više stanja istovremeno. Aktiviranje stanja izaziva ili događaj izlaza iz nekog stanja ili neki drugi vanjski događaj. Svaka linija bioreaktora ima svoj skup stanja koja se odvijaju neovisno od drugih linija.

5.4. Obrada biološkog procesnog mulja

Kratki opis obrade mulja priložen je da bi se dobio uvid u tehnologiju i mogućnost njezine primjene. Primjena ovisi o količini i karakteristikama mulja.

Stvaranje viška procesnog mulja je minimalno, a mulj je adekvatno i dobro stabiliziran. Ta značajka omogućava primjenu obrade biomulja, kao npr. zgušnjavanje. Višak mulja primjenom MBR tehnologije je znatno smanjen u odnosu na konvencionalne procese, tako da se mogu očekivati količine od 0,1 – 0,3 kg/kg BPK₅.

Sastavni dio postrojenja je i aerobni digester mulja koji razgrađuje dio tvari u mulju nastalom iz MBR procesa. Time je mulj stabiliziran i olakšana je njegova daljnja obrada, čime je i spriječeno stvaranje neugodnih mirisa. Vrijeme retencije je cca 20 dana. Otprilike 50-70% kapljevitih tvari u procesnom mulju oksidirat će tijekom aerobne digestije jer je sama starost mulja u MBR vrlo visoka (SRT > 80 dana).

Kako se dnevno na uređaju očekuju male količine viška procesnog mulja (koncentracije 20%), najpodesnije je solidificiranje mulja, te pakiranje istog u vreće. Izlazni mulj se kontinuirano uklanja iz sustava, ima optimalnu biološku konfiguraciju tako da ga je moguće odlagati na komunalna odlagališta otpada kao potpuno bezopasan otpad. Mulj se može koristiti kao poboljšivač tla (tablica 2).

Tablica 2. Sastav obrađenog mulja

Teški metali	
Element	Količina (mg/kg ST)
<i>kadmij</i>	<5
<i>bakar</i>	<600
<i>nikal</i>	<80
<i>olovo</i>	<500
<i>cink</i>	<2000
<i>živa</i>	<5
<i>krom</i>	<500
Organske tvari	
<i>poliklorirani bifenili (PCB)</i>	<0,2
<i>Poliklorirani dibenzodoksini/dibenzofurani (PCDD/PCDF)</i>	100 ng TCDD ekvivalenta/kg ST

5.4.1. Primarni otpad

Uporabom fine rešetke sa kompaktorom primarni se otpad kompaktira i skladišti u kontejner za komunalni otpad. Budući da je koncentracija suhe tvari u otpadu nakon kompaktiranja veća od 30% nema emisije neugodnih mirisa (usporen proces truljenja). Ovaj otpad se bez ikakvih ograničenja može odlagati na deponije kao standardni komunalni otpad.

5.5. Održavanje uređaja

Održavanje pogona obuhvaća preglede i same radove na održavanju. Pregledi se dijele na redovite, opće, glavne i posebne, a održavanje obuhvaća stalne, periodične i radove prema potrebi.

MBR uređaji mogu biti podijeljeni na više radnih linija (zasebnih cjelina). Ovisno o potrebnom kapacitetu, u pogon se stavljaju pojedine linije. Time je omogućena fleksibilnost rada uređaja koja je potrebna zbog mogućeg naglog porasta dotoka otpadne vode u ljetnim mjesecima. Uređaji su projektirani tako da je izgradnja moguća u više faza jer jedan ili više reakcijskih bazena može biti u pogonu dok drugi još nisu u potpunosti dovršeni. Na isti način moguće je obavljati remont tijekom razdoblja smanjenog opterećenja.

Upravljanje radom uređaja je u potpunosti automatizirano, a samo vođenje uređaja je jednostavno zbog visoke automatiziranosti i nije potrebno stalno prisustvo operatera. Upravljačka jedinica nadzire sve parametre i komponente sustava tijekom cijelog perioda rada uređaja i generira alarme kada su kritični parametri, podešeni od strane korisnika, dosegnuti. Većina potrebnih intervencija u vođenju uređaja vezane su za mehanički predtretman koji zahtijeva redovito obilaženje kako bi se osiguralo pravilni rad.

Tri su temeljna postupka koja se mogu primijeniti u cilju smanjenja mogućnosti pojave grešaka u radu uslijed pojave poremećaja, a to su:

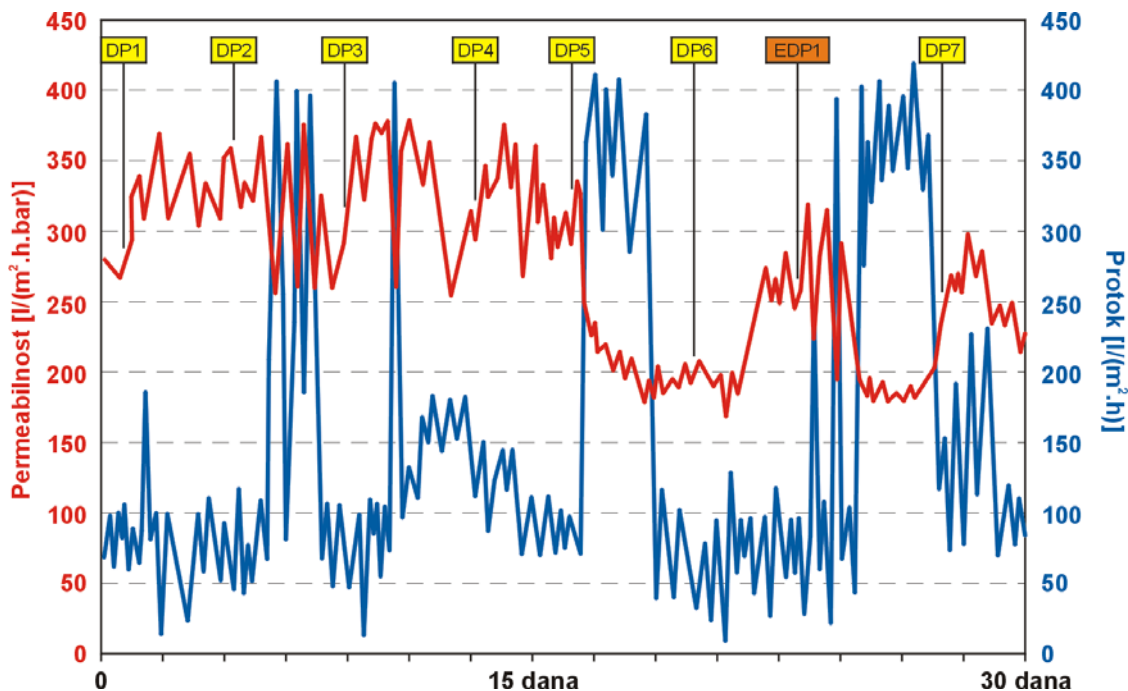
- smanjivanje protoka otpadne vode
- pojačavanje aeracije
- fizičko ili kemijsko čišćenje membrana.

Smanjenje protoka smanjuje i brzinu dolaska nečistoća na membranu, a pojačavanje aeracije ima efekt samočišćenja površine membrane, odnosno ograničava nakupljanje nečistoća na membrani. Obje ove metode imaju za posljedicu povećanje troškova uporabe. Smanjeni protok zahtijeva povećanje površine membrana, a intenzivnija aeracija povećava potrošnju energije. Najučinkovitijim se pokazao postupak protustrujnog čišćenja membrana.

Postupke čišćenja membrana moguće je podijeliti u 3 grupe s okvirnim trajanjem čišćenja:

- **povratno pranje s obrađenom vodom** u trajanju od 45 s, ciklički nakon svakih 10 minuta rada
- **povratno pranje s NaOCl koncentracije 0,05%**, pet puta dnevno u trajanju od 3 min
- **dugotrajno povratno pranje s NaOCl koncentracije 0,05%**, otprilike svakih 10 dana u trajanju od 60 min

Vrijeme trajanja postupka čišćenja prije svega ovisi o kakvoći ulazne vodi i kvaliteti bio mulja. Ovi postupci čišćenja su potpuno automatizirani. Za vrijeme trajanja čišćenja uređaj se ne zaustavlja jer se jedna grupa membrana čisti, dok ostale membrane normalno nastavljaju s radom. Otprilike svakih 6-12 mjeseci potrebno je membrane izvaditi i dodatno ih provjeriti i očistiti radi povećanja protoka i veće trajnosti membrane. Ta provjera se također radi po svakom membranskom modulu zasebno.



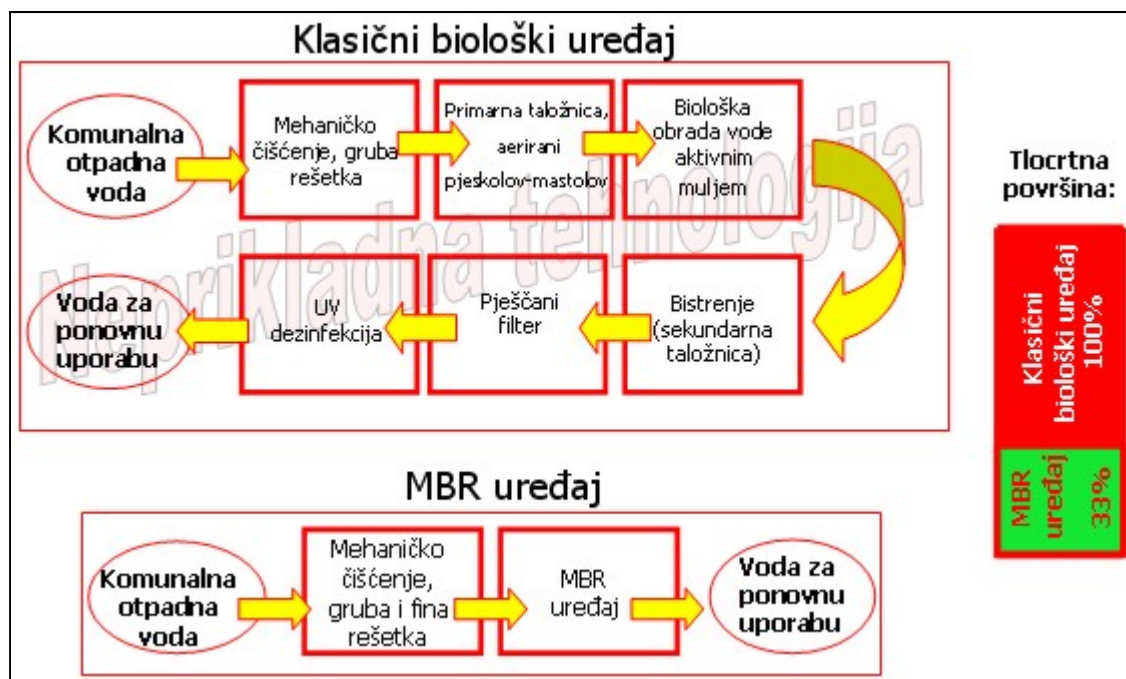
Slika 7. Ciklusi čišćenja MBR uređaja

Slika 7. prikazuje promjene permeabilnosti i protoka efluenta, sa naznačenim trenucima protustrujnog čišćenja.

Većina problema vezana za rad uređaja se svodi na optimizaciju procesa u svrhu smanjivanja troškova održavanja. (trošak električne energije, kemikalija....). Samo optimiranje rada uređaja nema utjecaja na kvalitetu izlazne vode.

Svi uređaji koji su u pogonu daljinski se kontroliraju iz matičnog ureda i upozorava se lokalni operater u slučaju krivog podešavanja parametara

5.6. Prednosti MBR tehnologije



Slika 8. Prednosti MBR sustava

1. Pojednostavljena gradnja uređaja

- kompaktnost i mala tlocrtna veličina uređaja
- bolje uklapanje u okoliš

- mogućnosti izvedbe uređaja podzemno ili nadzemno
- olakšano kompletno natkrivanje čime je omogućeno smanjenje buke i širenja neugodnih mirisa
- membrane zamjenjuju velik broj procesa karakterističnih za konvencionalni način čišćenja pa je ukupna potrebna površina uređaja znatno manja (do 80% u odnosu na konvencionalni postupak s trećim stupnjem čišćenja)
- moguća brza izgradnja
- jednostavna ugradnja unutar postojećih sustava

2. Omogućeno je sustavno povećanje kapaciteta prema stvarnim potrebama

3. Izuzetno visoka učinkovitost uklanjanja otpadnih tvari

- mogućnost direktne ponovne upotrebe pročišćene vode
 - navodnjavanje
 - ispiranje sanitarnih uređaja
 - tehnološka voda
- potpuno uklanjanje bakterija
- reducira količinu kemikalija za obaranje fosfora
- uklanja i sporo razgradivi BPK₅

4. Sustav dobro podnosi široki raspon organskih opterećenja

- otporan na neravnomjernost ulaznog opterećenja
- kvaliteta vode je konstantna, neovisno o u ulaznim vodama
- sustav je pogodan za čišćenje teško opterećenih otpadnih voda

5. Lako vođenje uređaja zbog visoke automatiziranosti

- mala ovisnost o ljudskom faktoru
- nije potrebna stalna posada
- pojednostavljeno vođenje i održavanje postrojenja
- smanjeni troškovi održavanja
- znatno smanjeni pogonski troškovi

6. Mala količina viška korisnog mulja i s time povezani troškovi

- obrađeni mulj po kvaliteti odgovara mulju koji se može koristiti u poljoprivredne svrhe

7. Nema rizika gubitka biomase

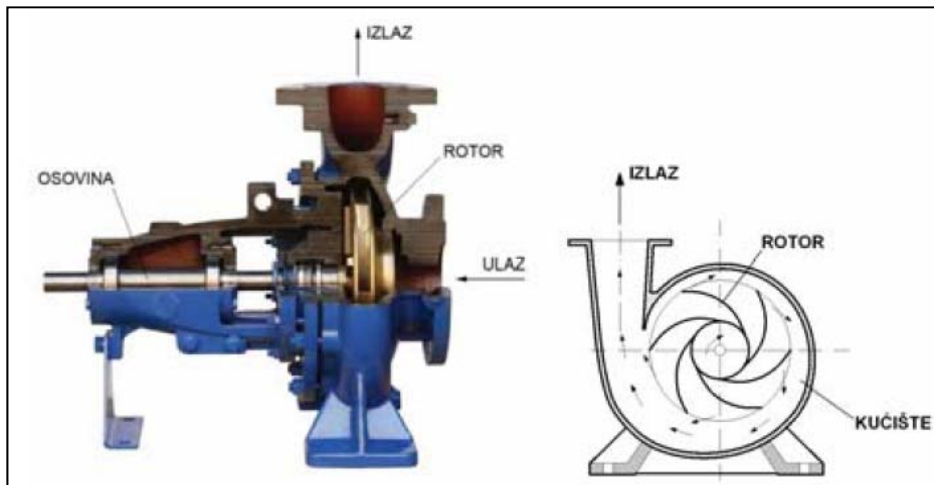
- mikroorganizmi ostaju u biološkom spremniku cijelo vrijeme
- omogućen razvoj vrstama koje se teže razvijaju čak i u hladnijim klimatskim uvjetima

8. MBR uređaji spadaju u tzv. Green Technology (zelenu tehnologiju)

9. MBR uređaji omogućuju potpuno upravljanje otpadnim vodama (Total Waste Water Management)

6. Kavitacija u centrifugalnim crpkama

Centrifugalne su crpke u praksi najčešće upotrebljavani tip rotodinamičkih crpki koje rade na principu rotacijskog djelovanja. Sastoje se od okretljivoga radnog kola s lopaticama (rotora ili impelera) ugrađenoga na okretljivoj pogonskoj osovini u nepokretno kućište (stator).



Slika 9. Poprečni presjeci centrifugalne crpke

Vrtnjom rotora razvija se centrifugalna sila zbog koje se u njegovu niskotlačnom području razvija usisno djelovanje tako da kapljevina (voda) ispunjava dijelove rotora između lopatica, njime se okreće, te pod djelovanjem radijalne i tangencijalne komponente brzine kapljevine protječe prema izlazu iz kućišta, odnosno prema području visokog tlaka (tlačnom cjevovodu). Primjena centrifugalnih crpki osobito je raširena kod sustava javne vodoopskrbe i odvodnje te kod melioracijskih i hidroenergetskih sustava. Pri tome se procjenjuje da su kod oko 80 % instaliranih centrifugalnih crpki prisutni različiti problemi od kojih su najzastupljeniji:

- nepostizanje projektiranog kapaciteta
- oštećenje i osjetno kraći uporabni vijek crpnih agregata
- vibracije
- buka.

Ovi se problemi redovito pojavljuju kombinirano, a samo izuzetno rijetko pojedinačno, čije otklanjanje radi redovitog pogona i održavanja crpki iziskuje relativno visoke godišnje troškove. Jednim od najčešćih uzroka navedenih problema, a time i troškova, smatra se pojava kavitacije. Do kavitacije u

centrifugalnim crpkama primarno dolazi zbog njihove nepravilne instalacije, odnosno pogrešnog projekta i izvedbe sustava: usisna cijev, crpka i početak tlačnog cjevovoda

6.1. Pojava kavitacije

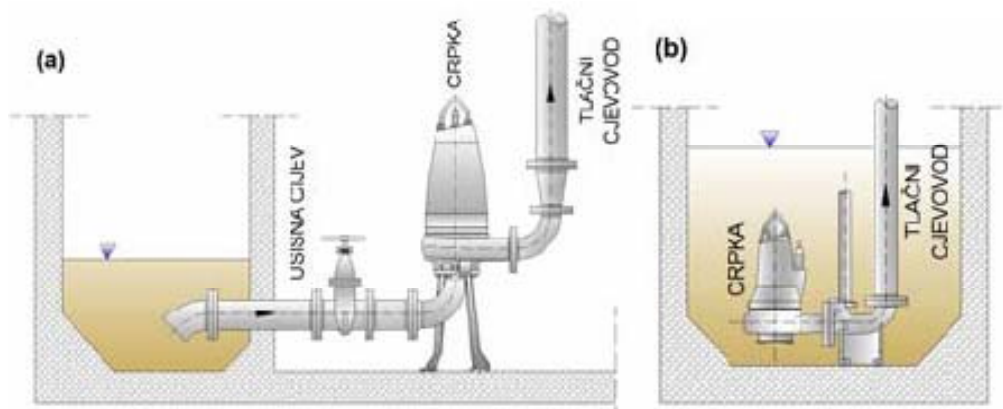
Ovisno o tlaku i temperaturi, tj. pri određenim termodinamičkim uvjetima ravnoteže kapljevite i plinovite faze, voda se isparuje tako da se iznad njezine površine formira karakterističan tlak para. Ako u određenim uvjetima strujanja vode tlak padne na tlak para (tlak isparavanja) dolazi do lokalnog isparavanja, tj. do stvaranja mjehurića pare. Struja vode odnosi mjehuriće pare, koji kad dospiju u područje većeg tlaka uz prasak naglo kolabiraju (implodiraju). Time dolazi i do nagle promjene gustoće koja pak izaziva naglu i ekstremnu promjenu tlaka. Ova se pojava naziva kavitacijom. Popratne su tlačne promjene toliko velike da razaraju i najčvršće podloge, tako da se na mjestima izbačenog materijala pojavljuju rupice – kaverne koje svojim oblikom dodatno deformiraju strujanje pa stvaraju još niže tlakove i proces je progresivan. Ovu pojavu nazivamo kavitacijskom erozijom. Između ostaloga, ogleda se i u mehaničkom oštećenju hidrotehničke opreme, osobito crpki i turbina. Tipično je da se javlja kavitacija u centrifugalnim crpkama neposredno uz napadni brid (rub) lopatica rotora (slika 10.), kada u njegovu usisnom području dođe do naglog pada tlaka ispod tlaka isparavanja, što za posljedicu ima stvaranje mjehurića pare koji potom vrtnjom rotora dolaze u područje visokog tlaka i naglo kolabiraju.



Slika 10. Tipična kavitacijska oštećenja rotora centrifugalnih crpki

Detaljnije objašnjenje fenomena kavitacije kod centrifugalnih crpki vrlo je zahtjevno, budući da je potrebna integralna analiza fizikalnih, kemijskih i termodinamičkih procesa u kratkom razdoblju ($T = 0,5 \cdot 10^{-4}$ do $2,0 \cdot 10^{-4}$ [s]), na vrlo maloj površini ($A = 10^{-3}$ do 10^{-4} [mm²]), pri visokom tlaku ($p = 103$ do 105 [bara]) i pri visokim frekvencijama ($f = 2500$ [Hz]). Uz samo oštećenje rotora crpke, kavitacija, između ostaloga, dovodi do smanjenja kapaciteta crpke ($Q - H$ krivulje) i djelotvornosti (efikasnosti), η .

S obzirom na mogućnost suhe i mokre ugradnje crpki (slika 3.), fenomen kavitacije pojavljuje se u crpkama instaliranih u suhom, dakle za slučaj kada voda iz crpnog spremnika dolazi u crpku posredstvom usisne cijevi. U crpkama mokre izvedbe nema usisne cijevi jer je crpka ugrađena u crpnom spremniku. Zbog toga se kod ovog tipa crpki ne pojavljuje kavitacija, sve dok se radna točka crpnog sustava nalazi na dopuštenom dijelu $Q - H$ krivulje.



Slika 11. Crpke prema položaju elektromotora: (a) u suhom, (b) u mokrom

Stoga svaku centrifugalnu crpku suhe izvedbe treba provjeriti na mogućnost pojave i razvoja kavitacije, odnosno kavitacijske erozije. Uvjet da kod crpke ne dođe do kavitacije dan je izrazom:

$$p_{aps,min} > p_v \quad (1)$$

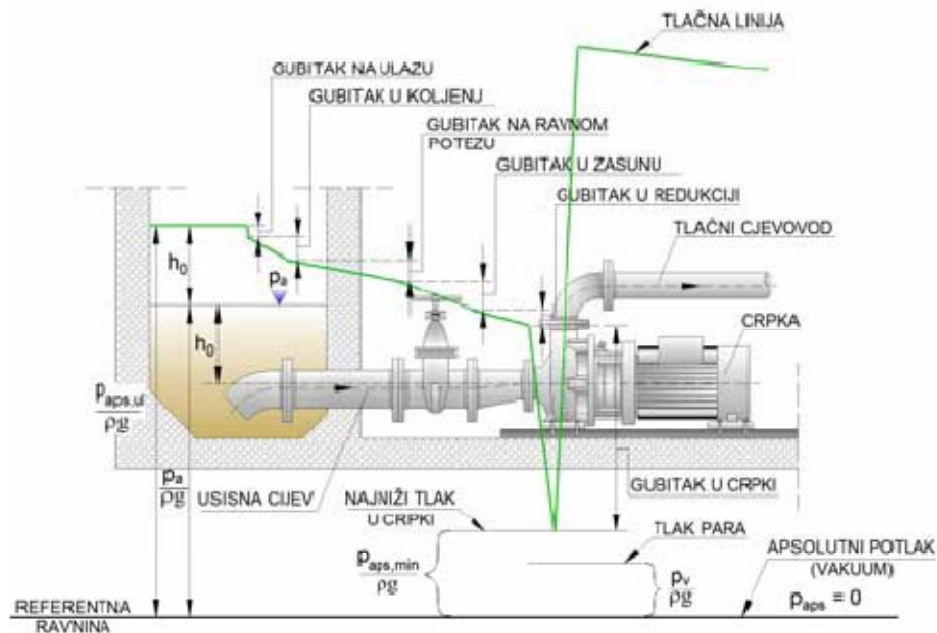
gdje su:

$p_{aps,min}$ - najmanji apsolutni tlak u crpki, [Pa]

p_v - tlak (vodenih) para pri određenoj temperaturi, [Pa].

Pri temperaturi vode do $100 \text{ }^\circ\text{C}$, tlak para je manji od normalnog atmosferskog tlaka, p_a [Pa]. Stoga, pošto se kod fenomena kavitacije promatra i režim potlaka, analize je potrebno provoditi s apsolutnim

vrijednostima tlakova. Na slici 12. prikazan je tipičan slučaj distribucije tlaka u usisnoj cijevi, crpki i početku tlačnog cjevovoda u crpki instaliranoj u suhom.

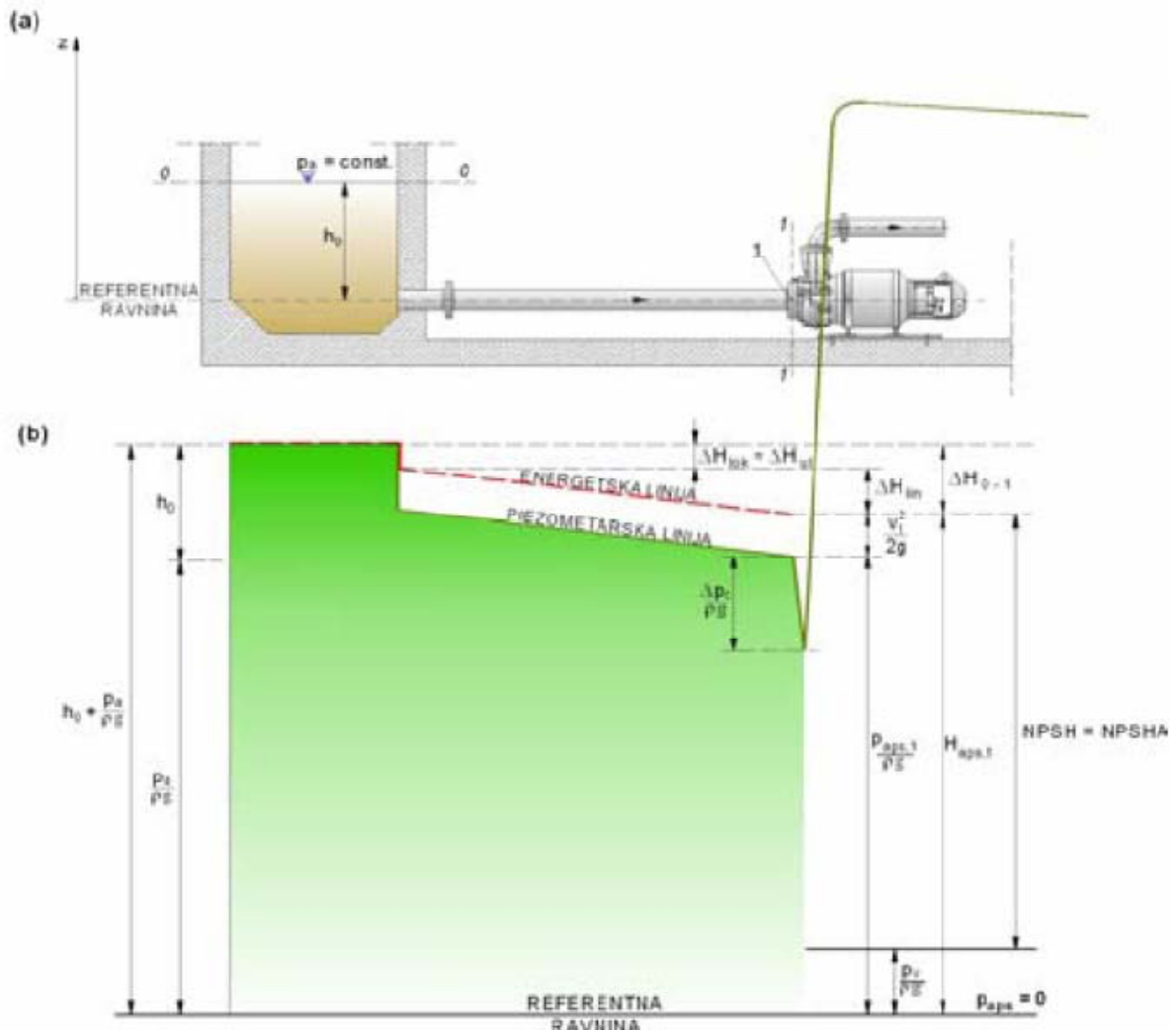


Slika 12. Promjena tlaka u usisnoj cijevi, crpki i početku tlačnog cjevovoda u crpki suhe izvedbe

Sa slike uočavamo da se, prema uvjetu danom izrazom (1), kavitacija neće pojaviti sve dok se minimalna vrijednost apsolutnog tlaka u crpki ne spusti do vrijednosti tlaka vodenih para.

6.2. Neto pozitivna usisna visina

Za daljnje analize pojave i razvoja kavitacije potrebno je koristiti se konceptom tzv. neto pozitivne usisne visine, NPSH (engl. *Net Positive Suction Head*).



Slika 13. Komponente neto pozitivne usisne visine, *NPSH*, s razinom vode iznad osi crpke: (a) shema usisnog dijela crpnog sustava, (b) promjena tlaka i komponente *NPSH*

Usisna cijev crpke spojena je s otvorenim crpnim spremnikom na čijoj slobodnoj vodnoj površini vlada konstantan atmosferski tlak, p_a [Pa]. Razina vode u crpnom spremniku nalazi se na konstantnoj visini, h_0 [m], iznad referentne ravnine koja se nalazi na istoj razini kao i os ulaza u crpku. Bernoullijevom jednadžbom za realnu tekućinu za karakteristične presjeke 0 - 0 (na slobodnoj vodnoj površini u crpnom spremniku) i 1 - 1 (na ulaznoj, tj. usisnoj prirubnici crpke), izraženo u visinskom obliku dobijemo:

$$z_0 + \frac{P_{aps,0}}{\rho g} + \alpha_0 \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{P_{aps,1}}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + \Delta H_{0-1} \quad (2)$$

gdje su:

- z_0 - visina položaja promatranih točaka presjeka $0 - 0$, [m]
- $p_{aps,0}$ - apsolutni tlak u promatranim točkama presjeka $0 - 0$, [Pa]
- z_1 - visina položaja promatrane točke 1 u presjeku $I - I$, odabrane na osi horizontalne pogonske osovine rotora na ulaznoj (usisnoj) prirubnici crpke, [m]
- ρ - gustoća vode, [kg/m³]
- α_0, α_1 - Coriolisovi koeficijenti u promatranim točkama presjeka $0 - 0$ i $I - I$, [1]
- $p_{aps,1}$ - apsolutni tlak u promatranoj točki 1, [Pa]
- v_0 - brzina vode u presjeku $0 - 0$, [m/s]
- v_1 - brzina vode u presjeku $I - I$, odnosno na ulazu u crpku, [m/s]
- ΔH_{0-1} - hidraulički gubici (lokalni + linijski) u usisnoj cijevi, tj. na potezu od presjeka $0 - 0$ do presjeka $I - I$, [m].

Uz supstituciju $z_0 = h_0$, $p_{aps,0} = p_a$, $\alpha_0 = \alpha_1 = 1.0$, $v_0 = 0$ i $z_1 = 0$, ovaj izraz prelazi u oblik:

$$h_0 + \frac{p_a}{\rho g} = \frac{P_{aps,1}}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + \Delta H_{0-1} \quad (3)$$

što je u grafičkom obliku prikazano na slici 13.b.

Pri tome je, sukladno preporukama *Europskog udruženja proizvođača crpki* (engl. *European Association of Pump Manufacturers*) neto pozitivna usisna visina, *NPSH*, definirana kao:

$$NPSH = \frac{P_{aps,1}}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g} \quad (4a)$$

što uz supstituciju:

$$H_{aps,1} = \frac{P_{aps,1}}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} \quad (4b)$$

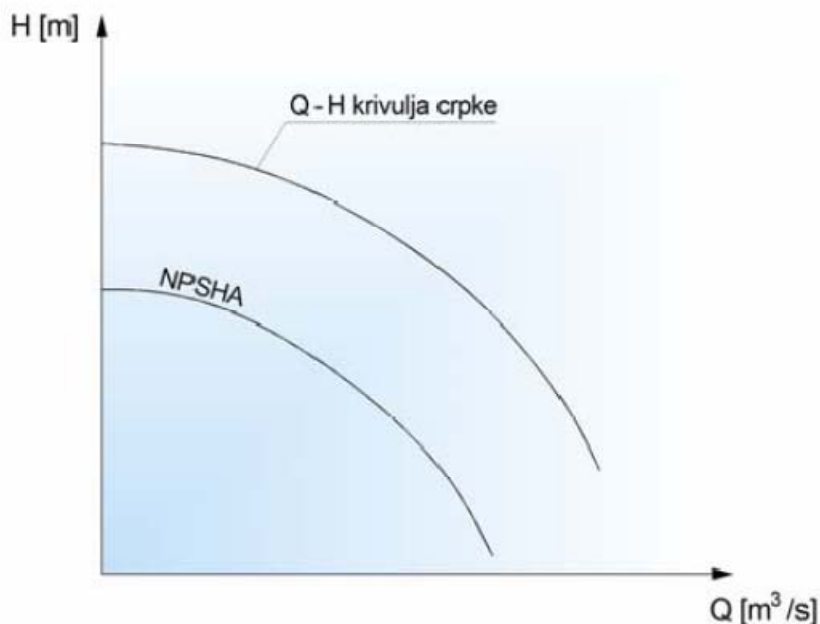
možemo pisati ovako:

$$NPSH = H_{aps,1} - \frac{P_v}{\rho g} \quad (4c)$$

gdje je $H_{aps,1}$ [m] apsolutna vrijednost ukupne energijske visine u točki 1. Fizikalna interpretacija $NPSH$ zornija je uz pomoć pojma specifične mehaničke energije (mehaničke energije jedinične mase) vode, tako da je izraz (4c) potrebno pomnožiti s ubrzanjem polja gravitacije, g :

$$(NPSH)g = H_{aps,1}g - \frac{P_v}{\rho} \quad (4d)$$

Dakle, prema izrazu (4d) $NPSH$ reprezentira specifičnu mehaničku energiju vode iznad tlaka vodenih para na ulazu u crpku, a što je izrazima (4a) - (4c) dano u visinskom obliku, tj. u metrima vodnog stupca. Veličina $NPSH$ dana izrazom (4a) prema definiciji naziva se raspoloživom (engl. *Available*) $NPSH$ i označava $NPSHA$. Ovu veličinu proračunom određuje projektant na temelju odabranih parametara usisnog dijela crpnog sustava. Tipična je varijacija $NPSHA$ u funkciji protoka crpkom, Q [m³/s], prikazana na slici 14., gdje je H [m] visina dizanja.

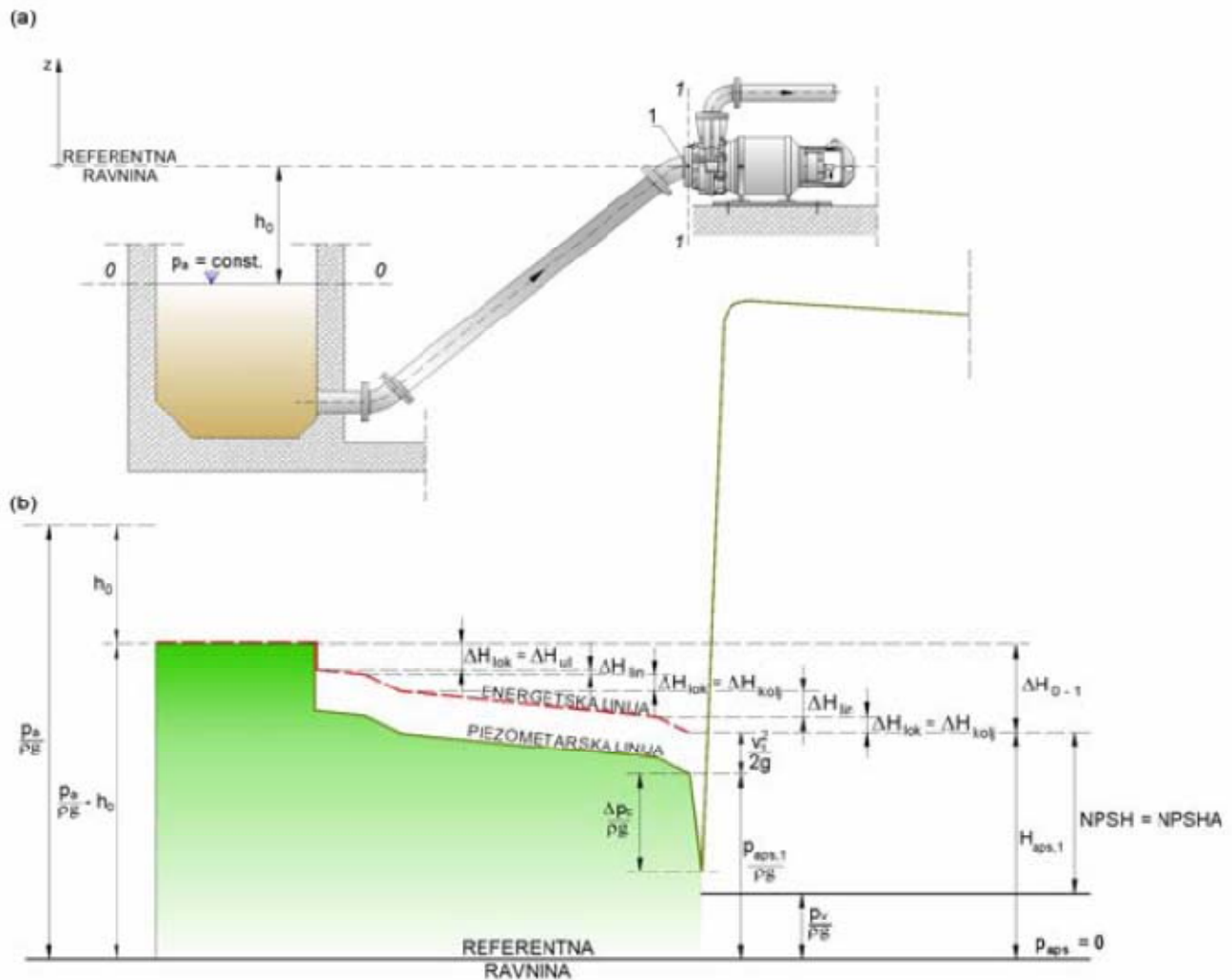


Slika 14. Tipična NPSHA krivulja na Q - H dijagramu crpke

U slučaju kada se razina vode u crpnom spremniku nalazi na konstantnoj visini, h_0 , ispod osi crpke, odnosno ispod referentne ravnine (slika 15.) dobijemo izraz:

$$NPSHA = -h_0 + \frac{P_a - P_v}{\rho g} - \Delta H_{0-1} \tag{5}$$

Predznak minus ispred člana h_0 posljedica je pozitivne orijentacije osi z vertikalno uvis, a h_0 se u ovome slučaju odmjerava od referentne ravnine prema dolje.

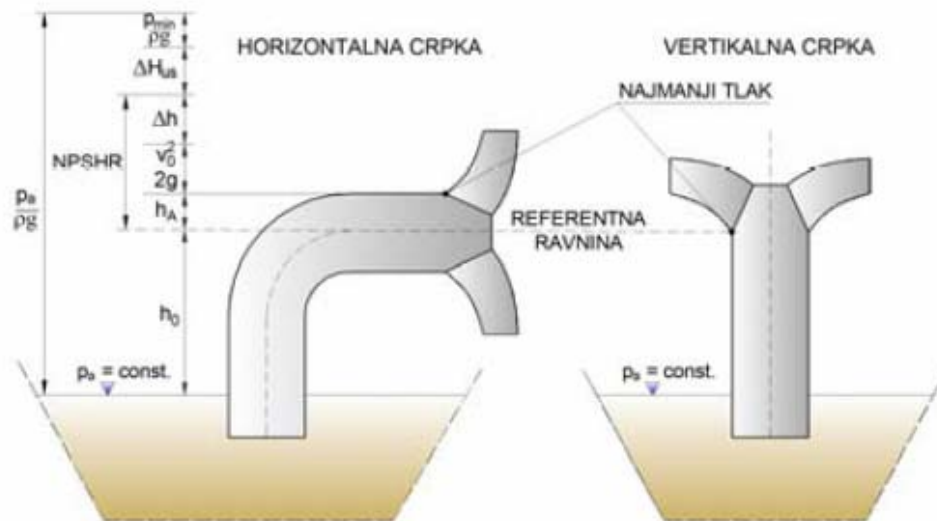


Slika 17. Komponente neto pozitivne usisne visine, $NPSH$, s razinom vode ispod osi crpke (a) shema usisnog dijela crpnog sustava, (b) promjena tlaka i komponente $NPSH$

Možemo zaključiti kako se za beskavitacijski režim rada crpke mora osigurati da minimalna vrijednost

apsolutnog tlaka u crpki bude iznad tlaka isparavanja za određenu temperaturu vode. To znači da se, između ostaloga, uzimajući u obzir i pad tlaka u crpki, Δp_c [Pa], u crpnom sustavu mora osigurati najmanja vrijednost apsolutnog tlaka većeg od tlaka para. Ovaj se zahtjev osigurava uvođenjem koncepta potrebne (engl. *Required*) *NPSH* i označava sa *NPSHR*.

Definiran je izrazom (slika 8.)



Slika 16. Komponente potrebne neto pozitivne usisne visine, *NPSHR*

$$NPSHR = h_A + \frac{v_0^2}{2g} + \Delta h$$

gdje su:

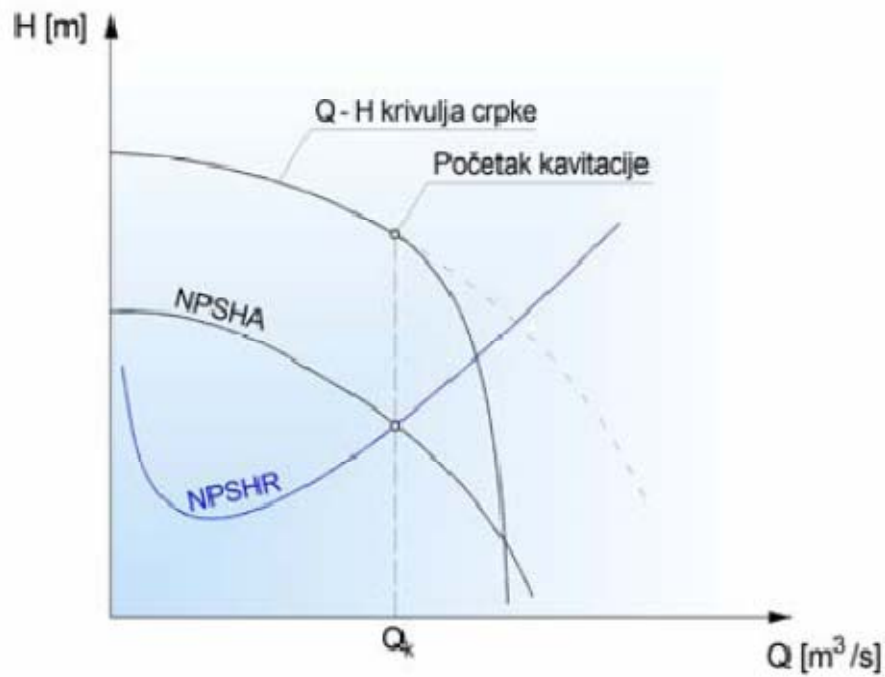
h_A - visinska razlika između referentne ravnine i vrha napadnog brida lopatice rotora, [m]

v_0 - ulazna brzina na rotoru, [m/s]

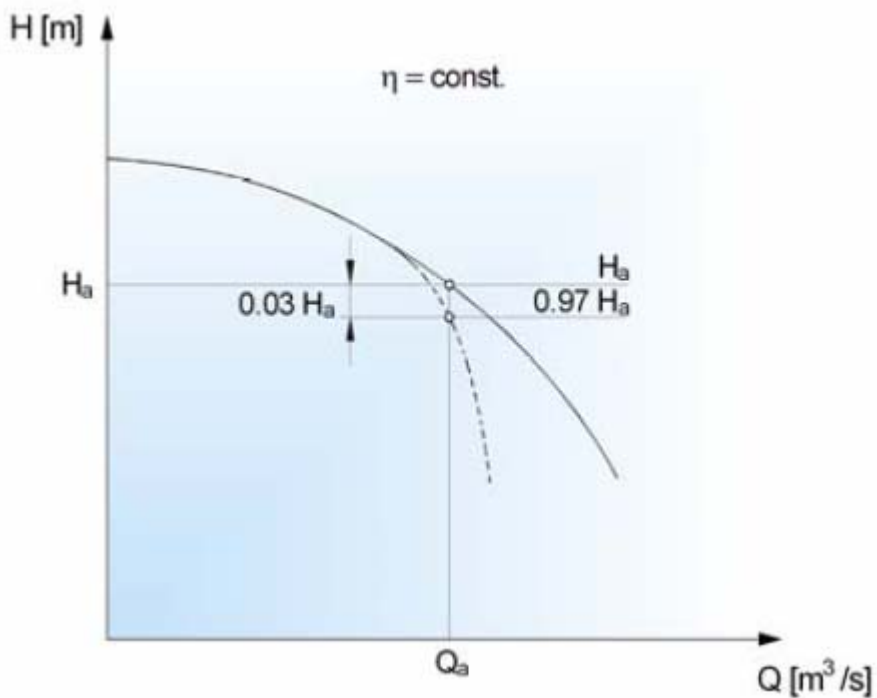
Δh - lokalni pad tlačne visine na napadnom bridu lopatice rotora, [m].

Ovu veličinu određuju proizvođači crpki kao numeričku vrijednost ili kao krivulju (slika 17.)

Sa slike zaključujemo da sve dok je *NPSHA* veće od *NPSHR*, odnosno protok crpkom manji od Q_k , crpka radi u beskavitacijskom režimu. *NPSHR* ovisi o više faktora od kojih su najutjecajniji tip i oblik ulaza rotora, kapacitet crpke, brzina rotacije rotora i vrsta kapljevine koja se crpi.



Slika 9. Tipičan odnos $NPSHA$ i $NPSHR$ krivulja na $Q - H$ dijagramu crpke



Slika 10. Praktično određivanje $NPSHR$

Za sprječavanje kavitacije, odnosno osiguranja beskavitacijskog rada crpki treba biti ispunjen uvjet da je raspo loživa neto pozitivna usisna visina veća od potrebne. To je moguće postignuti

povećanjem raspoložive neto pozitivne usisne visine i/ili smanjenjem potrebne neto pozitivne usisne visine.

Povećanje raspoložive neto pozitivne usisne visine moguće je:

- povećanjem tlaka na ulazu (usisu) crpke
- sniženjem temperature vode koja se crpi
- smanjenjem hidrauličkih gubitaka u usisnoj cijevi.

Smanjenje potrebne neto pozitivne usisne visine može se postignuti:

- smanjenjem protoka u crpki
- smanjenjem brzine rada crpke.

Kombinacijom ovih parametara kod svakog je projekta crpnog sustava moguće osigurati beskavitacijski režim rada crpki, a time i eliminiranje značajnih problema pri njihovom redovitom pogonu i održavanju.

7. Zadatak

- Potrebno je odabrati potopnu pumpu koja će ostvariti protok od 14 m³/h uz visinu dizanja od 4m te gubitke od 6m.

Iz kataloga DAB PUMP PERFORMANCE FOR SUBMERSIBLE AND SUBMERGED PUMP odabrala sam pumpu FEKA VS SUBMERSIBLE CENTRIFUGAL PUMP. Kod potopnih pumpi ne susrećemo se sa problemom kavitacije.



OPĆI PODACI:

PRIMJENA: potopna centrifugalna punmpa od nehrđajućeg čelika s rotorom od lijevanog čelika pogodna je za pumpanje kanalizacijske i otpadne vode koja uglavnom sadrži tvari maksimalne veličine do 50mm.

KONSTRUKCIJSKE ZNAČAJKE PUMPE: tijelo pumpe, izolacijski oblog, kućište motora te poklopac s ručkom izrađeni su od nehrđajućeg čelika. Rotor je sačinjen od precizno lijevanog čelika. Ručke su obložene izolacijskom gumom. Motorna osovina izrađena je od AISI 304 nehrđajućeg čelika. Dvostruka mehanička brtva sa umetnutom komorom za ulje (netoksično ulje) izrađena je od ugljika, aluminijevog oksida na strani motora te silicijevog karbida na strani pumpe.

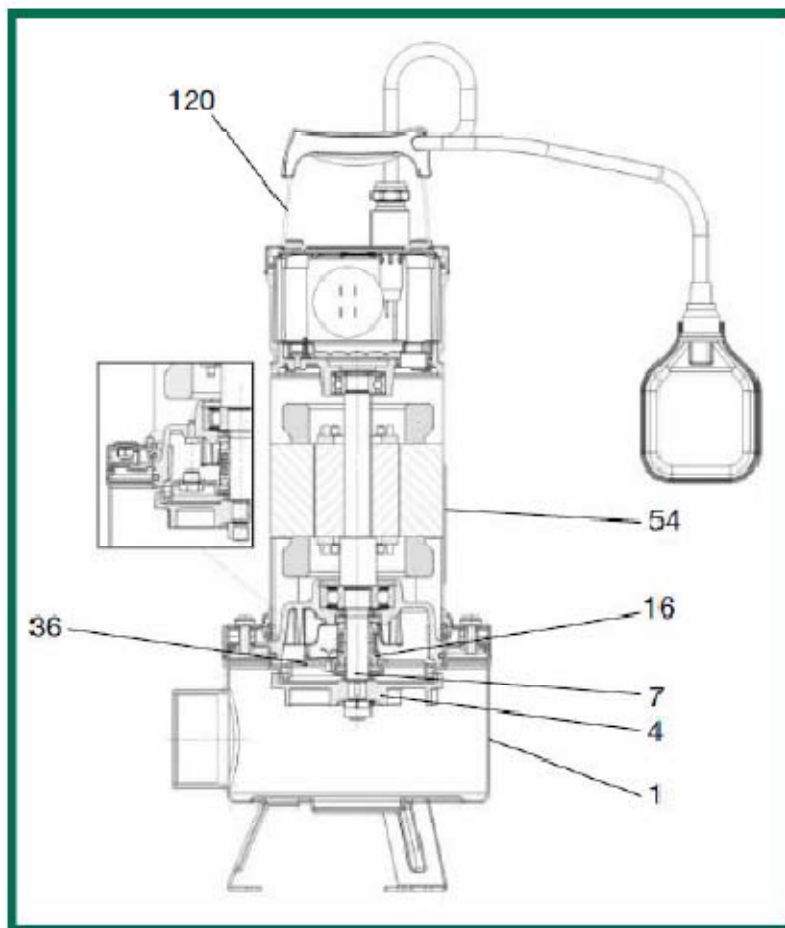
KONSTRUKCIJSKE ZNAČAJKE MOTORA: suh, izoliran i hlađen preko pumpane tekućine. Rotor je montiran na podmazane kuglaste ležajeve, odabran da jamči veću redukciju buke te duži vijek trajanja.

Motorna zaštita klasa: IP 68 - Klasa izolacije: F

Standardni napon: 220-240V 50Hz jednofazni - 400V 50Hz trofazni

TEHNIČKI PODACI:

Broj	Dio		Materijal
1	Tijelo pumpe		nehrđajući čelik AISI 304
4	Rotor		nehrđajući čelik
7	Osovina motora		nehrđajući čelik AISI 304
16	Mehanička brtva	Strana pumpe	silicijev karbid
		Strana motora	ugljik
36	Pokrov brtve		nehrđajući čelik AISI 304
54	Kućište motora		nehrđajući čelik AISI 304
120	Ručke		nehrđajući čelik AISI 304 obložene izolirajućom gumom



RADNI DOMET: 0-32 m³/h visine do 14m

TEKUĆINA: kanalizacijske i otpadne vode u cjelini ne agresivne

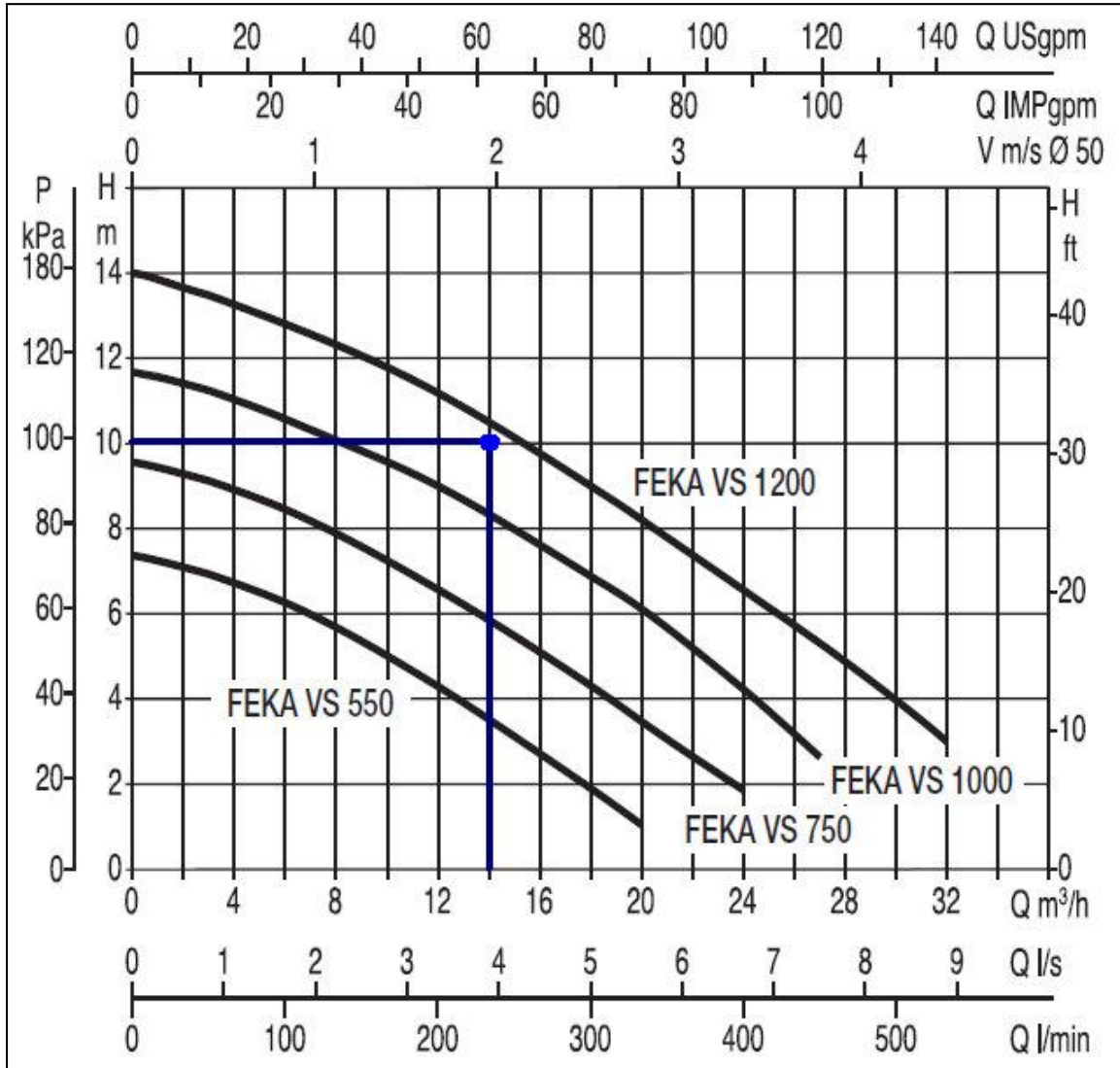
TEMPERATURA TEKUĆINE: OD 0°C do +50°C

MAKSIMALNA TEMPERATURA OKOLIŠA: +40°C

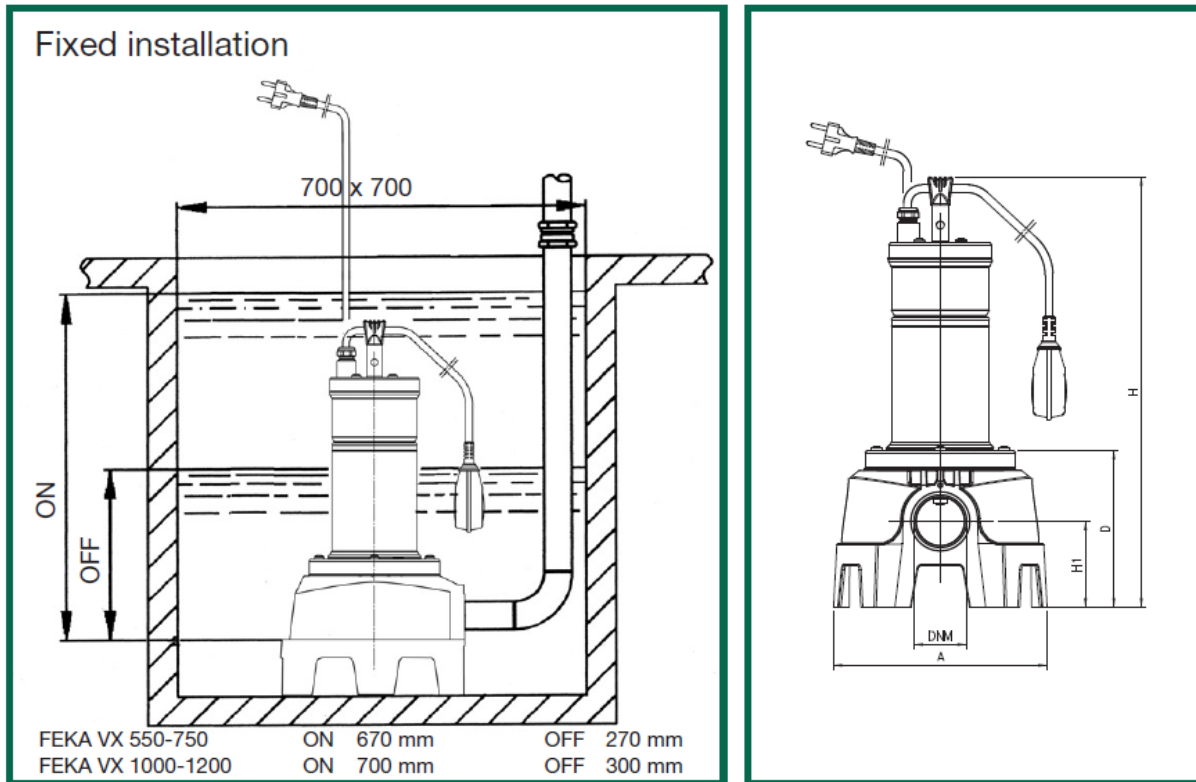
MAKSIMALNA DUBINA URANJANJA: 10 m

UGRADNJA: fiksni ili prijenosni, vertikalni

Na temelju zadanih podataka iz Grafa 1. odabirem prvu pumpu koja se nalazi iznad radne točke – pumpa FEKA VS 1200.



Iz kataloga je preuzeta slika pumpe FEKA VS 1200 te njeni osnovni podaci:

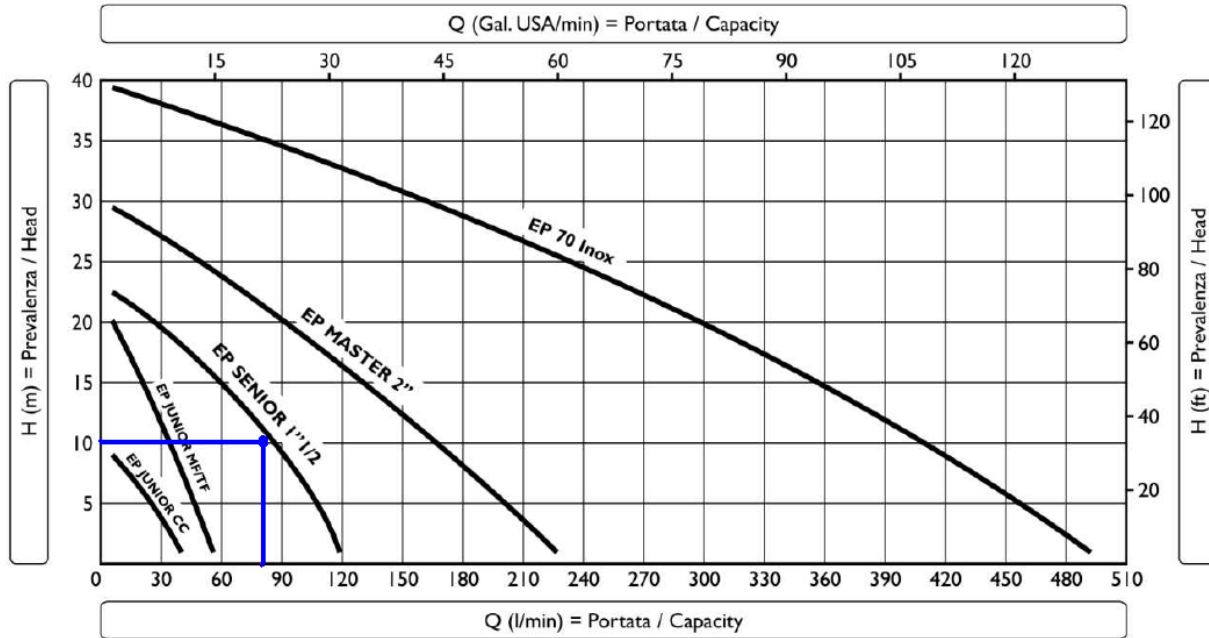


MODEL	A	D	H	H1	Ø DNM	PACKAGING DIM.			VOL m³	WEIGHT Kg
						L/A	L/B	H		
FEKA VX 550	245	179	498	98	2"F	360	600	320	0,069	16,7
FEKA VX 750	245	179	498	98	2"F	360	600	320	0,069	17,9
FEKA VX 1000	245	179	543	98	2"F	360	600	320	0,069	19,6
FEKA VX 1200	245	179	543	98	2"F	360	600	320	0,069	21,1

MODEL	VOLTAGE 50 HZ	ELECTRICAL DATA							HYDRAULIC DATA (N=2800 1/min)										
		P1 max W	P2 Nominal		In A	Ist A	CAPACITOR		m³/h										
			kW	HP			µF	VC	0	3	6	12	18	20	24	27	32		
FEKA VX 550 M-NA	1x220-240 V~	927	0,55	0,75	4,2	20	20	450	H (m)	7,4	6,9	6,2	4,1	1,8	1,2	-	-	-	
FEKA VX 550 M-A																			
FEKA VX 550 T-NA																			3x400 V~
FEKA VX 750 M-NA	1x220-240 V~	1111	0,75	1	5,13	20	20	450		9,6	9,2	8,5	6,7	4,3	3,5	1,9	-	-	-
FEKA VX 750 M-A																			
FEKA VX 750 T-NA																			
FEKA VX 1000 M-NA	1x220-240 V~	1469	1	1,36	6,63	31	25	450		11,8	11,3	10,5	9	6,8	6	4,1	2,7	-	-
FEKA VX 1000 M-A																			
FEKA VX 1000 T-NA																			
FEKA VX 1200 M-NA	1x220-240 V~	1936	1,2	1,6	8,63	38	30	450		14	13,4	12,8	11,2	9	8,3	6,7	5,3	3	-
FEKA VX 1200 M-A																			
FEKA VX 1200 T-NA																			

- Potrebno je odabrati dvosmjernu pumpu koja će ostvariti protok od 14 m³/h uz visinu dizanja od 4m te gubitke od 6m.

Iz kataloga POMPE AUTOADESCANTI AD ANELLO LIQUIDO odabrala sam pumpu STAINLESS STEEL AISI 316 ELECTRIC PUMP, a na temelju Grafa 2. odabrala sam pumpu EP SENIOR 1" 1/2.



EP SENIOR 1" 1/2 - MASTER 2"

OSNOVNI PODACI:

Tipo Type	Motore * Motor *	HP	kW	Volt	Codice Code	Peso Weight	Giri/min Rpm	H (m) = Prevalenza/Head - Q (l/min) = Portata/Capacity										
								0	5	10	15	20	22	30	40	H		
EP JUNIOR 1"1/4	CC	0,5	0,37	12V / 32A	60401000	9,1 kg	2000	43	25	0								
		0,5	0,37	24V / 20A	60411000	9,3 kg	2000	43	25	0								
	MF	0,6	0,45	230V	60201000	9,5 kg	2800	58	47	34	19	5	0					
	TF	0,75	0,56	230-400V	60301000	9,6 kg	2800	58	47	34	19	5	0					
EP SENIOR 1"1/2	CC	1,5	1,12	24V / 45A	60414000	19,9 kg	1400	120	110	85	55	30	0					
	MF	1	0,75	230V	60204000	15,9 kg	1400	120	110	85	55	30	0					
		1,5	1,12	230V	60204100	17,5 kg	1400	120	110	85	55	30	0					
	TF	1	0,75	230-400V	60304000	15,6 kg	1400	120	110	85	55	30	0					
1,5		1,12	230-400V	60304100	17,6 kg	1400	120	110	85	55	30	0						
EP MASTER 2"	MF	2	1,49	230V	60205000	25,5 kg	1400	230	210	175	140	90	85	0				
	TF	2	1,49	230-400V	60305000	25,0 kg	1400	230	210	175	140	90	85	0				
		2,5	1,86	230-400V	60305100	27,0 kg	1400	230	210	175	140	90	85	0				
EP 70 Inox	TF	7,5	5,5	230-400V	60377050	75,0 kg	1400	500	460	415	370	295	280	165	0			

Tipo Type	Raccordi Pipe fittings	Motore Motor	Dimensioni (mm) / Dimensions (mm)												
			A	B	C	D	E	G	H	I	K	L	M ^{**}	M2 ^{**}	X
EP JUNIOR 1"1/4	(*)	MF/TF	112	90	78	50	168	71	137	136	8	336	145	110	12
		CC	112	90	102	50	168	71	137	136	8	360	-	110	12
EP SENIOR 1"1/2	(*)	MF/TF	125	100	90	76	170	80	165	155	10	360	155	125	17,5
		CC	140	125	185	76	190	90	165	175	10	500	-	130	17,5
EP MASTER 2"	(*)	MF/TF	140	125	100	94	215	90	193	175	10	440	160	130	17,5
EP 70 Inox	Garolla 70 ^{***}	TF	190	140	125	140	110	128	306	280	11	680	-	-	21

8. Zaključak

Studentska praksa bila je poučno i zanimljivo iskustvo koje mi je omogućilo da svoje do sada stečeno znanje primjenim u praksi. Upoznala sam do sada relativno novu tehnologiju pročišćavanja otpadnih voda koja koristi membranske bioreaktore, proučavala sam probleme kavitacije u radu centrifugalnih crpki koje se koriste u sustavu pročišćavanja te sam na realnim primjerima naučila odabrati ispravne i najisplativije pumpe koje se kasnije ugrađuju u bazene mulja odnosno u bazene s čistom vodom. Sva stečena znanja biti će mi korisna u daljnjem studiranju budući da je problematika kojom sam se bavila tijekom prakse usko povezana sa brojnim kolegijima na smjeru koji pohađam.

Datum: 26.06.2011. **Mjesto:** Rijeka

Potpis studenta:

Potpis industrijskoga mentora:
