

1 JÄTEVEDEN PUHDISTUSPROSESSEJA TYPPIRIKKAILLE SUODOSVESILLE

1. Nitrifikaatio + denitrifikaatio + kemiallinen saostus alumiini- tai rautasuoloilla

a) Aktiivilietelaitos biologiana

- + perinteinen tapa, toimiessaan tehokas ja paljon dataa saatavilla
- + aktiivilietteen puhdistuskyky monille orgaanisille yhdisteille erittäin hyvä
- soveltuu huonosti erityisesti vanhojen kaatopaikkojen vesille, joissa orgaanisen aineksen biohajoavuus huono (alhainen BOD)
- soveltuu huonosti kylmille vesille
- vaatii suhteellisen tasaisen ja jatkuvan kuorman
- denitrifikaatio vaatii hiililähteen (esim. metanoli annostus)
- aktiivilietekierron vuoksi prosessi vaatii lietteen erotuksen.
- Vaatii jonkin verran biologisen prosessin osaamista ja valvontaa

b) Lammikkopuhdistamot

- + perinteinen ja yleisin tapa, paljon dataa saatavilla
- + Tasaa vaihteluja, ei tarvita erillistä tasausallasta
- + yksinkertainen, ei vaadi juuri operointia, huollon tarve vähäinen
- Puhdistustulos ei paras mahdollinen
- Nitrifikaation ja denitrifikaation kontrollointi heikkoa
- Ruoppaustarve
- Kylmänä aikana vesi jäähtyy entisestään, jäätyminen

c) Kantoainekappaleprosessit (esim. Veolian Anitamox)

- + kompakti prosessi
- + nitrifikaatio ja denitrifikaatio samassa prosessissa
- + denitrifikaatio ei vaadi ulkoista hiilen lisäystä prosessiin.
- + Soveltuu paremmin kylmille vesille ja alhaiselle BOD pitoisuudelle kuin aktiivilieteprosessi
- + Kehutaan sietävän kuormitusvaihteluja ja käynnistyy nopeasti tauon jälkeen
- Vaatii jonkin verran biologisen prosessin osaamista ja valvontaa
- Riski täytekappaleiden karkaamisesta ympäristöön
- Itse prosessissa ei tasaustilavuutta

- Täytekappaleiden tukkeutuminen tai kalkkeutuminen

Kaikki biologiset prosessit tuottavat lietettä, joka on erotettava jätevedestä jollain tavalla. Mikäli biologista prosessia täydennetään sen jälkeisellä kemiallisella käsittelyllä, lammikon ja kantoainekappaleprosessin liete voidaan erottaa siinä samalla. Kemiallinen saostus biologisen prosessin jälkeen täydentää hyvin puhdistustulosta ja poistaa biohajoamatonta materiaalia, fosforia ja alentaa jäteveden väriä.

Kemiallinen saostus tuottaa kuitenkin runsaasti kemiallista lietettä, jonka hävitys voi myös olla ongelma. Kemiallinen saostus myös vaatii toimiakseen optimaalisesti tietyn pH:n, ja usein pH:n säätökemikaalin. Tällöin jätevettä voi tarvita vielä jälkineutraloida kemiallisen käsittelyn jälkeen.

1.1 Kemiallisia prosesseja

Jäteveden orgaanisen aineksen kemiallinen koagulointi + flokkaus perustuu yleensä samoihin kemikaaleihin: Jäteveteen lisätään kolmen arvoista rautaa tai alumiinia sisältäviä suoloja, jotka koaguloivat pääasiassa suurimolekulaarista ainesta pieniksi flokeiksi. Näitä flokkeja joudutaan usein suurentamaan ja vahvistamaan anionisesti tai kationisesti varatuilla polymeereilla, jotka ovat yleensä synteettisiä vesiliukoisia makromolekyyliä.

Kemialliset prosessit erotetaankin yleensä erotustavan mukaan; laskeutukseen, flotaatioon eli vaahdotukseen ja suodatukseen.

a) Laskeutus

Laskeutuksen etuina on toimiminen gravitaatiolla, eli operoiminen on halpaa ja helppoa. Erotettava liete on mahdollista myös saada suhteellisen sakeaksi. Haittapuolina on suuri tilantarve ja suuret rakennuskustannukset, sekä usein myös tarvittavan altaan syvyys. Laskeutus ei myöskään sovellu kevyille tai kelluville partikkeleille, eikä silloin kun vesi sisältää tai siinä muodostuu kaasuja. Esim karbonaatin hajoaminen pH:ta laskeutuksessa voi häiritä laskeutumista ja saada lietteen kellumaan tehokkaasti pinnalle.

a2) Actiflo prosessi

Veolian kehittämässä Actiflo prosessissa käsiteltävään jäteveteen lisätään mikrohiekkaa flokkausvaiheessa. Hiekka tekee flokin raskaaksi, ja flokit voidaan erottaa tehokkaasti lamelliselkeyttimessä. Hiekka erotetaan muusta lietteestä hydro syklonilla ja palautetaan prosessin alkuun.

Pintakuorma voi olla Actiflo- prosessissa satakertainen verrattuna normaaliin laskeutukseen ja kymmenkertainen verrattuna flotaatioon. Korkean pintakuorman ansiosta laitos on hyvin kompakti. Actiflo-prosessi soveltuu hyvin esim. hulevesien käsittelyyn, missä virtaamat voivat olla ajoittain suuria.

Actiflo-prosessin haittapuolina on laimeahko liete, jonka vuoksi se ei sovellu kovin hyvin vesille joissa muodostuva kiintoainepitoisuus on suuri (esim 1000 mg/l). Actiflon liete voikin vaatia erillisen tiivistimen ennen varsinaista lietteenkäsittelyä.

b) Flotaatio

Flotaatioprosessia voidaan operoida n. 10 kertaa laskeutusta suuremmalla pintakuormalla, joten tarvittava altaan koko on vastaavasti pienempi. Myös tarvittava allassyvyys on n. 1-2 metriä eli se on helpommin sijoitettavissa esim. pohjaveden pinnan yläpuolelle ilman pumppausta. Flotaatio soveltuu erityisen hyvin kevyen kemiallisen lietteen erotukseen eikä mahdollisesti muodostuvat kaasut häiritse sitä. Flotaatio vaatii yleensä paitsi flokin vahvistamiseen myös kuplan kiinnitykseen polymeerilisäyksen, jotta puhdistustulos olisi hyvä. Flotaatio kuluttaa dispersioveden muodostukseen tarvittavaa sähköä, mutta tarvittava sähkömäärä on kuitenkin varsin pieni. Flotatoitu liete sisältää pieniä ilmakuplia, joka pitää huomioida prosessin suunnittelussa esim. lietteen pumppauksessa. Lietteeseen vaahtoa voidaan poistaa esim. ko. tarkoitukseen suunnitellulla sekoituksella.

c) Suodatus

Suodatus on kilpailukykyinen prosessi yleensä vain kun veden kiintoainepitoisuus on alle 100 mg/l. Suodatusprosesseista saatava liete on myös yleensä varsin laimeaa ja se tulee syklisestä suodattimen pesujen mukaan. Suodatusprosessien etuna on että niillä saavutettava puhdistetun veden kiintoainepitoisuus on alhainen ja sitä voidaan jonkin verran myös säätää esim. suodatintiheyden materiaalin tai suodatusmassan raekoon avulla.

Suodatusprosessia voidaan tehostaa lisäämällä suodatusmateriaaliin jokin aktiivinen komponentti, esim aktiivihiili, biohiili, zeoliitti yms. Tällöin suodatuksella saadaan poistettua myös liuenneita aineita, niiden tarttuessa suodatusmateriaaliin. Tällaisissa prosesseissa suodatusmateriaali on joko vaihdettava tai regeneroitava aika ajoin.

2. Kalvosuodatus (käänteisosmoosi)

Kalvosuodatuksella jätevedestä saadaan valmistettua puhdasta vettä, jota voidaan käyttää uudelleen. Kalvosuodatus on kuitenkin vain jäteveden 'tiivistysmenetelmä', ja syntyvä rejektivesi täytyy käsitellä edelleen esim. haihdutusprosessilla. Jossain tapauksessa rejektivesi on kierrätetty kasaan uudelleen.

- + saadaan erotettua monenlaisia epäpuhtauksia ja puhdistettu vesi soveltuu uudelleenkäytettäväksi eri tarkoituksiin
- + kompakti laitos
- + helppo operointi
- energian kulutus
- kalvojen tukkeutuminen, kalvojäte
- vaatii yleensä esikäsittelyn

3. MBR eli kalvobioreaktori

Kalvobioreaktorissa reaktori sisältää suuren pitoisuuden aktiivilietettä, ja vesi erotetaan lietteestä kalvoilla. Menetelmällä saadaan reaktorissa pidettyä paljon suurempi pitoisuus lietettä kuin perinteisessä aktiivilietelaitoksessa. Lisäksi menetelmällä saadaan erotettua lietteeseen kolloideja ja makromolekyylejä, jotka perinteisessä laskeutukseen perustuvassa aktiivilietelaitoksessa huuhtoutuisivat vesistöön.

- + Hyvä puhdistustulos orgaanisille aineille
- + Soveltunee aktiivilietelaitosta paremmin laimeille vesille, kun kiintoaineen huuhtoutumisriskiä ei ole
- + Kalvojen tiheydellä voi tietyssä määrin säädellä erotustehokkuutta
- + Ei välttämättä niin herkkä biolietteen laskeutumisongelmille kuin perinteinen aktiivilietelaitos.
- + Suhteellisen kompakti biologinen prosessi
- kalvojen foulaantuminen; ts. hartsit, öljyt, rasvat, limoittuminen, kalkkeutuminen, makromolekyylit, jne jne voivat tukkia kalvot jolloin hydraulinen kapasiteetti romahtaa. Jos kalvoja ei saada pestyä puhtaiksi, ne on vaihdettava.

4. Aktiivihiili ja biohiili

- + Hyvä puhdistustulos monille haitta-aineille: Lääkeaineet, PFAS yhdisteet, (raskas)metallit
- Hiilen kulutus on suuri kustannuserä.
- Soveltuu vain puhtaahkoille vesille.

5. Strippaus

- + typen talteenotto mahdollista
- Lähinnä ammoniumin poistoon
- Vaatii kemikaaleja pH muutoksiin. Suolojen määrä vesissä kasvaa.

6. MBBR + EC

Prosessia testattiin jätekeskusvesien käsittelyssä Jätekukolla talvella 23-24. MBBR käsittelyllä jäteveden sisältämä ammoniumtyppi nitrifioitiin nitraatiksi jonka jälkeen jätevettä puhdistettiin elektrokoagulaatiolla.

EC:llä saatiin saostettua hyvin jäteveden sisältämää orgaanista ainesta, metalleja ja fosforia, mutta nitraattireduktio jäi vaatimattomaksi.

+ EC tehokas kemiallinen puhdistus

+ EC käyttää metallista alumiinia/rautaa metallisuolojen sijaan, ei siten lisää jäteveden sulfaatti/kloridipitoisuutta.

- MBBR:n nitrifiointi teho laskee lämpötilan myötä
- EC ei sovellu typen poistoon
- EC vielä puhdistusprosessina raakile mm. lietteen erotuksen suhteen.

7. NPharvest

NP Harvest on Aalto yliopistossa kehitetty prosessi ammoniumtypen ja fosforin talteenottoon jätevesistä. Prosessi perustuu pH:n nostoon jolloin jäteveden ammonium muodostaa ammoniakkikaasua. Kaasu erotetaan selektiivisen kalvon läpi ja liuotetaan rikkihappoon. Tuloksena ammoniumsulfaattiliuos.

+ kompakti kemiallinen prosessi jonka tuloksena 'puhdasta' kemiallista liuosta.

- kemikaalien kulutus
- jätevesi muuttuu emäksiseksi, eli on neutraloitava tai sekoitettava muihin jakeisiin.
- Talteenotettava ammoniumsulfaattiliuos on hapanta, eli sisältää vielä jäämiä rikkihaposta. Käyttö lannoitteena Suomen happamilla mailla vaatii emäslisäystä.

8. Juurakkopuhdistamo

+ Alhaiset käyttökustannukset

+ Hyvin suunniteltuna soveltuu hyvin laimeiden ja kylmien vesien käsittelyyn.

- Ei katsota BAT tekniikaksi nykyään
- Vaatii paljon tilaa ja maanrakentamista ja jotta toiminta teho säilyisi hyvänä, on uusittava ajoittain.

9. Anammox

Anaerobinen ammoniumin poisto. Paques tuotteistanut.

- Soveltuu huonosti kylmille vesille

10. Weeefiner

Weeefiner Oy on kehittänyt ioninvaihtoteknologiaa lähinnä metallien talteenottoon (jäte)vesistä. Heidän teknologiassaan aktiiviset ioninvaihtoryhmät on printattu huokoiseen tukiainekseen. Ioninvaihtotekniikkaa voi käyttää myös ravinteiden esim. ammoniumin tai nitraatin sieppaamiseen.

Weeefinerin testien mukaan heidän tekniikkaansa soveltuu tehokkaasti nitraatin poistoon vesistä. Huomioitavaa on, että prosessi ei ole koskaan täysin selektiivinen siepattavan kationin/anionin suhteen vaan nitraatin lisäksi siepparimateriaaliin sitoutuu esim. sulfaatti. Ei-halutun ionin sitoutuminen vähentää luonnollisesti ioninvaihtotehoa.

- + kompaktin kokoinen
- + lopputuloksena mahdollista ravinteiden (tai metalli-ionien) talteenotto pesuliuoksesta.
- + ei vaadi suuria jäteveden pH muutoksia.

- Suolojen määrä talteen otetussa ravinneliuoksessa (soveltuuko lannoitukseen)
- Vaatii esikäsittelyn (suhteellisen kiintoaineettoman veden)
- Kilpailevat ionit

11. Kajjjaanin konsepti

Ekokymppi käsittelee itse Kajaanin jätekeskuksen jätevedet.

Prosessin alkupäässä on tasausallas, johon kerätään jätevedet alueelta Varsinaisena puhdistusprosessina on kemiallinen saostus ja erotus flotaatiolla esikäsittelynä ja sen jälkeen zeoliittisuodatus. Zeoliittisuodatus regeneroidaan lipeällä neljän vuorokauden välein ja pesuliuos johdetaan tasausaltaaseen. Zeoliittisuodattimessa jäteveden ammonium sitoutuu zeoliittiin mutta myös muuttuu (nitrifioituu) nitraatiksi. Nitraatti joutuu pesuliuokseen ja poistuu (denitrifioituu) tasausaltaan anoksisissa olosuhteissa.

Kajaanin jätelaitoksen jätevesimäärä on pieni n. 12 000 m³/a. Ajoittain nykyiset luparajat ovat ylittyneet jätevedessä ja rakenteilla onkin jätevesilinja kunnalliselle puhdistamolle.

2 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuopion jätekeskuksen jätevedet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Jätetäytöstä tuleviin suodosvesiin (kasavedet) sekä jätekeskustoiminnoista tuleviin hulevesiin (kenttävedet).

Biologiset menetelmät

Suurin haaste jätekeskuksen jätevesien käsittelyssä on että ne ovat 7-8 kk vuodessa erittäin kylmiä, alle 5 C. Tällöin käytännössä kaikki biologiset puhdistusmenetelmät toimivat joko erittäin hitaasti tai epäluotettavasti.

Kasavedet ovat sikäli helpompia käsitellä, että niiden virtaama ja laatu on tasaisempi. Sekajätteen loppusijoitusta ei ole ollut enää n. 8 vuoteen, joten kasasta suotautuva orgaaninen aines on suurelta osalta biohajoamatonta, tai hyvin hitaasti biohajoavaa. Kasasta suotautuu suuria määriä ammoniumtyyppiä.

Kenttävesien laatu ja määrä vaihtelee suuresti riippuen kentällä olevista toiminnoista, sateen määrästä ja vuodenajasta. Välillä kenttävedet ovat kokonaisuudessaan liki puhdasta vettä. Kuivana aikana vettä ei välttämättä tule kentiltä ollenkaan. Tämä rajoittaa biologisten puhdistusmenetelmien käyttöä, koska hyvin toimiakseen biologiset prosessit vaativat suhteellisen stabiilin orgaanisen aineksen määrän.

Ilmastettu (tai ilmastamaton) lammikko voi toimia jopa parhaiten jätevedessä jäljellä olevan BOD:n poistossa. Varsinkin jos lammikkoa seuraa kemiallinen puhdistus, jossa lammikossa usein muodostuvat pienet flokit/vapaat bakteerit saadaan talteen.

Lammikon ilmastamattomassa osassa myös denitrifikaatio on mahdollinen, mikäli orgaanista materiaalia on tarjolla.

Lammikkopuhdistamon puhdistusteho ei kuitenkaan ole riittävä kasavesille. Varsinkaan typpireduktio ei ole riittävä täyttämään nykyisten lupaehtojen vaatimukset.

Sen sijaan kenttävesille, jotka sisältävät huomattavasti vähemmän orgaanista ainesta ja typpikin on osaksi nitraattia, ilmastettu lammikko on todennäköisesti ihan riittävä biologinen prosessi.

ilmastettuna lammikkona voidaan käyttää rakennettavaa tasausallastilavuutta. Kun tasausallas ilmastetaan se vähentää myös hajuhaittoja.

Kemiallinen puhdistus (koagulaatio + flokkaus)

Kemiallinen puhdistus soveltuu hyvin jätekeskuksen vesien käsittelyyn.

Kemiallinen puhdistus voi olla myös esi- tai jälkikäsittelynä muille puhdistustavoille. Kemiallisella puhdistuksella saadaan puhdistettua jätevedestä



kiintoainetta, biohajoamatonta COD:ta (jota tulee esim kasavesistä, kompostoinnista), fosforia, raskasmetalleja, väriä, FOG- ja AOX-yhdisteitä.

Kemiallinen puhdistus kuluttaa suhteellisen vähän energiaa ja on helppoa operoida ja nopea käynnistää ja lopettaa.

Kemiallisen puhdistuksen haittapuolina on kemikaalien kulutus ja syntyvä liete. On epävarmaa soveltuuko liete esim. peltolannoitteeksi sellaisenaan tai kompostoinnin tai mädättämön jälkeen. Myös jäteveden suolojen pitoisuus yleensä nousee kemiallisessa käsittelyssä koska alumiinin/raudan vastaionina on yleensä sulfaatti tai kloridi.

Perinteinen kemiallinen käsittely on erittäin tehokas fosforin poistossa, mutta ei poista juurikaan typpiyhdisteitä, ammoniumia ja nitraattia (pl. kiintoaineeseen ja biomassaan sitoutunut orgaaninen typpi).

Kalvosuodatusmenetelmät

MBR eli kalvobioreaktori yhdistää kalvotekniikan ja biologisen käsittelyn hyvät puolet. Biomassa ei pääse karkaamaan reaktorista kalvojen läpi kuten perinteisissä biologisissa prosesseissa voi häiriötilanteissa tapahtua. Kalvo pidättää lietteeseen myös kolloidit ja makromolekyylit, jolloin saadaan kemiallisen puhdistuksen edut.

Haittapuolina MBR:ssä on suuri sähköenergian kulutus. Prosessi myös vaatii, että kylmää jätevettä lämmitetään biologisen toiminnan takaamiseksi. Myös kalvojen vuo (eli läpimenevä vesivirtaus/m²) laskee lämpötilan laskiessa ja veden viskositeetin noustessa.

Pienelle vesimäärällä MBR-laitoksen investointihinta nousee korkeaksi. Koska se on suhteellisen monimutkainen laitos ja vaatii suuret biologiset reaktorit (jotka on Suomen oloissa eristettävä.)

Kalvosuodatus (nanosuodatus/RO) sellaisenaan soveltuu ainoastaan jäteveden konsentrointiin, eli jätevedestä erotetulle retentaatille täytyy löytää käyttökohde tai se täytyy käsitellä edelleen esim. haihdutuksella. Kalvosuodatus voisi soveltua esim. laimean kenttäveden konsentroinnissa ja tilavuusvirtauksen pienentämisessä.

Uudet typenpoistomenetelmät

Kasavedet sisältävät paljon ammoniumtypeä. Joka soveltuisi hyvin lannoitteeksi. Muiden kemiallisten puhdistusmenetelmien lisäksi spesifinen ammoniumin poisto soveltuisi hyvin jäteveden puhdistukseen. Nykyisinhän typpipitoisten jätevesien



käsittelyssä koko puhdistamoprosessi joudutaan suunnittelemaan ja sitä ajamaan biologien typenpoiston ehdoilla. Erityisesti kylmänä aikana biologinen typenpoisto vaatii suuria tilavuuksia ja puhdistustulos voi silti jäädä heikoksi.

Ammoniumtypen erottaminen jätevedestä on kuitenkin vaikeaa. Strippaus vaatii pH-muutoksia ja syö siten pH:n säätökemikaaleja. Ioninvaihtotekniikat tuntuvatkin varteenotettavimmilta ammoniumin erottamiseksi lannoitekäyttöön. Ionin vaihtotekniikoiden ongelmana on että muut kationit Na^+ ja K^+ syövät ammoniumin poiston tehokkuutta.

Täysmittakaavaisessa käytössä prosesseja ei kuitenkaan vielä juuri ole. Aika näyttää, tuleeko kierrätysperusteiset prosessit yleistymään jäteveden puhdistuksessa.