

BIOFILM

Mikroorganizme, ki rastejo na nosilcu imenujemo biofilm ali biološka prerast. Biofilm je lepljiv, želatinast in vsebuje veliko raznovrstnih populacij živih organizmov. Uporablja se za procese biološkega čiščenja.

Sistem s pritrjeno biomaso so začeli intenzivno raziskovati ob koncu stoletja. Študije so pokazale, da so ti sistemi zaradi svojih lastnosti, katere so omenjene v nadaljevanju, lahko veliko bolj uporabni od sistema z razpršeno biomaso. Biološko čiščenje industrijskih odpadnih vod z uporabo biofilma na nosilcu zadnje čase testirajo tudi v Domžalski čistilni napravi.

UPORABA BIOFILMA

Sistemi, ki vsebujejo pritrjeno biomaso na nosilcu, opravljajo enako nalogo kot prezračevalniki z razpršenim aktivnim blatom. Se pravi, da odpadno vodo spravijo v kontakt z mikroorganizmi, kateri porabijo organska hranila in snovi v odpadni vodi za potrebe metabolizma, rasti in razmnoževanja. Da pa mikroorganizmi pretvorijo organske snovi v anorganske in v novo biomaso, potrebujejo kisik, ki mora priti v stik z odpadno vodo in mikroorganizmi. Takšne mikroorganizme, ki rastejo na nosilcu imenujemo biofilm ali biološka prerast. Biofilm je lepljiv, želatinast in vsebuje veliko raznovrstnih populacij živih organizmov.

S takšno obliko biomase v reaktorju dosežemo boljše obratovanje. Dobimo večjo aktivnost biomase in hkrati tudi višjo starost organizmov. Boljšo prilagodljivost na spremembe sestave, koncentracije in temperature vtoka odpadne vode. Možno je tudi čiščenje odpadne vode z nizko koncentracijo substrata, kar s suspendirano biomaso ni mogoče. S sistemi z biofilmom lahko zelo uspešno odstranujemo tudi težke kovine iz odpadnih vod.

Poznamo tri tipe bioloških čistilnih naprav, ki vsebujejo pritrjeno biomaso in to so:

- biofiltri,
- precejalniki,
- rotirajoči biološki kontaktorji.

Vsi ti tipi pa se pri primernih pogojih uporabljajo za procese biološkega čiščenja: odstranjevanje organskih snovi, nitrifikacijo in denitrifikacijo.

PRINCIP DELOVANJA BIOFILMA

Biofilm, razraščan preko nosilca, izpostavimo odpadni vodi, ki vsebuje organsko onesnaženje (organske snovi, mikroelementi,...) in raztopljen kisik. Omenjene substance pridejo do površine biofilma, nato potujejo v notranjost biofilma z difuzijo, kjer se metabolizirajo s pomočjo mikroorganizmov v biofilmu. Če odplaka vsebuje suspendirane in koloidne organske substance, le - te ne morejo direktno difundirati v notranjost biofilma, ampak se morajo najprej s pomočjo hidrolize pretvoriti v molekule z nižjo molekularno maso. Hidrolizirane molekule lahko nato difundirajo podobno

kot nizkomolekularne molekule v notranjost biofilma, kjer nato potečejo mikrobiološke reakcije. Končni produkti, ki jih metabolizirajo mikroorganizmi, pa potujejo v nasprotni smeri kot substrat na površje biofilma in nato v glavno maso odplake.

Na samem začetku rasti mikrobiološkega filma preko nosilca imamo sicer samo aerobno plast biofilma, ker je kisik povsod na razpolago. Vendar se pri metabolizmu substrata tvorijo novi mikroorganizmi, ki se nalagajo na prejšnje organizme. Nove celice začnejo tako prekrivati prvo plast, katera se kasneje spet prekrije z novimi celicami itn... S tem se biofilm razrašča, postaja debelejši, posledično temu kisik ne more več difundirati do spodnjih plasti in tako dobimo ob nosilcu anaerobni del biofilma. Splošno reakcijo v takšnem biofilmu, ki je sestavljen iz aerobne in anaerobne plasti filma lahko zapišemo na sledeči način:

Aerobni del filma:

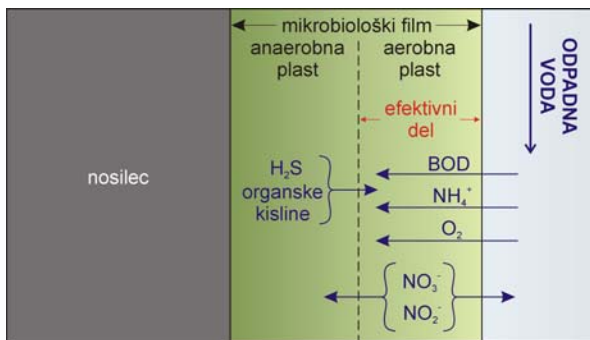
organsko onesnaženje + kisik + mikroelementi → celični material/mikroorganizmi + končni produkti

Anaerobni del filma:

organsko onesnaženje + mikroelementi → celični material/mikroorganizmi + končni produkti

Iz zgornjih enačb je razvidno, da je reakcijska kinetika anaerobnega filma enostavnejša zaradi manjšega števila kemijskih udeležencev v mikrobiološki reakciji. Posledično temu pa se v posameznih plasteh biofilma naseljujejo različne vrste mikroorganizmov.

V primeru, da začne primanjkovati katerekoli komponente, ki je esencialna za mikroorganizme, biološke reakcije v tistem delu ne bodo več potekale enakomerno. Zamiranje posamezne komponente na neki globini biofilma ima za posledico to, da od neke globine naprej posamezna biološka reakcija ne bo več potekala. Substance, ki z globino najhitreje zginavajo torej definirajo efektivno globino biofilma. Mikroelementi, kot npr. dušik, fosfor in esencialne kovine običajno ne postanejo limitni faktorji, saj jih je običajno vedno dovolj v primerjavi z ostalimi komponentami, ki jih zahtevajo biološke reakcije. V večini primerov postane limitni faktor, kateri definira globino aerobnega filma raztopljen kisik, lahko pa tudi substrat, ki je potreben za življenje mikroorganizmov.



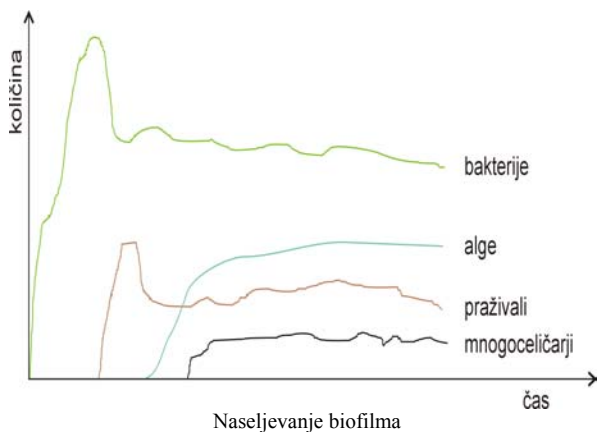
Shematski prikaz mikrobiološkega filma

Anaerobni del biofilma ne doprinese direktnega očiščenja odplake, saj organsko onesnaženje v splošnem ne dosega njegove globine, zato imenujemo aerobno plast kar učinkoviti del biofilma. Po drugi strani pa se lahko v anaerobnem filmu s pomočjo organskih kislin in sulfida reducirajo nekateri produkti, ki nastajajo v aerobnem filmu. Koeksistenca aerobnega in anaerobnega filma je lahko velika prednost biofilma pred ostalimi sistemi, saj lahko po procesu nitrifikacije v aerobnem delu poteče še denitrifikacija v anaerobnem delu filma.

RAST, RAZKRAJANJE IN SESTAVA BIOFILMA

Proces mikrobiološke rasti na neobraščen nosilec v odpadni vodi lahko razdelimo na tri stopnje. V prvi stopnji imamo logaritmčno rast mikroorganizmov, ker je film še zelo tanek in površina nosilca še ni v celoti prekrita. V tem delu imajo vsi mikroorganizmi enake pogoje, njihova rast pa se odraža podobno kot pri suspendirani kulturi pri sistemih z aktivnim blatom.

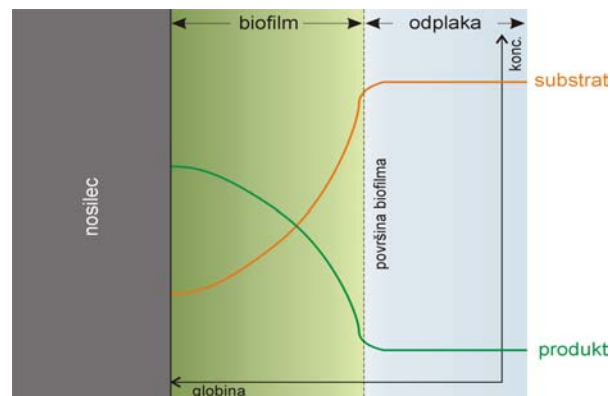
V nadaljevanju postaja plast filma debelejša od učinkovite globine in se začne druga stopnja rasti mikroorganizmov. V tej stopnji poteka rast s konstantno hitrostjo, saj je debelina učinkovitega dela konstantna glede na celotno debelino biofilma in se zato celotna količina mikroorganizmov, ki rastejo v tej stopnji, ne spreminja. Če imamo nižjo koncentracijo substrata v odpadni vodi, potem se lahko rast mikroorganizmov v tej stopnji ustavi. Razlog za to je iskati v tem, da se ves substrat porablja za vzdrževanje življenja mikroorganizmov, za rast novih ga pa ni več dovolj.



Naseljevanje biofilma

V primeru, da postane zaloga substrata v odplaki manjša od količine, ki je potrebna za eksistenco mikroorganizmov, začnejo le - ti odmirati. Posledično temu se začne biofilm tanjšati, dokler se koncentracija substrata, ki je potrebna za eksistenco preostalih mikroorganizmov ne izenači z koncentracijo substrata, ki je na razpolago v odpadni vodi.

Sledi zadnja, tretja stopnja, v kateri debelina biofilma doseže plato. V tej stopnji se hitrost rasti mikroorganizmov uravnoteži z njihovim odmiranjem zaradi endogene respiracije, prehranske verige mikroorganizmov (višji organizmi se hranijo z nižjimi) ali pa zaradi odplakovanja biomase zaradi zunanjih sil. V procesu razraščanja biofilma se tako ne spremeni samo količina mikroorganizmov, ampak tudi sestava biomase na posameznih segmentih. Na začetku obraščanja sestavljajo biomaso predvsem bakterije, sledijo praživali, nato alge, po nekaj dneh pa še mnogoceličarji in tako se formira celoten ekosistem v biofilmu. Višji kot je položaj mikroorganizma v ekosistemu in manjša kot je njegova hitrost rasti, kasneje se pojavi njegova rast. Hitrost rasti mikroorganizmov pa se zmanjšuje z debeljenjem biofilma.



Shematski prikaz transporta substrata in produkta skozi biofilm

Razgradnjo substrata lahko opredelimo s štirimi stopnjami:

- transport substrata iz glavne mase tekočine do površine biofilma,
- difuzijski transport substrata z biološko reakcijo v notranjosti biofilma,
- metaboliziranje substrata z biološko reakcijo v notranjosti biofilma,
- transport končnih produktov iz notranjosti biofilma v glavno maso tekočine.

Marcel R.

Viri:

Povzeto po seminarski nalogi "Biofilm – difuzijski model", Barbara Anžič, Gregor Kapun, Ljubljana, 4. 6. 2002