



VREDNOTENJE KAKOVOSTI AKTIVNEGA BLATA KOMUNALNE OZIROMA INDUSTRIJSKE BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE

**mag. BARBARA BRAJER HUMAR¹, dr. MARJETKA STRAŽAR²,
dr. MARJETKA LEVSTEK³**

Povzetek

Kontrola procesa čiščenja odpadne vode na komunalni ali industrijski čistilni napravi poteka z rednim obratovalnim monitoringom ter spremljanjem tehnoloških parametrov z namenom zagotoviti ustrezen učinek čiščenja in skladnost z veljavnim okoljevarstvenim dovoljenjem. Poleg fizikalno-kemijskih parametrov je priporočljivo spremljati tudi kakovost aktivnega blata z mikroskopsko analizo, ki je hitra, poceni in učinkovita metoda v realnem času. Za pravilno vrednotenje rezultatov mikroskopske slike so predvsem pomembni znanje in izkušnje ter povezava s tehnološkimi parametri procesa čiščenja.

Na primeru smo prikazali celotno pot reševanja problematike pojava penjenja aktivnega blata na čistilni napravi z identifikacijo, prepoznavanjem težav na čistilni napravi ter vzpostavitev ustreznih tehnoloških parametrov, s katerimi smo omejili rast nitaste bakterije in s tem penjenje.

Komunikacija biologov/mikrobiologov s tehnologi/operatorji čistilnih naprav je nujna zaradi kontrole procesa čiščenja, ugotavljanja stanja ter napovedovanja posledic v procesu čiščenja odpadne vode za skladnost delovanja čistilne naprave z okoljevarstvenim dovoljenjem.

Ključne besede: aktivno blato, biološka čistilna naprava, industrijska čistilna naprava, kakovost aktivnega blata, komunalna čistilna naprava, nitasti mikroorganizmi

Abstract

Only with the full set of measurements can give insight into the functioning of the WWTP and includes monitoring of the technological parameters as an integral part of the process control is also evaluating the quality of the activated sludge. Control of activated sludge through microscopic analysis that is fast, cheap and effective real time method and serves as an added value to technological parameters. To properly evaluate the results of the

¹ Mag. Barbara Brajer Humar, univ. dipl. biol., vodja za kakovost in analitik, JP CČN Domžale - Kamnik, d. o. o.

² Dr. Marjetka Stražar, univ. dipl. biol., direktorica, JP CČN Domžale - Kamnik, d. o. o.

³ Dr. Marjetka Levstek, univ. dipl. inž. kem., vodja laboratorija, JP CČN Domžale - Kamnik, d. o. o.



microscopic images are particularly important experience and connection with the technological parameters of the treatment process.

We presented how to identify and solve the problem of the occurrence of filamentous bacteria in wastewater treatment plants through identification of problem and the establishment of appropriate technological parameters which limit the growth of filamentous bacteria.

Communication between biologists/microbiologists and operators of wastewater treatment plants is necessary mainly due to the process control and forecasting the effects of process wastewater treatment for the effectiveness of the treatment plant.

1. UVOD

Upravljalci bioloških čistilnih naprav (BČN) večinoma vedo, katere fizikalne, kemijske in biološke meritve oziroma monitoring potrebujejo, da ovrednotijo kakovost čiščene odpadne vode na iztoku iz čistilne naprave. Tako nabor parametrov kot pogostost meritev sta natančno navedena v okoljevarstvenem dovoljenju (OVD), prav tako je znan tudi izvajalec monitoringa, ki mora biti pooblaščen in akreditiran. Ta del zgodbe je popolnoma jasen, drugi del zgodbe, ki jo nekateri imenujejo procesna kontrola, drugi operativno vodenje, pa je, žal, marsikje zelo pomanjkljiv, kar povzroča slabše delovanje BČN in posledično slabo kakovost iztoka iz čistilne naprave. Procesna kontrola je izvajanje rednih meritev poleg predpisanega monitoringa, ki so rezultat laboratorijskih analiz, ter meritev »on-line« in so za tehnologe skupaj z ostalimi podatki o BČN osnova pri vodenju biološkega procesa čiščenja odpadne vode v smeri čim višje učinkovitosti delovanja in kakovosti iztoka, ki je v skladu z zahtevami OVD. Samo s celotnim naborom meritev in analiz lahko dobimo vpogled v delovanje BČN, in to vključuje spremljanje fizikalno-kemijskih in bioloških parametrov, sestavni del procesne kontrole pa je tudi vrednotenje kakovosti aktivnega blata, kar je tema pričujočega prispevka.

Kot del rednega monitoringa odpadne vode je priporočljiva redna kontrola in vrednotenje aktivnega blata zaradi preprečevanja težav v tehnološkem procesu, ki jih ostali tehnološki parametri ne zaznavajo, da zagotovimo visoko kakovosten iztok iz BČN. Kontrola aktivnega blata poteka z mikroskopsko analizo, ki je hitra, poceni in učinkovita metoda v realnem času in nam služi kot dodana vrednost tehnološkim parametrom. Za pravilno vrednotenje rezultatov mikroskopske slike so predvsem pomembni znanje in izkušnje ter povezava s tehnološkimi parametri procesa čiščenja.

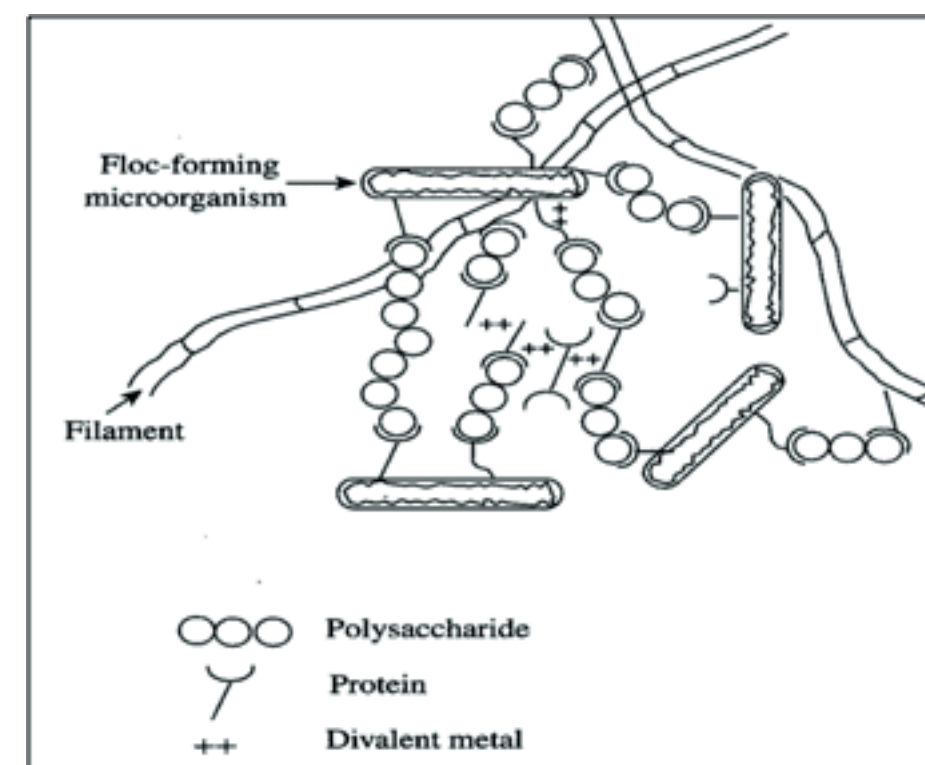
Timsko delo interdisciplinarnega tima zaposlenih na čistilni napravi omogoča skladnost delovanja čistilne naprave z okoljevarstvenim dovoljenjem.

2. AKTIVNO BLATO

2.1. Značilnosti aktivnega blata

Osnovna enota aktivnega blata je flokul, ki ga sestavljajo mikrokolonije različnih mikroorganizmov. Sestavljajo ga še organski in anorganski delci (Toman in Rejic, 1984). V aktivnem blatu je suspenzija flokul, v kateri so prisotne tri skupine mikroorganizmov: bakterije, praživali (Protozoa) in mnogoceličarji (Metazoa), ki imajo vzpostavljeno določeno hierarhijo, ki se odraža v učinkoviti razgradnji odpadnih voda (Novozymes, 2007). Odpadna voda z raztopljenimi, koloidnimi in suspendiranimi organskimi ter anorganskimi snovmi je življenjsko okolje za mikroorganizme v aktivnem blatu.

Flokulacija oziroma tvorba kosmov je sposobnost mikroorganizmov, da se med sabo spojijo in v to strukturo povežejo organske in anorganske snovi (slika 1). Mehanizem tvorbe kosmov ni popolnoma znan. Verjetno gre za proces, kjer biološki polimeri tvorijo mostove med mikroorganizmi. Pri nevtralnem pH imajo ti polimeri negativni naboj in pritegnejo dvovalentne ione (Ca, Mg), tako ustvarijo mrežo za mikroorganizme. Oblika kosma je odvisna od oblike mikroorganizmov (Jenkins in sod., 2004).



Slika 1: Shematski prikaz tvorbe kosma (vir: Jenkins in sod., 2004)

Med predstavnike skupin protoza in metazoa uvrščamo spremljajočo združbo. Protoza so enoceličarji, ki so gibljivi ali pritrjeni. V to skupino spadajo amebe, bičkarji, plavajoči migetalkarji ali pritrjeni migetalkarji. Metazoa so večcelični organizmi, med katerimi največkrat prepoznamo kodačnike, gastrotrihe, aelosomo, tardigrade, gliste itd.



Nekateri organizmi spremljajoče združbe se kot indikatorski organizmi glede na pogoje v procesu pojavijo v različnih oblikah ali pa je že njihova prisotnost oziroma odsotnost pokazatelj bodisi spremembe v kakovosti odpadnih voda ali načina obratovanja BČN. Praktično lahko za vsak organizem v spremljajoči združbi prepoznamo pogoje, pri katerih se pojavi. Pomembno je, da vemo, kateri od organizmov spremljajoče združbe odraža dobro delovanje BČN in kateri izmed njih je pokazatelj slabega delovanja.

Sprememba v kakovosti odpadnih voda ne vpliva samo na spremljajočo združbo, temveč tudi na strukturo kosmov in na rast določenih tipov nitastih (filamentoznih) mikroorganizmov. Ti so prisotni na vseh BČN, vendar določene spremembe v kakovosti odpadnih voda (npr. povečana koncentracija lahkih komponent ali maščobnih kislin, pomanjkanje nutrientov, nizek pH, koncentracija raztopljenega kisika itd.) sprožijo čezmerno razrast teh mikroorganizmov, kar lahko povzroči resne težave pri upravljanju BČN. V aktivnem blatu je prepoznanih 30–80 morfoloških oblik nitastih mikroorganizmov, med njimi so večinoma bakterije. Njihove karakteristike še niso čisto znane, zato se samo nekatere navajajo z imenom (npr. *Spaerotilus natans*), ostale so označene s številko tipa (npr. tip 0041, tip 021 itd.).



Slika 2: Težave zaradi čezmerne razrasti nitastih bakterij (vir: <http://www.asissludge.com>)

Nitasti mikroorganizmi so vedno prisotni v aktivnem blatu. Če so prisotni v zelo majhnem številu, potem celo izboljšujejo kakovost aktivnega blata, saj prispevajo k stabilnosti kosma tako, da tvorijo trdno ogrodje (slika 1) in s tem preprečujejo, da bi kosmi razpadejo zaradi turbulence ali prezračevanja. Če se njihovo število znatno poveča, govorimo o čezmerni razrasti, povzročajo težave s penjenjem ali z napihovanjem. Nitasti mikroorganizmi rastejo kot notranji, zunanji ali prosto plavajoči filamenti. Notranji filamenti delujejo kot nekakšna spužva. Takšno aktivno blato se težko useda in slabo centrifugira. Filamenti v notranjosti kosma so zelo pogosti, vendar jih zaposleni na BČN pogostokrat spregledajo, ker se nahajajo znotraj kosma, na njihovo prisotnost pa nas opozarja predvsem velika količina neraztopljenih snovi v iztoku iz BČN.

Zunanji filamenti so tisti, ki se nahajajo v medprostoru in tvorijo mostove med kosmi. Ta tip filamentov sicer omogoča, da se oblika kosma ohrani, preprečujejo pa kompaktiranje aktivnega blata. Takšno blato teži k flotiranju. Prosto plavajoči filamenti povzročajo penjenje, pojav sluzi ali

napihovanje (Jenkins in sod., 2004). Neobvladovanje rasti nitastih mikroorganizmov lahko pripelje do popolnega kolapsa na BČN. Pomembno je, da rast nitastih mikroorganizmov spremljamo in da imamo znanje ter izkušnje, da tip filamenta prepoznamo, tako bomo lahko tudi odstranili vzroke, ki so povzročili njihovo razrast. Izkušnje tudi kažejo, da je za odpadne vode z določenimi lastnostmi treba izbrati ustrezno tehnologijo, predvsem pa ustrezno procesno vodenje.

Težave z nitastimi mikroorganizmi so poznali že pred II. svetovno vojno in že zelo zgodaj v razvoju procesov z aktivnim blatom ugotavljali zvezo med konfiguracijo prezračevalnih bazenov in med zmogljivostjo usedanja aktivnega blata. Zato je pomembno, da projektanti BČN že v izhodiščih tesno sodelujejo s skupino, ki bo to napravo upravljala. V praksi se je že pokazalo, da so napake v projektiranju, npr. napačno izbrano mesto odvzema odvečnega blata, povzročile obilno rast „nokardioformnih“ nitastih mikroorganizmov predvsem pri odpadnih vodah, ki vsebujejo veliko enostavnih maščobnih kislin. Ti nitasti mikroorganizmi so hidrofbni in se prehranjujejo z enostavnimi maščobnimi kislinami, razmnožujejo pa se večinoma v peni in pri tem izločajo biopovršinske snovi (biosurfaktanti). Če je mesto odvzema odpadnega blata pod peno, to ne vpliva na rast in razmnoževanje «nokardioformnih» nitastih mikroorganizmov, količina pene se povečuje, kar lahko pripelje do stanja, ki ga prikazuje slika 2.

V preglednici 1 so navedeni vzroki pojava nekaterih tipov nitastih mikroorganizmov in načini obvladovanja njihove rasti.

Preglednica 1: Vzroki pojava nekaterih tipov nitastih mikroorganizmov in načini obvladovanja njihove rasti

Vzrok pojava	Tip filamenta	Kontrola
nizka koncentracija O ₂	Tip 1701, <i>S. natans</i> ; <i>H. hydrossis</i>	*kontrola: konc. kisika, F/M
nizek F/M	<i>M. parvicella</i> ; <i>Nocardia</i> sp.; <i>H. hydrossis</i> ; tipi 021; 0041; 0675; 0092 ; 1803; 1851	povečati: povratno blato, odvzem blata
veliko lahko razgradljivih substratov (npr. enostavne org. kisline)	<i>Thiotrix</i> I, II, tipi: 021, 0914, 0411, 0961	selektor (aeroben, anoksičen, aeroben), dodajanje nutrientov, odstraniti sulfid
prisotnost sulfida	<i>Thiotrix</i> sp, <i>Beggiatoa</i> , tip 021, tip 0914	pred aeracijsko stopnjo
pomanjkanje nutrientov	tip 021; tip 0041	dodajanje nutrientov glede na BPK
P	<i>S. natans</i> ; <i>H. hydrossis</i> ; <i>N. limicola</i> III	dodajanje nutrientov glede na BPK
N	<i>Thiotrix</i> sp,	dodajanje nutrientov glede na BPK
nizka pH vrednost	glive	dvig pH
veliko masti/olj	<i>Nocardia</i> sp., <i>M. parvicella</i> , tip 1863	optimiziranje primarne stopnje; *bioaugmentacija

Vir: Jenkins in sod., 2004.



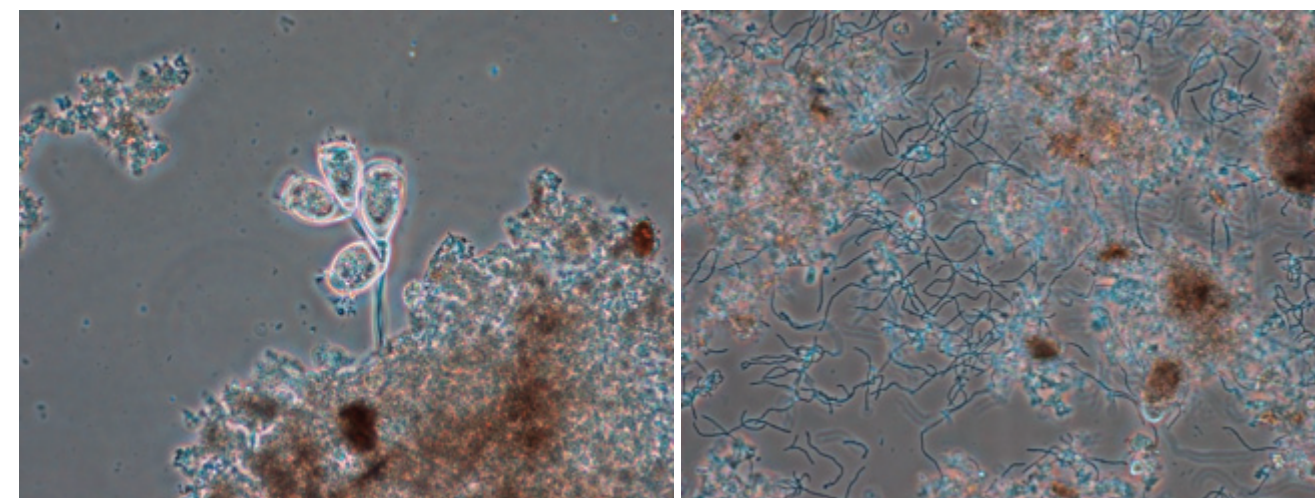
Glede na znanje in izkušnje o aktivnem blatu se upravičeno sprašujemo, kaj je dobra kakovost aktivnega blata. Ta je na različnih BČN različna, saj strukturo kosma narekujejo odpadna voda in procesni parametri. Dejstvo je, da težimo k temu, da je čim več blata formiranega v kosmih, saj je to pogoj za dobro usedanje. Bolj je blato razpršeno, slabše se useda. Pomembna je tudi prisotnost tistih organizmov spremljajoče združbe, ki so pokazatelj dobrega delovanja (npr. pritrjeni migetalkar *Suctorina*, ki je pokazatelj učinkovite nitrifikacije), ne smemo zanemariti prisotnosti nitastih mikroorganizmov, teh je lahko samo toliko, da ne vplivajo na strukturo kosma in da ne povzročajo penjena ali napihnenosti aktivnega blata.

2.1.1. Podobnosti in razlike med aktivnim blatom industrijske in komunalne čistilne naprave

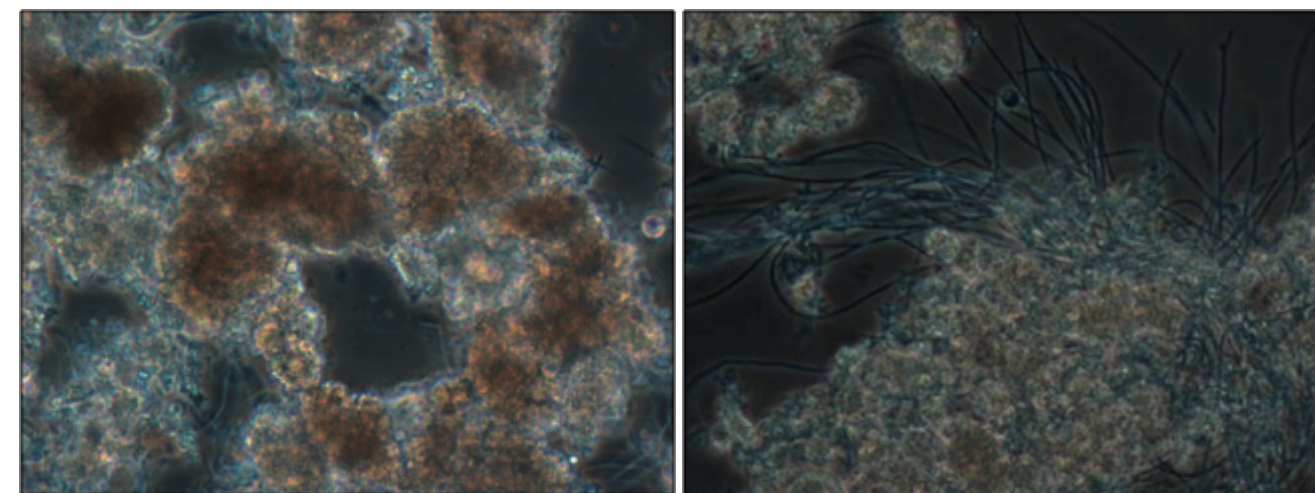
Principi mikrobiološke razgradnje komunalnih in industrijskih odpadnih voda so popolnoma enaki. Bistvene razlike, predvsem v videzu aktivnega blata (oblika kosma, prisotnost specifičnih mikroorganizmov) na industrijski BČN, so posledica večje raznolikosti v sestavi industrijskih odpadnih voda. Te vsebujejo celo paleto snovi, ki so lahko biorazgradljive, nerazgradljive ali celo strupene, temperatura ali pH lahko vplivata tudi na aktivno biomaso. Vsaka industrijska branža ima svojevrstno sestavo odpadnih voda, v primeru zelo raznovrstne proizvodnje se mikroorganizmi v aktivnem blatu nahajajo ves čas ali v pogojih stradanja ali v pogojih preobilja hrane, zato se struktura kosma, predvsem pa celotna sestava aktivnega blata spreminja.

Biološka rast je odvisna od ustreznega razmerja C : N : P (optimalno 100 : 5 : 1), v industrijskih odpadnih vodah je to razmerje zaradi visokih organskih obremenitev neugodno. Pri komunalni odpadni vodi je optimalno razmerje KPK/BPK 2 : 1, pri industrijski pa je običajno nižje, in sicer po navadi 4 : 1. Zato so mikroorganizmi, ki so sicer odgovorni za biološko razgradnjo odpadnih voda (oksidacija organskih snovi, nitrifikacija, denitrifikacija, razgradnja fosforja), v svoji rasti omejeni, namesto njih pa se razvijejo tisti mikroorganizmi, ki so v teh pogojih bolj konkurenčni. Tako je pojav sluzi ali specifičnih nitastih bakterij (npr. tip 021, tip 0041) v aktivnem blatu posledica pomanjkanja nutrientov v odpadni vodi, kar vodi v slabšo učinkovitost BČN in slabšo kakovost iztoka. Na industrijskih BČN zato v odpadno vodo dodajajo zunanji vir N in P (npr. urea, fosforna kislina) in s tem ohranjajo ustrezne pogoje za učinkovito mikrobiološko razgradnjo odpadne vode.

Sliki 3 in 4 prikazujeta primere dobrega in slabega aktivnega blata komunalne in industrijske ČN.



Slika 3: Levo: primer dobrega aktivnega blata; desno: primer slabega aktivnega blata komunalne ČN (vir: JP CČN Domžale - Kamnik, d. o. o.)



Slika 4: Levo: primer dobrega industrijskega aktivnega blata; desno: primer slabega industrijskega aktivnega blata (vir: JP CČN Domžale - Kamnik, d. o. o.)

Komunalne BČN se večinoma ne srečujejo s tako velikimi spremembami v kakovosti odpadne vode na vtoku, nihanja so predvsem v količini odpadne vode pri mešanih kanalizacijskih sistemih v času padavin.

2.2. Spremljanje kakovosti aktivnega blata

Spremljanje kakovosti aktivnega blata na BČN je nujno v povezavi s tehnološkimi parametri, saj proces razgradnje odpadne vode opravijo mikroorganizmi. Lahko se zgodi, da so rezultati na iztoku iz BČN odlični oziroma v skladu z zakonodajo, stanje blata pa je slabo, kar se bo na kakovosti iztoka pokazalo naslednji dan ali šele v nekaj dneh. To pomeni, da lahko v okviru danih možnosti na BČN (odvzemi odvečnega blata, vračanje aktivnega blata, prezračevanje, uravnavanje razmerja C : N : P ipd.) ukrepamo in posledice preprečimo ali jih vsaj omejimo. Predvsem je pomembno, da biološki proces razgradnje odpadnih vod ves čas obvladujemo. Danes poznamo številne tehnike spremljanja mikroorganizmov in z njimi povezane instru-



mente, vendar omenjamo samo tiste tehnike, ki so primerne za vsak laboratorij na BČN in jih zaposleni lahko rutinsko izvajajo kot eno izmed rutinskih metod kontrole procesa čiščenja.

Strukturo aktivnega blata spremljamo s pomočjo mikroskopa. Za potrebe procesne kontrole je lahko enostaven binokularni fazno-kontrastni mikroskop, z dvema objektivoma z 10-kratno in 100-kratno povečavo (pri tej povečavi uporabljamo imerzijsko olje) in okularjem z 10-kratno povečavo. Če sumimo na prisotnost nitastih mikroorganizmov, vendar jih v faznem kontrastu ne opazimo, to preverimo z barvanjem preparatov in opazovanjem le-teh pri 1000-kratni povečavi in brez faznega kontrasta. Na ta način opazimo tudi filamente, ki se nahajajo v kosmu. V procesni kontroli na BČN običajno izvajamo tehniki barvanja po Gramu in po Neisserju. Pomembna, predvsem pa enostavna metoda, ki nam pove, koliko je v aktivnem blatu prisotne sluzi, je reverzno barvanje s črnilom (India ink). Mikroorganizmi v pogojih, ko jim primanjkuje dušika in fosforja, torej nutrientov, ki jih nujno potrebujejo za rast in razmnoževanje, izločajo veliko sluzi. To so v bistvu izvencelični polimeri, predvsem polisaharidi. Sluz, ki je posledica za mikroorganizme neugodnega razmerja C : N : P v odpadni vodi, lahko opazimo že s prostim očesom, če aktivno blato pogledamo v merilnem valju.

Poleg mikroskopske slike in fizikalno-kemijskih in bioloških parametrov (vsaka BČN jih mora glede na specifičnost naprave opredeliti v smiselnem obsegu) spremljamo tudi volumenski indeks blata (VIB) in obremenitev blata (F/M razmerje). Pomembno je tudi dejstvo, da imajo pene in aktivno blato različno starost blata.

Če tehnologi/operaterji upoštevajo le procesne parametre brez mikroskopske analize, lahko le-to privede do napačnih odločitev in kolapsa delovanja BČN.

3. PRAKTIČNI PRIMER

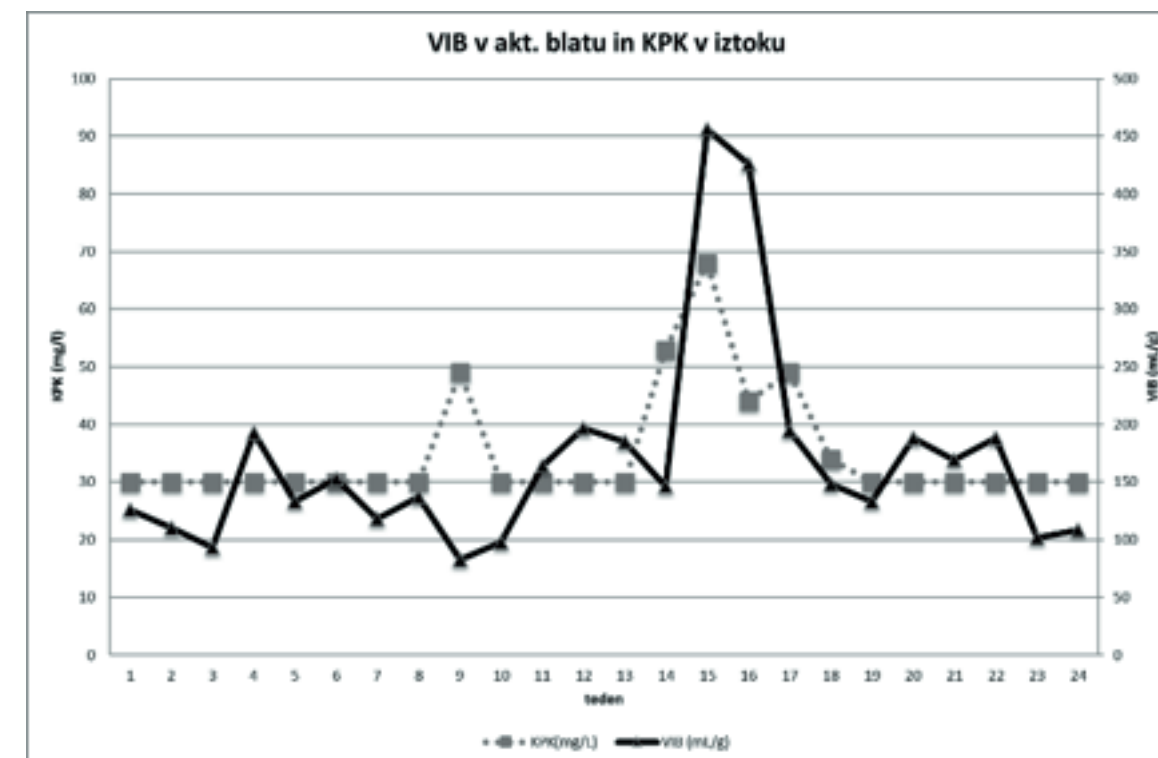
Na praktičnem primeru prikazujemo način odločanja o načinu vodenja komunalne čistilne naprave (CČN) s pomočjo mikrobiološke analize sestave aktivnega blata zaradi zagotovitve ustrezne kakovosti čiščene vode in stabilnih procesnih razmer. Na komunalni čistilni napravi večkrat letno opazamo povečanje koncentracij KPK, BPK5 in neraztopljenih snovi na iztoku v vodotok. V prezračevalnih bazenih se v času povečanja omenjenih parametrov pojavlja napihnjeno aktivno blato, ki se težko useda in posledično izplavlja v iztok. Ker na čistilno napravo doteka mešanica komunalne, industrijske in padavinske vode, se sestava odpadne vode ves čas spreminja in tako vpliva na sestavo in aktivnost mikroorganizmov v aktivnem blatu.

Analizo sestave vtoka in iztoka iz čistilne naprave smo spremljali 24 tednov. Na vtoku v čistilno napravo so se pH-vrednosti gibale od 7,3 do 8,0, temperatura je bila nad 15 °C. Vrednosti KPK so se gibale od 116 mg/L do 875 mg/L, vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ od 5 mg/L do 45 mg/L, vrednosti P od 1,20 mg/L do 12,00 mg/L, vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ od < LOD mg/L do 1,6 mg/L in vrednosti $\text{NO}_2\text{-N}$ od < LOD mg/L do 0,65 mg/L. Iz rezultatov je razvidno, da se je kakovost odpadne vode na vtoku v čistilno napravo znotraj opazovanega obdobja zelo spreminjala.

Na iztoku iz čistilne naprave so se pH-vrednosti gibale od 6,8 do 7,3 ter vrednosti KPK od 30 mg/L do 68 mg/L, vrednosti $\text{NH}_4\text{-N}$ od < LOD mg/L do 5,13 mg/L, vrednosti P od 1,12 mg/L do 6,40 mg/L, vrednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ od 4,10 mg/L do 38,10 mg/L in $\text{NO}_2\text{-N}$ od < LOD mg/L do 0,57 mg/L. Iz rezultatov ugotavljamo, da so bili znotraj opazovanega obdobja vsi parametri znotraj zakonsko predpisanih vrednosti. Natančna analiza opazovanega obdobja pa je pokazala, da je prišlo do povečanja KPK na iztoku nad 30 mg/L sočasno s povečanim VIB blata.

3.1. Rezultati analiz aktivnega blata

V obdobju razrasti nitaste bakterije je prišlo do velike spremembe predvsem v parametru usedljive snovi, kar je vplivalo na VIB. Usedljive snovi so se v prezračevalnem bazenu gibale od 299 mL/L do 960 mL/L, primerno temu se je spreminjal tudi VIB, ki je bil v razponu od 83 mL/g do 456 mL/g. Na sliki 5 sta prikazana parametra KP in VIB. VIB nad 200 mL/g že povzroča težave pri čiščenju odpadne vode zaradi slabše usedljivosti v naknadnih usedalnikih, kar povzroči odplavljanje biomase in neustrezen iztok. Zato je zelo pomembno, da se VIB ohranja pod 200 mL/g. Razmerje F/M je bilo nizko (okoli 0,02 kg BPK5/kg MLSS na dan). Starost blata na čistilni napravi se je gibala med 16 in 30 dni.



Slika 5: Prikaz rezultatov spremljanja KPK na iztoku iz CČN in VIB v vzorcih aktivnega blata v prezračevalnih bazenih CČN. (*KPK 30 mg/l ponazarja vrednost pod LOD.)

Aktivno blato smo mikroskopsko opazovali in po potrebi izvedli mikroskopsko analizo vsak dan. Na sliki 6 je prikazan posnetek pen v prezračevalnem bazenu, na sliki 7 pa je prikazana mikroskopska slika kosmov in filamentov. Iz mikroskopske slike je razvidno, da je prisotna nitasta bakterija, ki je dolga do 30 μm , debelina nitke je okoli 1,0 μm in ni prisotna samo v medprostoru med flokulami, temveč tudi v notranjosti kosmov. Glede na velikost in obliko

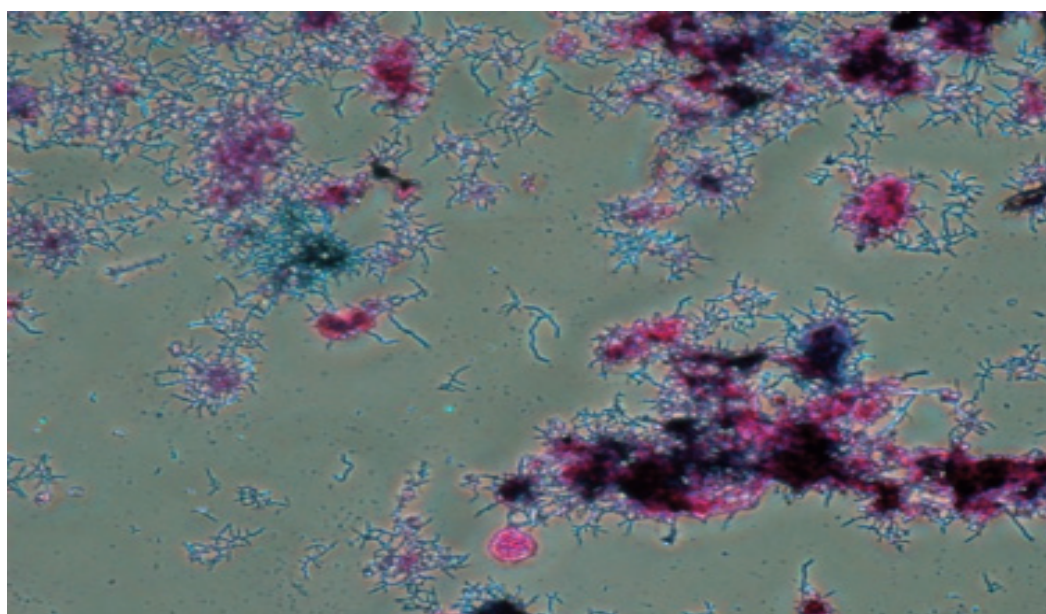


nitke ter težav z usedljivimi snovmi zaradi penjenja in napihnjenosti aktivnega blata smo domnevali, da gre za prisotnost »nokardioformne aktinomicete«.



Slika 6: Posnetki prezračevalnega bazena ČČN s penami

Da bi določili osnovno razvrstitev opazovane nitaste bakterije in prepoznali njene morfološke karakteristike, smo preparate barvali po Gramu.



Slika 7: Mikroskopski posnetek barvanega preparata po Gramu (fazni kontrast, 1000-kratna povečava)

Iz izvedenega mikroskopskega pregleda aktivne biomase je razvidno:

- kosmi: srednje veliki, nepravilnih oblik, razpršeni,
- filamentni nitasti bakterij pogosti, v kosmih in med kosmi,
- prisotni anorganski kristali,
- prisotne proste celice,
- spremljajoča združba v sledovih: bičkarji, pritrjeni in prosto plavajoči migetalkarji (*Vorticella*, *Stentor*, *Paramecium*).

Glede na prepoznane lastnosti lahko z veliko verjetnostjo trdimo, da so bile prisotne nitaste bakterije »nokardioformne aktinomicete« v aktivnem blatu.

3.1.1. Reševanje problema penjenja aktivnega blata

Nabor meritev na posameznih vzorcih je bil izbran tako, da smo z rezultati dobili čim boljše sliko o kakovosti odpadnih voda na vtoku v čistilno napravo kot tudi o učinkovitosti čiščenja v posamezni fazi čiščenja, ter čim več informacij o strukturi aktivnega blata. Ne glede na velika nihanja na vtoku v čistilno napravo pa smo na iztoku iz čistilne naprave ohranjali v vseh parametrih stabilno kakovost očiščene odpadne vode. Vrednosti KPK na iztoku so bile skladne z okoljevarstvenim dovoljenjem (OVD). Stabilen iztok iz čistilne naprave je možno kljub velikim nihanjem na vtoku doseči samo s sodelovanjem zaposlenih, ki čistilno napravo optimalno upravljajo.

V opazovanem obdobju smo vsak dan spremljali tudi mikroskopsko sliko. Opazili smo razrast bakterije, ki spada med nokardioformne aktinomicete. Pogoji za povečano rast nokardioformnih aktinomicet, ki prevladujejo v aktivni biomas in penah, so:

- visoka koncentracija maščob in olj,
- nizek F/M,
- recirkulacija pen,
- $T > 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

V obdobju penjenja aktivnega blata smo za preprečitev nadaljnjih težav izvedli naslednje ukrepe:

- tuširanje in potapljanje pen z vodo,
- dodajanja kemijskih preparatov (antipenilcev in flokulantov),
- povečanje odvajanja blata in posledično zmanjšanje starosti blata.

Po vzpostavitvi ukrepov se je stanje glede na usedljive snovi začelo izboljševati v 17. tednu vzorčenja. V osmih dneh smo z ukrepi dosegli približno normalne vrednosti usedljivih snovi (400 mL/L) in VIB (108 mL/g). Tudi mikroskopsko smo opazili, da se je v aktivnem blatu zmanjšala razrast nokardioformnih aktinomicet.

Na primeru smo dokazali, da je možno z natančnim poznavanjem tehnologije, analizami in meritvami, predvsem pa z dobrim timom ljudi, ne glede na velike spremembe, ki se dogajajo v kakovosti odpadnih voda na vtoku v čistilno napravo, dosegati visoko učinkovitost čiščenja in stalno kakovost iztoka, ki je v skladu z OVD in zakonodajo.

4. ZAKLJUČEK

Penjenje in napihovanje blata kot posledica rasti nitastih bakterij povzroča velike težave upravljavcem bioloških čistilnih naprav, čeprav tega po rezultatih na iztoku včasih ne bi mogli sklepati. Upravljanje biološke čistilne naprave je zaradi penjenja in napihovanja blata veliko zahtevnejše, saj morajo tehnologi usmerjati proces tako, da kljub težavam s kakovostjo aktivnega blata na iztoku dosegajo vrednosti parametrov, ki so skladne z OVD. Preprečiti morajo tudi odplavljanje napihnjenega blata v iztok in posledično v vodotok, kamor se čiščene odpadne vode odvajajo. Tudi Pal in ostali (2014) navajajo, da čezmerna rast nitastih bakterij lahko povzroča okoljske, tehnološke in zdravstvene težave (zaradi odplavljanja aktivnega blata).

Poleg mikroskopske slike in fizikalno-kemijskih in bioloških parametrov, ki jih mora vsaka BČN glede na specifičnost naprave opredeliti v smiselnem obsegu, spremljamo tudi volumenski indeks blata (VIB) in obremenitev blata (razmerje F/M). Upoštevati je treba tudi dejstvo, da imajo pene in aktivno blato različno starost blata. Če tehnologi/operatorji upoštevajo le procesne parametre brez mikroskopske analize, lahko to privede do napačnih odločitev in kolapsa delovanja BČN.

Na primeru smo prikazali celotno pot reševanja problematike pojava nitastih bakterij na čistilni napravi s prepoznavanjem težav na čistilni napravi ter z vzpostavitvijo ustreznih tehnoloških parametrov, s katerimi omejimo rast nitaste bakterije.

LITERATURA IN VIRI

1. A guide to the higher life forms in biological wastewater treatment system. Novozymes: 18. 2013.
2. <http://www.asissludge.com/>.
3. http://www.asissludge.com/NeisGram.htm#Gram_Staining.
4. Jenkins, D., Richard, M. G., Daigger, G. T.: Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming and other solids separation problems, 3th edition. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2004.
5. Pal, P., Khairnar, K., Paunikar, W. N.: Causes and remedies for filamentous foaming in activated sludge treatment plant. Global NEST Journal, Vol 16, No 4, str. 762–772. 2014.
6. Roš, M.: Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod. Zbirka Zelena Slovenija. Celje: Medium d. o. o., 2015.
7. Toman, J. M., Rejic, M.: Naučni skup I savjetovanje, letnik 1, št. 2: str. 509-513. 1984.