

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na bazi aktivnog mulja

Mladen Kardum

Ključne riječi

otpadne vode, pročišćavanje, uređaj za pročišćavanje, aktivni mulj, ekvivalentni stanovnici (ES)

Key words

waste water, purification, purification device, active sludge, equivalent population (EP)

Mots clés

eaux usées, épuration, dispositif d'épuration, boue activée, équivalents-habitants (EH)

Ключевые слова

сточные воды, очистка, устройство по очистке, активный ил, эквивалентные жители (ES)

Schlüsselworte

Abwässer, Reinigung, Reinigungsanlage, Aktivschlamm, Äquivalente Einwohner (ÄE)

M. Kardum

Stručni rad

Pročišćavanje otpadnih voda na bazi aktivnog mulja

Na primjeru izbora uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na osnovi aktivnog mulja za naselja Bokšić i Šaptinovci u općini Đurđenovac, analizirane su prednosti i mane malih uređaja za pročišćavanje. Utvrđeno je da su za udaljena i manja naselja od 500 do 2000 ES pogodniji uređaji na osnovi aktivnog mulja, zbog boljeg pročišćavanja, što je važno ako se radi o vodozaštitnim područjima. Opisani su dijelovi i rad uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na bazi aktivnog mulja.

M. Kardum

Professional paper

Waste-water treatment based on active sludge

The selection of an active-sludge-based waste water purification device for the communities of Bokšić and Šaptinovci, situated in the Đurđenovac district, was used as an example for analyzing and defining advantages and drawbacks of small waste water processing devices. It was established that the active-sludge-based devices are more appropriate for remote and smaller communities of 500 to 2000 EP, principally because of better purification capability, which is of high significance in water protection areas. Principal components and operating principles of waste water treatment devices based on active sludge are described.

M. Kardum

Ouvrage professionnel

Traitement des effluents basé sur la boue activée

L'exemple de procédé de sélection des installations d'épuration basées sur la boue activée, pour les communautés de Bokšić et Šaptinovci situées dans le district de Đurđenovac, a été utilisé dans l'analyse des avantages et des inconvénients des dispositifs d'épuration des effluents de petite taille. Il a été conclu que les dispositifs basés sur la boue activée sont plus appropriés pour les communautés éloignées de petite taille, comptant 500 à 2000 d'équivalents-habitants (EH), notamment à cause de leur capacité d'épuration plus prononcée, ce qui est d'une importance considérable dans les zones protégées de captage des eaux. Les composantes principales et les principes d'opération des dispositifs d'épuration basés sur la boue activée sont décrits.

M. Kardum

Отраслевая работа

Очистка сточных вод на базе активного ила

В работе на примере выбора устройств по очистке сточных вод на основе активного ила, для посёлков Бокшич и Шаптиновцы в общине Джурджевовац, анализированы преимущества и недостатки малых устройств по очистке. Установлено, что для удалённых и менее населённых от 500 до 2000 эквивалентных жителей /ES/ посёлков, более подходящими являются устройства на основе активного ила, ради лучшей очистки, что является важным, если речь идёт о водозащитных территориях. В работе описаны части и работа устройств по очистке сточных вод на основе активного ила.

M. Kardum

Fachbericht

Abwasserreinigung auf Aktivschlammbasis

Am Beispiel der Auswahl der Anlagen für die Abwasserreinigung auf Grund des Aktivschlammes für die Siedlungen Bokšić und Šapinoveci in der Gemeinde Đurđenovac analysierte man die Vor- und Nachteile kleinerer Reinigungsanlagen. Es wurde festgestellt dass für entlegene und kleinere Siedlungen mit 500 bis 2000 ÄE Anlagen auf Aktivschlammbasis wegen besserer Reinigung günstiger sind, was wichtig ist wenn es sich um Wasserschutzgebiete handelt. Beschrieben sind Teile und Arbeit der Anlage für die Abwasserreinigung auf Aktivschlammbasis.

Autor: Mladen Kardum, ing. građ., Urbanistički institut Hrvatske d.d., Zagreb

1 Uvod

U posljednje se vrijeme postavljaju sve veći zahtjevi za zaštitu okoliša, posebno za pročišćavanje otpadnih voda jer su nepročišćene otpadne vode značajan zagađivač vodotoka i podzemnih voda. Problem se odlaganja sanitarnih otpadnih voda pojavljuje u svim naseljenim područjima i povezan je sa stupnjem izgrađenosti kanalizacijske mreže i načinom njezina pročišćavanja. Ondje gdje ne postoji jedinstven sustav javne odvodnje, koji uključuje kanalizacijsku mrežu, središnji uređaj za pročišćavanje otpadnih voda i odlaganje pročišćenih voda u recipijent (vodotok i sl.), nerijetka su nekontrolirana ispuštanja otpadnih voda iz neodgovarajuće izvedenih sabirnih i septičkih jama koje su individualni način za odlaganje otpadnih voda. Usto za najveći broj sabirnih i septičkih jama najčešće ne postoje nikakve kontrole pražnjenja, a to omogućuje povremeno ili stalno zagađivanje vodotoka, podmorja i podzemnih voda.

Problem je posebno uočljiv na područjima s nizom manjih naselja raspoređenih na većem području s velikom međusobnom udaljenošću, gdje se najčešće financijski ne isplati graditi kanalizacijsku mrežu sa središnjim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda. Dodatni problemi nastaju ako su takva naselja smještena unutar ili pokraj vodozaštitnih područja gdje postoji opasnost od zagađivanja mogućih izvorišta pitke vode. To zbog povećanoga stupnja zaštite dodatno povećava cijenu izgradnje kanalizacijskog sustava.

Radi izbjegavanja posljedica nekontroliranih ispuštanja sanitarnih otpadnih voda i istodobne izgradnje dugačkih kolektora s malim brojem priključaka, za takva su naselja prikladno rješenje manji sustavi odvodnje s tipiziranim manjim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda koji rade na principu tehnologije aktivnog mulja. Takvi su uređaji posebno prikladni za manja naselja u kojima broj stanovnika ne prelazi 2000 ES (ekvivalentnih stanovnika). Njihova je izvedba jednostavna i zbog tipiziranih sastavnih dijelova postrojenja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda .

2 Izbor odgovarajućega uređaja za pročišćavanje

Glavni je uvjet za izbor određenoga uređaja cijena postrojenja i njegove ugradnje. Međutim uz investicijske troškove i troškove održavanja pogona u detaljnijim je analizama potrebno obratiti pozornost i na druge čimbenike koji dugoročno mogu presudno utjecati na izbor tehnologije pročišćavanja. Ti su čimbenici svakako povezani sa stupnjem pročišćavanja otpadnih voda, ponajprije s postotnim iznosima eliminacije ukupnih suspendiranih tvari – BPK₅ (biokemijske potrošnje kisika), KPK (kemijske potrošnje kisika), ukupnog fosfora (P) i dušika (N).

Danas su prevladavajući mali uređaji za pročišćavanje otpadnih voda temeljeni na tehnologiji aktivnog mulja i na takozvanim biodiskovima, zapravo rotirajućim biološkim diskovima poznatim i kao RBC uređaji (*rotating biological contractors*) koji se isporučuju i ugrađuju kao gotovi sustavi. RBC uređaji pogodni su i za individualne stambene zgrade ili naselja s manje od 50 stanovnika (iako se isporučuju modificirani uređaji i do 10.000 ES), a uređaji s aktivnim muljem najprikladniji su za naselja između 500 i 2000 ES. Inače svi se mali kompaktni uređaji za pročišćavanje temelje na suvremenim spoznajama sanitarne tehnike i nude najmanju moguću razinu održavanja i pogonskih troškova.

Temeljita je usporedba između tih dvaju tipova uređaja napravljena pri izradi idejnog projekta uređaja za pročišćavanje otpadnih voda naselja Šaptinovci i Bokšić u slavonskoj općini Đurđenovac (dimenzioniranog za 1100 ES) koji su 2001., zajedno za komunalno poduzeće *Rad* d.o.o. iz Đurđenovca, izradili *Aquacon* d.o.o. iz Zagreba i *Ocelić Tehnoinženjering* d.o.o. iz Osijeka [1].

Potanko su analizirane prednosti i mane obaju tipova, posebno i stoga što je tvrtka *Aquacon* imala iskustva u izvedbi uređaja s aktivnim muljem pri gradnji trgovačkoga centra *Mercatone* u Stupniku 1999. Taj je uređaj inače dimenzioniran na 300 ES (slika 1.).



Slika 1. Biološki bazen i sekundarna taložnica uređaja za pročišćavanje otpadnih voda trgovačkog centra *Mercatone*

Prednosti su uređaja na osnovi aktivnog mulja:

- primjenjivost na razne veličine naselja (osim za najmanja)
- visok stupanj eliminacije ukupne suspendirane tvari i BPK₅ (više od 90 posto)
- dobra eliminacija dušika kod nitrifikacije i denitrifikacije (20 – 40 posto)
- dobra eliminacija fosfora (20 – 30 posto)
- pogodnost za područja gdje je potreban veći stupanj zaštite vodotoka (recipijenta) ili podzemnih voda kada se pročišćene vode ispuštaju u podzemlje.

Mane su sljedeće:

- relativno veliki investicijski troškovi
- velika potrošnja energije zbog intenzivne aeracije (puhala)
- potreba angažiranja kvalificirane osobe za puštanje uređaja u pogon
- proizvodnja većih količina mulja koje je potrebno negdje odložiti.

Prednosti su biodisk uređaja (RBC-a):

- mala potrošnja energije
- jednostavno upravljanje i nadzor
- dobre značajke istaloženog mulja
- primjenjivost za sve vrste naselja pa i najmanja
- pogodnost za izrazito hladna područja jer proces pročišćavanja teče u zatvorenim kućištima.

Mane su sljedeće:

- nešto veći investicijski troškovi u odnosu na tehnologiju s aktivnim muljem
- stupanj je eliminacije manji za ukupne suspendirane tvari (70 – 80 posto)
- stupanj je eliminacije nešto manji za BPK5 (80 – 90 posto)
- slabija eliminacija dušika (10 – 20 posto)
- slabija eliminacija fosfora (20 – 30 posto)
- potreban je kvalitetan predtretman sirove otpadne vode [2], [3], [4].

Ujedno su analizirani investicijski i pogonski troškovi za uređaje od 1100 ES. Za uređaje na osnovi aktivnog mulja prosječna je cijena po ekvivalentnom stanovniku 2600 kuna, što znači da izgradnja stoji 2,86 milijuna kuna. Troškovi su tijekom uporabe procijenjeni na 10 posto cjelokupne investicije (temeljeni na kompresoru snage 3 kW, 2 ulazne crpke snage 4 kW i vanjskoj rasvjeti uređaja od 1 kW), pa su ukupni investicijski i pogonski troškovi iznosili 3,146 milijuna kuna. Za uređaj biodiska prosječna je cijena po ekvivalentnom stanovniku 2800 kuna, što je 3,08 milijuna kuna. Pogonski su troškovi procijenjeni na 7 posto investicije (temeljeni na kompresoru snage 1,5 kW, 4 crpke snage 2,25 kW i reduktorskom motoru snage 1,5 kW), pa su dobiveni ukupni investicijski i pogonski troškovi od 3,296 milijuna kuna.

Dakako da pri izboru uređaja s aktivnim muljem nisu bili presudni razlozi što su troškovi izgradnje i pogona bili nešto manji, jer se kroz razdoblje od 10 godina pogona uređaja ti troškovi ionako izjednačuju, već je na odluku presudno utjecala činjenica što su sve zahtijevane veličine pročišćavanja (KPK, BPK₅, N i P) bile znatno veće. Posebno stoga što se naselja Bokšić i Šaptinov-

ci nalaze na rubu vodozaštitnog područja, a to je bio i poticaj za projektiranje uređaja. Usto se velike količine mulja koje su nusproizvod pročišćavanja (obično se iz podzemnih silosa izvlače jednom na godinu) nakon stabilizacije i higijensko-tehničke kontrole mogu uporabiti i u poljoprivredne svrhe [5].

3 Smještaj naselja Bokšić i Šaptinovci

Naselja Bokšić i Šaptinovci smještena su na zapadnom dijelu Osječko-baranjske županije, a na sjevernom dijelu općine Đurđenovac. Općina prema popisu iz 2001. ima 7946 stanovnika na ploštini od 121 km² i nalazi se u ravnici na prosječnoj nadmorskoj visini od 103 m. Najveće je općinsko središte sa 3472 stanovnika, a među 12 preostalih naselja upravo su Bokšić (539) i Šaptinovci (623), koji se nalaze na sjevernom dijelu općine, među najvećima.

Općinsko se središte Đurđenovac, koje je od Osijeka udaljeno približno 60 km, razvilo u drugoj polovici 19. st. kao industrijsko središte s velikom pilanom i tvornicom tanina pa je među prvima u Hrvatskoj dobilo električnu struju, a bilo je i željezničkom prugom dobro povezano s ostalim dijelovima Slavonije i Hrvatske. Nakon toga je formiran veliki drveni kombinat koji je otišao u stečaj krajem devedesetih godina prošlog stoljeća i potom je sva njegova imovina rasprodana. Danas se stanovništvo općine uglavnom bavi poljoprivredom i manjim dijelom obrtom.

Naselje Đurđenovac ima izravan priključak (Ž-4075) na državnu cestu D-2 (Podravska magistrala) te na cestu D-53 (Našice – Donji Miholjac), a nalazi se na pola puta između Orahovice i Našica.

Gotovo su svi stanovnici naselja Đurđenovac priključeni na javni vodoopskrbni sustav, iako crpilište nije legalizirano niti je razriješen njegov status. Đurđenovac ima i izgrađen kanalizacijski sustav mješovitog tipa za 1100 kućanstava (dug 12 km, a planirano je ukupno 35 km s priključivanjem okolnih naselja) koji se na tri mjesta prazni u recipijent potok Bukvik, a od toga samo jedan krak preko taložnice.

Naselja se Bokšić i Šaptinovci nalaze 5 km sjevernije od općinskoga središta. Bokšić se nalazi manje od 2 km zapadnije od Šaptinovaca, a Šaptinovci su od ceste D-53 udaljeni približno 3 km. Oba su naselja svrstana u srednje nizinsko područje odvodnje u sklopu slijeva Karašica-Vučica.

Bokšić se prvi put spominje krajem 17. st. nakon odlaska Turaka, a ime je najvjerojatnije dobio po šumi (šikari) Bok koja se nalazi sjeverno od sela. Rubni dijelovi katastarske općine Bokšić leže na nalazištima plina i nafte (s glavnim crpilištem u Beničancima) koji *Ina-Naftaplin*

eksploatira od 1973. Zahvaljujući renti koju općine dobivaju od te eksploatacije, u Bokšiću je uređena i popravljena infrastruktura (ceste, asfalt, kanalska mreža, plinifikacija...), ali još nema javne vodoopskrbe, što je velik problem posebno u sušnom razdoblju kada je i kvaliteta vode vrlo slaba. Još 2004. bilo je predviđeno spajanje Bokšića na đurđenovački vodoopskrbni sustav jer je trebao biti završen vodovod na trasi Đurđenovac – Krčevina – Beljevina – Bokšić. U naselju ne postoji ni kanalizacija sanitarno-potrošnih otpadnih voda i odvodnja se rješava individualno, isključivo uz pomoć septičkih jama. Postoje samo otvoreni kanali s obje strane glavne ulice za odvodnju oborinske vode koji također nisu odgovarajuće riješeni.

Zapadno od Bokšića nalaze se vodotoci koji se slijevaju prema rječici Vučici na sjeveru (Zdenačka rijeka i potok Marjanac), a sjeverno od naselja nalaze se i veliki ribnjaci PPK *Orahovica*. Zanimljivo je da se Bokšić i šire područje nalaze na velikim zalihama tople vode koja će se u budućnosti vjerojatno iskoristavati kada prestane eksploatacija plina i nafte.

Šaptinovci su vjerojatno najstarije mjesto u općini Đurđenovac jer se spominju gotovo 200 godina prije ostalih naselja, a ime u mađarskom obliku znači "Hrvatsko brdo". Naselje se također nalazi uz nalazišta plina i nafte, ali za razliku od susjednog Bokšića ima pitku vodu jer je spojeno na vodoopskrbni sustav Đurđenovca. Šaptinovci su opskrbljeni plinom i strujom te priključeni na telefonsku mrežu, a po selu je razvedena i kanalska mreža za oborinsku odvodnju. No stanje je s odvodnjom isto kao i u Bokšiću jer nema kanalizacijskog sustava.

Kroz Šaptinovce prolazi potok Iskrice koji stanovnici zovu rijeka jer ima izvor podno Papuka i nikad ne presuši, a na sjeveru se ulijeva u Vučicu.

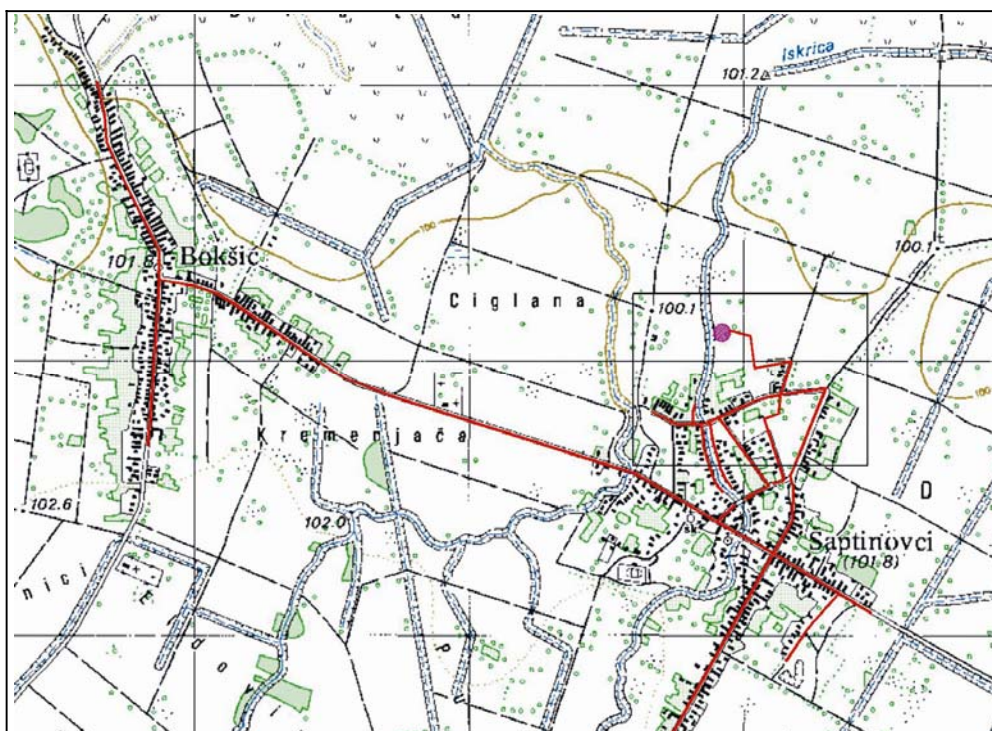
Stanovništvo se i jednog i drugog naselja bavi isključivo poljoprivredom i manjim dijelom stočarstvom (nije zabilježena ni jedna veća farma), a samo je manji dio za-

poslen u sitnim obrtnim djelatnostima poput građevinarstva, bravarija, stolarija, mlinarstva, ugostiteljstva i sl. Industrijske proizvodnje nema [1].

4 Kanalizacijski sustav i lokacija uređaja za pročišćavanje

Prema aktualnom županijskom prostornom planu za oba je naselja predviđen sustav odvodnje s biološkim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda (uređaj s aeracijom).

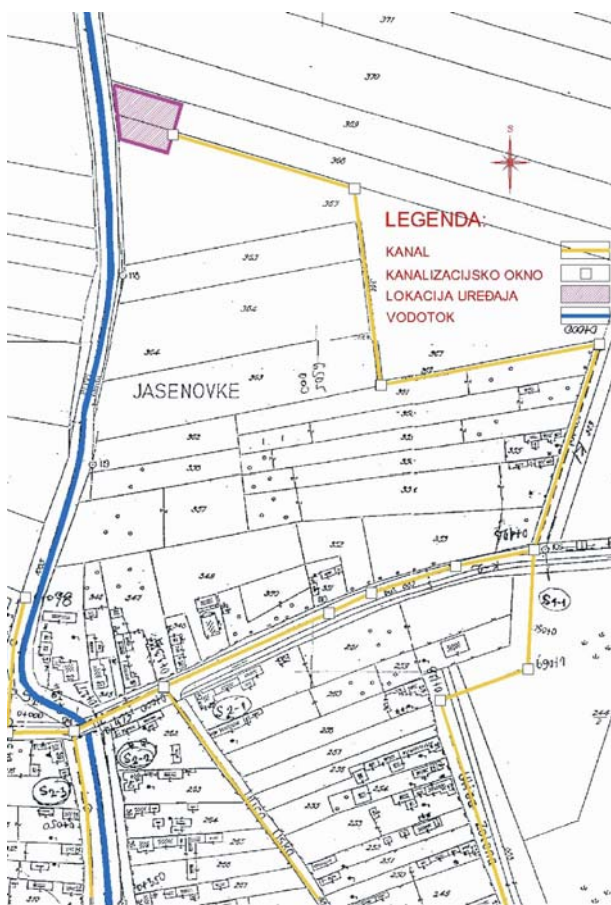
Najbliži je mogući recipijent pročišćenih voda vodotok Iskrice. Predviđena je lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda uz Iskricu na ploštini od 1200 m², u zoni Jasenovke sjeverno od naselja Šaptinovci. Pristup na lokaciju osiguran je postojećim putem zvanim Lenija koji završava kao slijepi put (slika 2.).



Slika 2. Situacija naselja Bokšić i Šaptinovci na topografskoj podlozi

Kako se lokacija uređaja za pročišćavanje nalazi na sjevernom dijelu naselja Šaptinovci i u blagom je padu prema sjeveru, predviđeno je da otpadna voda dolazi na uređaj gravitacijski. U Studiji odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda slijeva Karašica-Vučica, koju su 2005. izradili *Hidroing d.o.o.* iz Osijeka i *Hidroprojekt-ing d.o.o.* iz Zagreba, predviđena je izvedba 12 km razdjelne kanalizacije, s jednom crpnom stanicom i tlačnim vodom dugim 1 km između dvaju naselja, kako bi se izbjeglo preduško ukopavanje kanalizacijske mreže. Tada je proračunana i investicijska vrijednost kanalizacije u iznosu od 14,79 milijuna kuna.

Stoga je sasvim razumljivo da bi se cjelokupni kanalizacijski sustav trebao graditi u etapama. Svakako bi najprije bilo nužno izgraditi uređaj za pročišćavanje koji svojim kapacitetom obuhvaća oba naselja. Potom bi se u prvoj fazi na njega, s obzirom da imaju pitku vodu, priključilo naselje Šaptinovci u kojem bi se izgradio razdjelni kanalizacijski sustav za sanitarno-potrošnu vodu. U sljedećoj bi se etapi nakon izgradnje vodoopskrbe naselja Bokšić izgradila i razdjelna kanalizacijska mreža s crpnom stanicom i na taj bi se način Bokšić priključio na uređaj (slika 3.). Ipak se s gradnjom uređaja i kanalizacijskog sustava nije još započelo, ali se očekuje da će to biti riješeno u sklopu zahvata koje u posljednje vrijeme poduzimaju Hrvatske vode na poboljšanju vodoopskrbe, pa time i odvodnje, u istočnim dijelovima Slavonije [6].



Slika 3. Detaljna situacija uređaja na katastarskoj podlozi

U nas se svi uređaji veći od 500 ES dimenzioniraju i koncipiraju prema posebnoj normi A126 iz ATV smjernica (smjernice Njemačkog udruženja za otpadne vode) za racionalno dimenzioniranje mreže i građevina, te vrijednim DIN normama. Granične su vrijednosti pokazatelja u otpadnim vodama, koje se ispuštaju u prirodni prijamnik iz uređaja za pročišćavanje, utvrđene Pravilnikom o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i

drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99). Tu je određena granična vrijednost za II. stupanj pročišćavanja (mehaničko-biološko pročišćavanje) za uređaje do 10.000 ES sljedeća: za ukupne suspendirane tvari 60 mg/l, za biokemijsku potrošnju kisika (BPK₅) bez nitrifikacije 40 mg O₂/l i za kemijsku potrošnju kisika (KPK) 150 mg O₂/l.

Kriteriji za dimenzioniranje prema ATV-A126 na primjeru uređaja za 1100 ES s aktivnim muljem i zajedničkom stabilizacijom mulja su sljedeći:

- specifična količina otpadne vode po stanovniku na dan 150 l/ES/d
- maksimalna količina na sat Q/12
- specifično organsko opterećenje 60 g BPK₅/ES/d
- opterećenje mulja 0,2 kg BPK₅/m³/d
- dopušteno opterećenje površine 0,6 m/h
- retencija ili vrijeme zadržavanja u sekundarnoj taložnici 3,5 h
- opterećenje kisikom 3,6 kg O₂/kg BPK₅

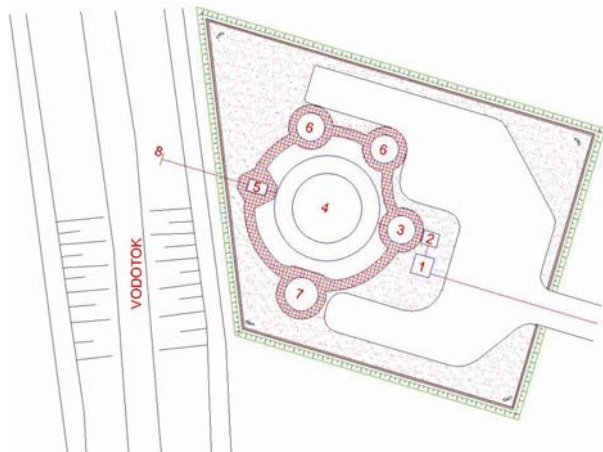
Prema tim je veličinama određena dnevna količina od 165 m³/d, maksimalna količina po satu za sušno razdoblje 13,75 m³/h, a s 20-postotnim povećanjem (ako se uračunaju strane i procjedne vode) maksimum je 16,50 m³/h. Dnevno organsko opterećenje iznosi 66 kg BPK₅/d. Za bioeracijski bazen izračunan je volumen od 330 m³, a odabrana je vrijednost 356 m³. Za sekundarnu je taložnicu određena potrebna ploština 22,91 m² i potrebni volumen 48,1 m³, a odabran je volumen od 76 m³. Za aeraciju su prema potrebnoj dubini upuhivanja zraka (4,9 m), opterećenju i potrebama za kisikom i zrakom odabrana puhalo s ukupnim učinkom od 180 m³/h i s radom od 22,4 sata na dan [6].

Tijekom projektiranja cjelokupni je plato uređaja uzdignut za metar u odnosu na okolni teren da bi se osiguralo nesmetano gravitacijsko ispuštanje pročišćenih voda u potok Iskricu. Naime zbog 25-godišnjih velikih voda, koje su izmjerene na koti 99,98 m n.m., bilo je potrebno riješiti hidraulički tok vode u uređaju da bi i pri 25-godišnjim velikim vodama uređaj mogao nesmetano funkcionirati. Stoga se ispušt predviđa na koti 100,06 m n.m. Tako je osigurano da se uz troškove nasipavanja lokacije zaštiti postrojenje od mogućeg poplavlivanja.

Osim pristupne ceste koja je nužna za funkcioniranje uređaja, projektom je bilo potrebno osigurati priključak na ostalu infrastrukturu, posebno električnu struju, radi nesmetanog funkcioniranja postrojenja uređaja za pročišćavanje (crpna stanica i kompresorska stanica, osvjjetljenje lokacije i sl.).

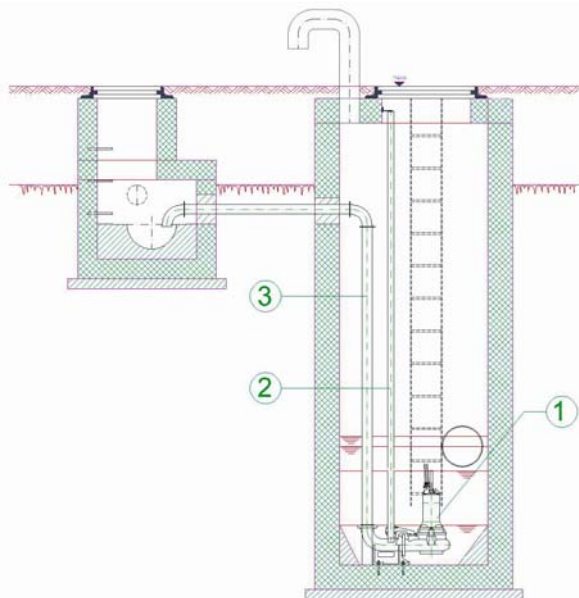
5. Dijelovi postrojenja i tehnološki proces uređaja

Dijelovi od kojih se sastoji uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na bazi aktivnog mulja prikazani su na lokaciji uređaja uz vodotok Iskrice na slici 4.



Slika 4. Položaj pojedinih dijelova uređaja na lokaciji (1. ulazna crpna stanica, 2. revizijsko okno, 3. primarna taložnica ili okno za grubo odmuljivanje, 4. biološki uređaj s bazenom i sekundarnom taložnicom, 5. izlazno kontrolno mjerno okno, 6. spremnici za mulj, 7. kompresorska stanica, 8. ispusna građevina)

Otpadna voda prije ulaska u crpnu stanicu prolazi kroz ulazno okno s grubom rešetkom s razmakom šipki od najmanje 5 cm. Na gruboj se rešetki zaustavljaju krupniji plivajući materijali (krpe, granje, lišće i sl.) da bi se zaštitile crpke u ulaznoj crpnoj stanici. Predviđeno je da



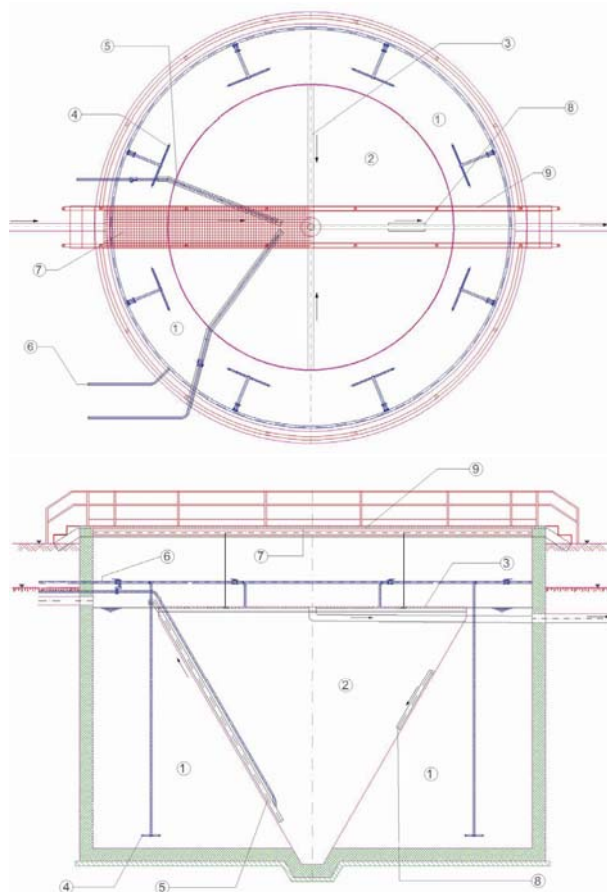
Slika 5. Ulazna crpna stanica (1. potopljena crpka, 2. vodilica za crpku, 3. tlačni vod)

se rešetka u oknu čisti ručno, a u skupljor se izvedbi može ugraditi i automatska rešetka ili još skuplje rotomat-

sito, čime bi se postigli još bolji rezultati u predtretmanu, ali bi znatno poskupilo uređaj. Otpadna voda na početku svoga hidrauličkog toka kroz uređaj dolazi na ulaznu crpnu stanicu koja vodu podiže na otprilike 1 m ispod izniveirane kote nasutoga terena u revizijsko okno (slika 5.).

Potom se otpadna voda iz revizijskog okna usmjerava prema osnovi za grubo odmuljivanje u kojem se uklanjaju krupnije plivajuće tvari u otpadnoj vodi. Glavna je funkcija okna za grubo odmuljivanje pri procesu pročišćavanja taloženje krupnijih plivajućih tvari iz otpadne vode kako ne bi dospjele u biološki stupanj pročišćavanja odnosno biološki bazen, a u nastavku i u sekundarnu taložnicu. Okno za grubo odmuljivanje ovdje je praktički u funkciji primarne taložnice koja je podijeljena na dva dijela i po sredini ima pregradu odnosno plivajuću zavjesu.

Iz primarne taložnice (okna za grubo odmuljivanje) otpadna se voda ulijeva u biološki kompaktni uređaj koji funkcionira po principu tehnologije aktivnog mulja (slika 6.).



Slika 6. Tlocrt i presjek biološkoga kompaktnog uređaja (1. biološki bazen, 2. sekundarna taložnica, 3. preljevni žlijeb, 4. aeratori, 5. cjevovodi za povratni mulj, 6. cjevovodi za dovod zraka, 7. pokrovna rešetka, 8. dotok u sekundarnu taložnicu, 9. čelični nosač)

Dno i zidovi kompaktnoga biološkog uređaja od armiranog su betona, u tlocrtu je uređaj uglavnom kružnog oblika (iako nisu isključeni i drugi oblici), a sastoji se od dva odvojena prostora. Vanjski je krug područje biološkog bazena gdje se obavlja aeracija otpadne vode, a unutarnji je krug prostor sekundarne taložnice za taloženje mulja. U biološkom se bazenu otpadne vode aeriraju i tako se stvaraju uvjeti koji pogoduju procesu biološke razgradnje. Količina je zraka za aeraciju dimenzionirana tako da jamči stalnu potrebnu koncentraciju kisika. Na taj su način stvoreni osnovni uvjeti za životne aktivnosti mikroorganizama, a kisik se unosi preko puhalo i potopljenih cjevastih aeratora (aeracija s finim mjehurićima). Naime kako mikroorganizmi za svoj život trebaju hranu i kisik, u procesu pročišćavanja iz otpadne vode uzimaju hranu u obliku organske materije, a na taj način pročišćavaju vodu, dok kisik istodobno dobivaju intenzivnom aeracijom. Pri takvom procesu biorazgradnje reducira se sadržaj organske tvari otprilike 95 posto.

Nakon aeracije otpadna voda, koja se sastoji od mješavine otpadne vode i aktivnog mulja, dolazi u sekundarnu taložnicu oblikovanu kao lijevka radi lakšega i bržeg taloženja čestica mulja.

Tijekom procesa taloženja dolazi do odvajanja mješavine aktivnog mulja i vode pri kojemu se odvaja biološka masa (mikrobiološki mulj) od otpadne vode, pa mulj zbog vlastite težine pada na dno u vrh lijevka. Ljevkast je unutarnji krug izveden od poliestera ili sličnih materijala, primjerice nehrđajućeg čelika. Izbistrena se voda preko križnog preljeva odvodi prema kontrolnom mjernom oknu i potom prema recipijentu.

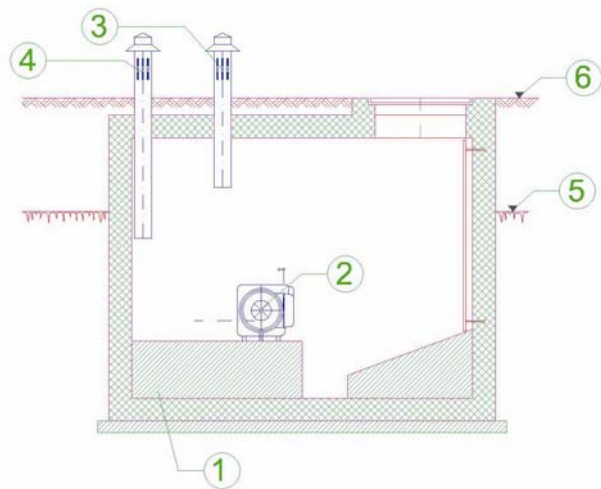
Aktivni se istaloženi mulj, koji čine flokule mikroorganizama (alge, bakterije, protozoe i sl.), iz sekundarne taložnice ponovno vraća u biološki bazen s pomoću velike crpke (zване mamut pumpa) i na taj se način proces pročišćavanja kontinuirano obnavlja.

Pri procesu pročišćavanja otpadnih voda obavlja se istodobna stabilizacija mulja tako da nakon određenog vremena dio mikroorganizama u vodi ugiba i tako se povećava koncentracija biološke mase u otpadnoj vodi. Takva biološka masa dodatno oksidira i mineralizira poradi produžene aeracije, pa se tako smanjuje ukupan volumen viška mulja.

Od slučaja do slučaja, najčešće prema potrebi, evakuira se suvišni mulj iz procesa pročišćavanja. To se postiže s pomoću druge velike crpke, a mulj se odlaže u silos gdje odleži i dozrijeva od najmanje šest mjeseci do najviše godinu dana. Iz silosa se prazni kada je potpuno biološki neopasan i odvozi na odlagalište, a nakon analize može se iskoristiti i kao visokokvalitetno gnojivo. Veličina se silosa za mulj određuje prema vrsti i načinu odlaganja mulja i prema predviđenim razdobljima pražnjenja.

Uređaj se uglavnom gradi pod zemljom, a može se pokriti plastičnim materijalima ili pocinčanom rešetkom radi zaštite od pada neželjenih tvari i predmeta u prostor uređaja (slika 6. – tlocrt).

U cijelom postupku pročišćavanja važnu ulogu imaju puhalo (kompresori). Puhala su nužna za pravilno doziranje kisika u procesu pročišćavanja otpadnih voda i za pravilno funkcioniranje uređaja. Zbog izolacije smještene su podzemno u posebnom oknu i u neposrednoj blizini biološkog bazena. Uglavnom su izdignuta od najniže točke okna, radi sprječavanja dodira s vlagom (slika 7.) [1], [3], [5], [6].



Slika 7. Presjek kompresorske stanice (1. betonski podest, 2. puhalo (kompresor), 3. odvod zraka, 4. dovod zraka, 5. kota prirodnog terena, 6. kota nasutog terena)

U slučaju nestanka struje na ulaznoj crpnoj stanici nije moguće podizati otpadnu vodu u uređaj jer su crpke izvan pogona. U tom se slučaju računa da je retencijski volumen ulazne crpne stanice i dolaznog cjevovoda dovoljan da spriječi prelijevanje otpadnih voda po okolnom terenu. Dakako uz pretpostavku da je nestanak struje kratkotrajan, a kad se radi o duljem nestanku tada se nepročišćena voda mora ispuštati izravno u vodotok za što se može predvidjeti i zaobilazni kanal [7].

6 Zaključak

Cjelokupno postrojenje biološkoga kompaktnog uređaja na osnovi aktivnog mulja sa svim pratećim sadržajima čini jedinstvenu tehnološku cjelinu i pruža visok stupanj zaštite recipijenta jer takav uređaj jamči pročišćavanje otpadnih voda od najmanje 95 posto, a u idealnim uvjetima čak i 98 posto. Naime pri pravilnom funkcioniranju uređaja prisutnost BPK₅ u pročišćenoj otpadnoj vodi pada ispod 20 mg/l, a to daje mogućnost ispuštanja pročišćene vode u II. kategoriju vodotoka odnosno u podzemlje preko upojnih bunara prema Pravilniku o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpad-

nim vodama. Prednosti su takvih postrojenja u odnosu na druge vrste tipiziranih uređaja na tržištu dugi vijek trajanja ugrađenih dijelova, mogućnost daljinskog upravljanja postrojenjem, dugo zadržavanje i dozrijevanje mulja s mogućnošću potpune stabilizacije i dodatnog iskorištavanja. Također za normalno funkcioniranje bioloških procesa na uređaju nije potrebno dodavanje bioloških aktivatora za poboljšanje rada uređaja. Vizualno se uređaji dobro uklapaju u okoliš s obzirom da se svi dijelovi uređaja nalaze ispod zemlje.

Važno je svojstvo takvih uređaja što je pogon uređaja potpuno automatiziran. Kada se na njemu jednom uspostavi biološki proces, to omogućuje kvalitetno funkcioniranje

uređaja i pri promjenjivom hidrauličkom dotoku, a samim tim i promjenjivome ulaznome organskom opterećenju u sirovoj otpadnoj vodi. Sve se to postiže isključivo pravilnim doziranjem zraka.

Stoga je sa stajališta zaštite okoliša odnosno recipijenta riječ o preporučljivom načinu pročišćavanja otpadnih voda za manja naselja, poslovne zone, turističke komplekse i slične sadržaje s kapacitetom do 2000 ekvivalentnih stanovnika. Uređaji s aktivnim muljem su posebno pogodni za izdvojena i udaljena naselja za koje je preskupo spajanje na velike sustave odvodnje. Zbog visoke razine pročišćavanja posebno su pogodni za naselja u blizini vodozaštitnih područja.

LITERATURA

- [1] *Idejni projekt uređaja za pročišćavanje otpadnih voda naselja Šaptinovci i Bokšić*, Aquacon, Zagreb, 2001.
- [2] Navrboc, I.: *Javni sustav odvodnje općine Jakovlje*, Građevinar 59 (2007), 7, 617-623
- [3] Lautrich, R.: *Der Abwasserkanal*, Handbuch für Planung, Ausführung und Betrieb, Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, 1980.
- [4] Imhoff, K.; Imhoff, K. R.: *Taschenbuch der Stadtentwässerung*, Oldenbourg Industrieverlag, München-Wien, 1993.
- [5] Gulić, I.: *Kondicioniranje vode*, Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb, 2003.
- [6] Hosang, W.; Bischof, W.: *Abwassertechnik*, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart-Leipzig, 1998.
- [7] Margeta, J.: *Kanalizacija naselja*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 1998.