



Rejektiveden käsittelyn biologiset ja fysikaaliskemialliset vaihtoehdot - hanke

ANITA™Mox -pilotoinnin loppuraportti 1.12.2016

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

Opastinsilta 6 A
00520 Helsinki
puhelin 09 156 11
faksi 09 1561 2011
www.hsy.fi

Lisätietoja

Anna Kuokkanen
Johanna Castrén

Copyright

Kartat, graafit, ja muut kuvat: HSY
Kansikuva: HSY

Sisällys

1	Projektin tausta ja tavoitteet	4
2	ANITA™Mox-pilotti	5
2.1	Prosessin toimintaperiaate.....	5
2.2	Prosessin toteutus Viikinmäessä	5
2.2.1	Laitteisto	5
2.2.2	Mitoitus ja toimintaolosuhteet	6
2.3	Käynnistys	7
2.4	Operointi	8
2.4.1	Jatkuvatoimiset mittaukset.....	8
2.4.2	Näytteenotto ja kittitestit.....	10
2.4.3	Prosessin ohjaus ja toimintaolosuhteet	11
3	Tulokset	13
3.1	Kapasiteetti.....	13
3.2	Pilotoinnin eteneminen	13
3.3	Käyttökustannusten muodostuminen	15
3.4	Täyden mittakaavan prosessin alustava tilantarve ja investointikustannukset	16
3.5	Pääprosessin nitrifikaation inhibitio	17
4	Yhteenveto ja jatkotoimet	19

1 Projektin tausta ja tavoitteet

Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteenkäsittelyssä hyödynnetään anaerobihajotusta eli liete mädätetään. Samalla lietteen määrä pienenee ja liete stabiloituu. Mädätyksen avulla tuotetaan merkittävä määrä biokaasua, joka hyödynnetään puhdistamon omassa energiatuotannossa. Mädätyksen aikana lietebiomassa hajoaa ja lietteen solumassaan sitoutunut typpi vapautuu. Linkouksen erotusveden eli rejektin kautta puhdistamon sisäisen typenkierron osuus on noin 20 % kokonaistyyppikuormasta. Rejektin kierrätetty puhdistusprosessin alkuun ja sen kuormitusvaikutus on huomioitava osana pääprosessin typpikuormitusta.

Rejektisivuvirran erilliset typenpoistoratkaisut ovat yksi mahdollisuus keventää puhdistamon typpikuormitusta ja näin vapauttaa kapasiteettia tulovirtaaman aiheuttamalle typpikuormituksen kasvulle. Osa rejektikäsittelyn tekniikoista ovat biologisia ja osa taas fysikaaliskemiallisia. Biologiset menetelmät pyrkivät pääasiassa energiatehokkaihin ja kemikaalien käytön kannalta kestäviin ratkaisuihin, kun taas fysikaaliskemialliset menetelmät ovat käyttökustannuksiltaan kalliimpia ja kuluttavat kemikaaleja että energiaa, mutta mahdollistavat typpiravinteiden kierrätyksen. Rejektiveden biologiset käsittelymenetelmät ovat normaaliprosessia haastavampia operoitavia ja niiden edellytyksenä on lisensoitujen bioprosessien hyödyntäminen. Tämä rajaa biomassan hankinnan vain tiettyjen prosessitoimittajien kautta tehtäväksi.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo on tutkinut mahdollisuuksia erilliskäsitellä biologisesti rejektivettä ns. Sharon-projektissa (diplomityö Hienonen 2009) ja Demon® -hankkeessa (diplomityö Lindell 2012). Sharon -prosessin toiminta saatiin pienessä pilot-koossa vakiinnutettua, mutta sen lisäksi haluttiin tutkia kokonaistaloudellisesti kannattavampia kokonaistypenpoistoprosesseja, jotka pohjautuvat ns. Anammox -bakteerien toimintaan. Anammox -prosessien osalta HSY teetti 2010 teknillistaloudellisen esiselvityksen Pöyryllä ja sen perusteella kannattavimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui Demon® -prosessi. Demon® -prosessin koeajo laajamittaisella pilot-prosessilla osoittautui haastavaksi ja koetoiminta päätettiin lopettaa keväällä 2014.

Tässä hankkeessa jatkettiin Anammox-prosessin laajamittaista pilotointia ns. ANITA™ Mox -teknologian avulla, missä bakteerimassa on sidottu kantoaineeseen. Lisäksi hankkeen osana teetettiin Pöyry Oy:llä selvitys rejektiveden fysikaalis-kemiallisesta käsittelystä.

ANITA™ Mox -prosessia ei ole pilotoitu Suomessa ja sen lähimmät referenssit löytyvät Ruotsista. Haasteet aikaisemmassa Demon® -pilotoinnissa on arvioitu ja todettiin, että kantoaineprosessin edut tulisi tutkia laajamittaisessa koeajossa. ANITA™ Mox -pilotissa hyödynnetään samaa allaskonstruktioita kuin Demon® -prosessissa, mikä osaltaan pienentää laajamittaisen pilotoinnin vaatimia investointeja.

Hankkeen tuloksia tullaan hyödyntämään Viikinmäen lisäksi myös Blominmäen jätevedenpuhdistamon prosessisuunnittelussa ja ne ovat käytettävissä myös muiden jätevedenpuhdistamoiden ja biokaasun tuotantolaitosten rejektivesien käsittelymenetelmiä arvioitaessa.

Hanke sai rahoitusta ympäristöministeriön ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskevan RAKI-ohjelman kautta.

2 ANITA™ Mox-pilotti

2.1 Prosessin toimintaperiaate

Perinteisesti jäteveden typpi poistetaan nitrifikaatio-denitrifikaatio -prosessissa, jossa ammoniumia hapettavat bakteerit (AOB, ammonium oxidizing bacteria) hapettavat ammoniumtypen (NH_4) nitriittitypeksi (NO_2) ja nitriittia hapettavat bakteerit (NOB, nitrite oxidizing bacteria) edelleen nitraattitypeksi (NO_3). Tämän jälkeen denitrifioivat bakteerit pelkistävät nitraattitypen vaiheittain typpikaasuksi (N_2), joka vapautuu ilmakehään. Nitrifikaatio on aerobinen prosessi, eli se edellyttää hapen läsnäoloa. Nitrifioivat bakteerit ovat melko hidaskasvuisia, eivätkä pysty kilpailemaan orgaanista ainetta hajottavien heterotrofisten bakteerien kanssa, joten jäteveden biohajoava orgaaninen aine on suurilta osin poistettava ennen nitrifikaatiovaihetta. Denitrifioivat bakteerit puolestaan toimivat anaerobisissa olosuhteissa ja tarvitsevat biohajoavaa orgaanista ainetta ravinnokseen.

ANITA™ Mox -prosessi on perustuu anaerobiseen ammoniumin hapetukseen (Anammox, anaerobic ammonium oxidation), eli deammonifikaatioon. Prosessi soveltuu erityisen hyvin paljon ammoniumtyypeä ja vähän hiiltä sisältävien, lämpimien jätevesien, kuten lietteen kuivauksen rejektivesien käsittelyyn. ANITA™ Mox -prosessin toiminta perustuu ammoniumtypen osittaiseen nitrifikaatioon ammoniumia hapettavien bakteerien (AOB) toimesta ja anammox-bakteerien toteuttamaan autotrofiseen tyypinpoistoon. NOB kasvu ja nitriitin hapetus nitraatiksi pyritään estämään luomalla sopivat olosuhteet. AOB:t tarvitsevat nitrifikaatioon happea, kun taas anammox-bakteerit vaativat anoksiset olosuhteet. Reaktioiden yhteistuloksena suurin osa ammoniumtyypestä muuttuu typpikaasuksi ja osa nitraattitypeksi. Reaktioiden stoikiometrian perusteella noin 11 % ammoniumtyypestä muuttuu nitraattitypeksi ja loput ammoniumtyypestä (89 %) muutetaan typpikaasuksi. Käytännössä voidaan odottaa, että ANITA™ Mox -prosessin typpireduktio on noin 80 %.

Viikinmäen ANITA™ Mox on MBBR-prosessi, jossa bakteerit kasvavat biofilminä kantoaineen pinnalla eikä prosessissa ole palautuslietettä. Kantoaineet ovat pieniä polyeteenikappaleita, joilla on suuri pinta-ala. Kantoaineet pidetään reaktorialtaassa suspensiossa ja jatkuvassa liikkeessä ilmastuksen ja mekaanisen sekoituksen avulla. Biofilmiin muodostuu happigradientti kun prosessin happipitoisuus pidetään matalana. Tällöin anoksiset anammox-bakteerit esiintyvät biofilmin sisäosassa ja aerobiset AOB:t sen pinnalla.

2.2 Prosessin toteutus Viikinmäessä

ANITA™ Mox -prosessin pilotoinnissa käsitellään Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteen kuivauksessa syntyvää rejektivettä, jonka typpipitoisuus on suuri. Jätevesiliete käsitellään anaerobisella mädätyksellä, josta se johdetaan varastosäiliön kautta linkokuivaukseen. Linkojen rejektivesi johdetaan tasausaltaaseen ennen kuin se selkeytetään kahdessa rinnakkaisessa selkeytysaltaassa, joissa rejektivesien kiintoaineesta saadaan poistettua noin puolet. Normaalisti rejektivesi johdetaan jätevedenpuhdistusprosessin alkuun esi-ilmastusaltaisiin. Pilotoinnin aikana osa selkeytetystä vedestä johdetaan ANITAMox-reaktorin tulokaivoon, josta vesi pumpataan prosessiin. Loppu rejektivesi menee Viikinmäen jätevedenpuhdistamon biologiseen pääprosessiin. Pilotin tulokaivoon johdettavaa vesimäärää ei säädetä, vaan kaivon pinnankorkeus asettuu selkeytysaltaiden tasolle.

2.2.1 Laitteisto

ANITA™ Mox -reaktori sijaitsee Viikinmäen pienpuhdistamon tiloissa rejektiveden selkeytysaltaiden vieressä. Olemassa oleva reaktoriallas pinnoitettiin ennen pilotointia, jotta karkeat seinämät eivät vahingoita kantoaineita. Reaktorin toiminnallinen vesitilavuus on 487 m^3 ja vesisyvyys on 7 m. Reaktorin tilavuudesta

38 % täytettiin kantoaineella, jolla on suuri ominaispinta-ala biofilmin kasvualustaksi. Käsiteltävä rejektivesi syötetään reaktoriin tulopumpun avulla tulokaivosta.

Reaktorissa on Aerostrip T-hienokuplailmastimet ja lisäksi mekaaniset sekoittimet, joita käytetään jos ilmastuksen avulla ei saada aikaan riittävää sekoitusta. Reaktorin lähtökanavassa on rumpusiivilä, jonka tarkoituksena on estää kantoainekappaleiden karkaaminen. Siivilän tukkeutumien estetään erillisen lisäilmastuksen avulla. Vaahdonestoa varten reaktoriin on asennettu kolme mammut-pumppua. Sekä siivilän että mammut-pumppujen ilmamäärää säädetään käsiventtiilillä.

Tärkeimpiä prosessin toimintaolosuhteista kertovia parametrejä seurataan jatkuvatoimisilla mittauksilla. Anturit hankittiin pH:lle, liuenneelle hapelle, ammoniumtyypelle ja nitraattityypelle. Lämpötila saadaan happianturista. Lisäksi altaassa on pinnankorkeusmittaus. pH- ja happianturit on kahdennettu ja ammoniumtyypen mittaus oli alussa sekä reaktoriin syötettävässä vedessä ja reaktorissa.

2.2.2 Mitoitus ja toimintaolosuhteet

Prosessin mitoitus tiedot on esitetty taulukossa 1. Käsiteltävälle rejektivedelle on lisäksi laatuvaatimuksia kemiallisen ja biologisen hapenkulutuksen, kiintoainepitoisuuden ja lämpötilan osalta, jotta prosessi toimisi tarkoitetulla tavalla.

Mitoituksen mukainen kapasiteetti vastaa 15 % Viikinmäen jätevedenpuhdistamon rejektivedestä.

Taulukko 1 ANITA™ Mox-pilotin mitoitus tiedot.

Pilot-prosessin mitoitus tiedot		
Reaktori	Vesitilavuus	487 m ³
Kantoaine	Tilavuus	183 m ³
	Suojattu pinta-ala	800 m ² /m ³
	Täyttöaste	38 %
Ilmastus	Ilmantarve mitoituskuormituksella	500 Nm ³ /h
Kuormitus	Mitoitusvirtaama	300–400 m ³ /d
	Ammoniumtyypikuormitus	300 kg/d
Odotettu kapasiteetti	NH ₄ -N reduktio	85 %
	Ntot reduktio	n. 80 %
Lisäalkalointi	Alkalointikemikaalin tarve mitoituskuormituksella	2,3–2,7 mmol/l vastaa n. 40 L 50 % NaOH/d

Liuenneen hapen pitoisuuden tulisi olla ANITA™ Mox -reaktorissa normaalitilanteessa välillä 1-1,5 mg/l. Liian korkea happipitoisuus suosii ei-toivottuja nitriittiä (NO₂) hapettavia bakteereja (NOB). Tällöin yli 11 % poistetusta ammoniumtyypistä muuttuisi nitraattitypeksi (NO₃). Liian matala happipitoisuus taas heikentää typenpoistoa, kun AOB:eilla ei ole käytettävissä riittävästi happea ammoniumtyypen hapettamiseen. Happipitoisuutta säädetään muuttamalla ilmastusta kuormitustilanteen mukaan.

Prosessin pH:n tulisi olla välillä 6,7-7,5. Alle 6,7 pH:ssa nitriitistä on merkittävä osa haitallisena typpihapokkeena (HNO₂) ja pH:n 7,5 yläpuolella puolestaan ammoniumtyypistä merkittävä osa ammoniakkinä. Molemmat inhiboivat prosessia ja voivat ääritilanteessa johtaa pitkäaikaiseen tehon laskuun. Kriittiset pH-rajat riippuvat nitriitin ja ammoniumtyypen pitoisuuksista ja päinvastoin.

Reaktorista lähtevän veden ammoniumtyyppipitoisuuden tulisi olla välillä 100–300 mg/l. Tätä korkeampi NH₄-pitoisuus voi aiheuttaa liian suuren vapaan ammoniakkin pitoisuuden ja matalammat pitoisuudet voivat johtaa pH:n laskuun tai pidempiaikaisina myös väärin bakteeriryhmien runsastumiseen.

2.3 Käynnistys

Uusien kantoaineiden (noin 163 m³) lisäys reaktoriin tehtiin kahden päivän aikana 12.–13.3.2016. Reaktorissa oli valmiiksi esiselkeytettyä vettä, jonka syöttöä jatkettiin 12.4. asti. Samalla reaktoria ilmastettiin voimakkaasti, jotta kantoaineet saataisiin pidettyä suspensiossa. Kantoaineet kelluivat aluksi veden pinnalla noin 2 metrin paksuisena patjana, joka väänsi toisen mammut-pumpun tukivarren mutkalle. Kantoaineiden lisäys tulisi laitteiden suojelemiseksi tehdä selvästi pidemmän ajan kuluessa. Kantoaineet vettyivät kuukauden aikana, kun reaktoriin syötettiin esiselkeytettyä vettä. Ne kuitenkin pyrkivät edelleen voimakkaasti veden pinnalle. Kantoaineiden materiaali on hieman vettä kevyempää ja ne pyrkivät alussa voimakkaasti pintaan. Puolen vuoden operoinnin jälkeen, huolimatta painavasta anammox-biomassasta ne pyrkivät edelleen jossain määrin pintaan, kun ilmastus pysäytetään. Vettymisen apuna käytettiin kantoainemassaan kiertoliikkeen aikaansaavaa toispuoleista ilmastusta sekä mammut-pumppuja. Kuvaan 1 on koottu pilotin täytön ja käynnistuksen vaiheita.

Anammox-biomassaa sisältävät siemenkantoaineet (20 m³) lisättiin reaktoriin 14.4., viileään esiselkeytettyyn veteen. Reaktorin käynnistys, johon osallistui prosessitoimittajan edustaja oli sovittu alkavaksi 18.4. Esiselkeytetyn veden lisääminen lopetettiin ja reaktoria sekoitettiin jatkuvasti, mutta ilmastettiin vain muutaman minuutin jaksoissa, usean tunnin välein. Reaktoria täytettiin lämmitetyllä teknisellä vedellä 18.4. aikana. Rejektiveden syöttö reaktoriin aloitettiin 19.4. Biomassa ehti siis olla ravinnotta ja vähäisellä ilmastuksella matka-aika mukaan lukien noin 6 vuorokautta. Anammox-biomassa kestää lähtökohtaisesti hyvin tällaisia katkoja, mutta AOB:t eivät. Aivan käynnistuksen alussa ammoniumin poisto olikin selvästi pienempää kuin ympin osuus eli 10 % kokonaiskantoainemäärästä olisi antanut olettaa, mutta muutamassa vuorokaudessa prosessin poistoteho nousi selvästi.

Käytännössä ilmastusta jouduttiin aluksi käyttämään reaktorin sekoituksen ehdoilla eli lyhyillä ilmastusjaksoilla ja suurella ilmavirtaamalla (520-550 Nm³/h). Pienen ilmavirtaaman käyttö oli alussa mahdotonta. Se johti ketjuissa roikkuvien anturien työntymiseen ulos vedestä kantoaineen vaikutuksesta. Syöttö ja ilmastus asetettiin alussa jaksottaiseksi niin, että rejektin syötön aikana ja sen jälkeen reaktoria ilmastetaan voimakkaasti. Muutaman minuutin syötön ja ilmastuksen jälkeen oli pitkä ilmastamaton tauko, jolloin sekoittimet ovat päällä. Happipitoisuudet vaihtelivat jaksottaisessa ilmastuksessa voimakkaasti, nollassa yli 3 mg/l:aan.



Kuva 1 Pilotin täyttöä ja käynnistyksen alkuvaiheita. Ylinä vasemmalla tilanne välittömästi kantoaineiden lisäämisen jälkeen, pilotin vedenpinta huomattavasti laskettuna, keskellä vasemmalla n. kuukauden ilmaston jälkeen, ennen siemenkantoaineiden lisäämistä. Muut kuvat siemenkantoaineiden lisääksestä.

2.4 Operointi

2.4.1 Jatkuvatoimiset mittaukset

Tulevan rejektiveden NH_4 -pitoisuutta mitattiin aluksi tulokaivosta Hach-Langen AISE-mittarilla. Pian kuitenkin huomattiin, ettei mittari kestänyt olosuhteita, vaan lukema vaelsi jatkuvasti kalibroinnista ja puhdistuksesta huolimatta. Lisäksi tuleva rejektivesi on melko tasalaatuista, joten on line-mittaus oli tarpeeton.

Prosessialtaan NH_4 - ja NO_3 -pitoisuutta mitataan Hach-Langen AN-ISE-mittarilla. Mittaus toimii suunta antavana, mutta sen ongelmana on huono puhdistettavuus. Anturi ei kestä happopesua tai hankausta, ja se likaantuu reaktorin olosuhteissa nopeasti. Mittauksessa on automaattinen ilmapuhdistus, joka hidastaa sen likaantumista, mutta ei riitä reaktorin olosuhteissa. Anturin mittauspää vaihdettiin kun sen suojuksen irtoaminen ja mittapään rikkoontumista mittaustulos oli selvästi heikentynyt ja poikkesi nopeammin ja nopeammin laboratorioarvoista, eikä mittausta loppuvaiheessa juuri seurattu sen epäluotettavuuden takia. Osasyynä oli myös tiheä kittitestein käyttö, joiden johdosta anturin merkitys oli pienempi. Kun pilotin ohjauksessa on siirrytty harvempiin analyyseihin eli näytteet otetaan kahdesti viikossa, AN-ISE anturin arvoja on seurattu selvästi enemmän.

pH-mittaus on kahdennettu ja anturit sijaitsevat eri kohdissa reaktoriallasta. Toinen mittareista valitaan ohjaavaksi mittaukseksi, jonka lukeman mukaa ilmastus pysähtyy jos pH laskee liian alas. Mittaukset ovat toimineet suhteellisen vakaasti, joskin kahden anturin lukemien välillä on koko prosessin operoinnin ajan ollut eroa. Laboratorioanalyysien mukainen pH on systemaattisesti ollut on line -mittauksia korkeammalla tasolla. Prosessin ohjauksessa on luotettu on line -mittausten pH-tasoon ja oletettu näytteen laadun muuttuvan matkalla laboratorioon. pH:n tavoitetasoa on kuitenkin tarvittaessa muutettu pH/NH₄-suhteen muututtua pilotoinnin edetessä tai pH -arvon muututtua kalibroinnissa. Toisen pH-anturin mittauspää on vaihdettu kahdesti, 21.7. ja 14.9. mittarin rikkoutumisen takia ja toinen vaihdettiin 21.11., kun mittaustulos alkoi selvästi heiketä ja poiketa enenevässä määrin.

Happimittaus on myös kahdennettu. Happimittareiden päät vaihdettiin 13.10., jonka jälkeen mittarilukemien välillä oli lähes 0,5 mg/l. Ongelmana on ollut mittauksen nopea likaantuminen ja mitatun happipitoisuuden todellista suurempi lasku, joiden takia ilmansyötön happiohjausta ei otettu käyttöön siinä vaiheessa kun siirryttiin jatkuvaan ilmastukseen (28.9.), jolloin se olisi ollut muuten mahdollista. Toiseen happianturiin lisättiin 4.11. ilmapuhdistussuutin, joka puhdistaa säännöllisesti mittapään ilmasuihkulla (mittaus jäädytetään palautumiseen asti, n. 5 min) vastaavasti kuin AN-ISE anturissa. Ilmapuhdistuksen toiminta vaikuttaa lupaavalta ja sen pidemmän aikavälin vaikutusta seurataan.

Sähkönjohtavuusmittaus otettiin käyttöön 30.9. Sähkönjohtavuus näyttäisi odotetusti korreloivan hyvin NH₄-pitoisuuden kanssa ja sillä voisi korvata epäluotettavamman ammoniumtyypimittauksen määrittämällä sille NH₄/sähkönjohtavuus -korrelaatiokäyrän avulla kaavan, mikäli korrelaatio näyttää pysyvän vakiona pidemmällä aikavälillä. Ammoniumtypeksi laskettu mittaustulos voidaan "kalibroida" korjaamalla kaavaa tarvittaessa ja mittaus voidaan myöhemmin myös ottaa autokalibroinnin piiriin.

Anturien suojaus ja puhdistus ovat haasteena prosessiolosuhteissa, joissa anturit likaantuvat rejektiveden vaikutuksesta nopeasti ja ovat lisäksi kantoaineiden mekaanisen rasituksen alaisena. Lisäksi prosessialtaan sekoittumisongelmat ja pinnalle muodostuva kantoainepatja vaikuttavat mittausten luotettavuuteen. Kantoaineet ovat ajoittain työntäneet antureita pinnalle.

pH-mittareissa on valmiina kestävä suojaus, mutta happi- ja AN-ISE -antureihin tehtiin lisäsuojukset jälkikäteen. Näiden suojien käsittely on työlästä, kestävyys heikko, ja tähän mennessä kaksi suojaa on irronnut prosessialtaassa. Kaikki suojat myös mahdollisesti pahentavat anturien likaantumista heikentämällä veden liikkumista anturien pinnoilla. Parempi ratkaisu täyden mittakaavan reaktorissa olisi riittävän tukeva anturihäkki, johon kantoaineet eivät pääse, mutta jossa veden sekoittuminen on riittävää edustavan mittaustuloksen saamiseksi.

Kaikki anturit on puhdistettu kerran viikossa. pH-anturit on kalibroitu tai tarkistettu pH 7 -puskurilla puhdistuksen jälkeen joka toinen viikko. AISE ja AN-ISE anturit kalibroitiin noin kerran viikossa kittitestien tulosten perusteella. Uusi AN-ISE -anturi on kalibroitu kerran asennuksen jälkeen. Mittaustulokset ovat sen jälkeen vaeltaneet selvästi laboratoriotuloksiin nähden. Taulukkoon 2 on kerätty kokemuksia ja havaintoja jatkuvatoimisista mittareista.

Taulukko 2 Kokemuksia käytetyistä on-line antureista. HUOM: kestoajat perustuvat tähänastiseen kokemukseen käytetyistä antureista.

Kokemuksia on-line mittausten toiminnasta		
Mittaus	Anturi	Havainnointi toiminnasta
NH ₄ -N tulevasta rejektistä	Hach Lange AISE	<ul style="list-style-type: none"> • Liian väkevä vesi, mittaus meni heti epäkuuntoon • Muutokset hitaita ja on-line mittaus tarpeeton • Kestoaja: 0
NH ₄ -N ja NO ₃ -N käsitellystä rejektistä	Hach Lange AN-ISE	<ul style="list-style-type: none"> • Hyvää lisätietoa ohjaukseen • Ei välttämättömiä, jos riittävästi analyysijä • Mittapää kestää huonosti puhdistusta • Näyttävät muutosten suunnan ja tason varsin hyvin, taso vaeltaa ja vaatii kalibrointia • Kestoaja < 6 kk (4 kk?)
pH	Hach Lange differential pH & ORP	<ul style="list-style-type: none"> • Tärkeä mittaus • Voidaan puhdistaa laimealla hapolla • Toiminut pääosin hyvin • Mittaus kannattaa kahdentaa • Tason oikeellisuus voi olla epävarma, mutta muutosten suunta on hyvä tieto • Alustavasti lupaava mittaus ohjaukseen, kun haluttu taso päivitetään tarvittaessa suhteessa tyypeen • Kestoaja: 6 kk • Arvo suodatettiin 300 s
Sähköjohtokyky	Hach LANGE 3700 SC	<ul style="list-style-type: none"> • Korreloi ammoniumtyypipitoisuuden kanssa • Kestoaja: ei vielä tiedossa • Arvo suodatettiin 300 s
Happi	Hach LDO Model 2	<ul style="list-style-type: none"> • Kestoaja < 6 kk • Ajoittainen vertailumittaus käsimitarilla voisi olla mielekkäämpi vaihtoehto kahdentamiselle • Likaantuu nopeasti • Ilmapuhdistus tarpeellinen • Arvo suodatettiin 300 s
Yleistä		<ul style="list-style-type: none"> • Mittarikohtaisia suoja parempi olisi "anturihäkki", joka estää kantoaineiden aiheuttaman mekaanisen räsituksen ja pitää anturit vedessä riippumatta sekoittumisesta

2.4.2 Näytteenotto ja kittitestit

Reaktorin tulevasta ja lähtevästä vedestä on otettu näytteet 2 kertaa viikossa. Reaktoriin tulevan, selkeytetyn rejektiveden näyte on osa laitoksen normaalia käyttötarkkailua. Analyysit ja näytteenottoisuus on listattu taulukossa 3.

Tulevasta rejektistä on tehty laboratoriossa seuraavat määritykset: biologinen hapenkulutus (BOD₇) ja liukoinen BOD, liukoinen kemiallinen hapenkulutus (COD), kiintoaine, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, pH ja alkaliteetti. Lokakuun lopussa jätettiin pois liukoinen BOD ja siirryttiin tekemään ainoastaan puhdistamon käyttötarkkailussa jo alkujaan olleet analyysit sekä kerran viikossa liukoinen COD. Yllä lueteltu laaja analyysivalikoima tehdään vain kerran viikossa ja viikon toisella näytekerralla vain kiintoaine.

Reaktorin lähtevästä vedestä on määritetty ammonium-, nitraatti- ja nitriittityppi, liukoinen BOD, liukoinen COD, kiintoaine, pH ja alkaliteetti. Lokakuun lopussa jätettiin pois liukoinen BOD.

Laboratorioanalyysien lisäksi on tehty puhdistamalla LCK-kittitestejä reaktorin tulevasta (NH₄-N) ja lähtevästä (NH₄-N, NO₃-N ja NO₂-N). Kittitestejä tehtiin aluksi joka arkipäivä. Tulevan veden kittitesteistä luovuttiin elokuun alussa, sillä rejektin ammoniumtyppipitoisuuden muutokset ovat hitaita ja laboratoriotulosten katsottiin riittävän. Elokuun puolivälissä siirryttiin tekemään lähtevän veden kittitestejä niinä päivinä, jolloin laboratorionäytteitä ei oteta. Syyskuun puolivälistä alkaen kittitestejä on tehty vain tarvittaessa ja prosessin ohjaus perustuu laboratoriotuloksiin.

Taulukko 3 Laboratorioanalyysit ja näytteenottoitiheys pilotoinnin eri vaiheissa.

Analyysi	Tuleva rejektivesi		Käsitelty vesi	
	tiheys alussa	tiheys lopussa	tiheys alussa	tiheys lopussa
BOD₇-ATU	2 krt/vko	1 krt/vko	-	-
liukoinen BOD	2 krt/vko	1 krt/vko	2 krt/vko	-
liukoinen COD	2 krt/vko	1 krt/vko	2 krt/vko	1 krt/vko
SS	2 krt/vko	2 krt/vko	2 krt/vko	2 krt/vko
kok-P	2 krt/vko	1 krt/vko	-	-
PO₄-P	2 krt/vko	1 krt/vko	-	-
pH	2 krt/vko	1 krt/vko	2 krt/vko	2 krt/vko
alkaliteetti	2 krt/vko	1 krt/vko	2 krt/vko	2 krt/vko
kok-N	2 krt/vko	1 krt/vko	2 krt/vko	2 krt/vko
NH₄-N	2 krt/vko	1 krt/vko	2 krt/vko	2 krt/vko
NO₃-N	-	-	2 krt/vko	2 krt/vko
NO₂-N	-	-	2 krt/vko	2 krt/vko
NH₄-N kitti	5 krt/vko	-	5 krt/vko	tarvittaessa
NO₃-N kitti	-	-	5 krt/vko	tarvittaessa
NO₂-N kitti	-	-	5 krt/vko	tarvittaessa

2.4.3 Prosessin ohjaus ja toimintaolosuhteet

Rejektiveden syöttö prosessiin on alusta asti ollut jaksottaista, sillä pilotissa käytetään pumppukaivossa valmiina ollutta syöttöpumppua, joka on mitoitettu suuremmalle virtaamalle kuin mitä prosessi on voinut toistaiseksi käsitellä. Kuormitusta on lisätty pilotoinnin aikana jatkuvasti, noin 10 % kerrallaan. Se, kuinka usein lisäyksiä on tehty, on riippunut pilotin toiminnasta. Kapasiteetin kasvu on ollut epätasaista ja vaihtelun syitä on ajoittain ollut vaikea arvioida.

Rejektiveden kokonaisvirtaama vaikuttaa vedenpintaan syöttökaivossa ja koska syöttöpumppua on käytetty vakioaajuudella, virtaama pilottiin on vaihdellut rejektiveden kokonaisuuden vaihdeltaessa. Alussa syöttöjaksot olivat lyhyitä, eikä virtaussäätö ehtinyt asettua jaksojen aikana. Tämä olisi voitu hallita pidentämällä ja harventamalla syöttöaikoja, mutta ”luonnollinen” vaihtelu päätettiin ottaa osaksi pilotointia, koska se vastaa paremmin täyden mittakaavan olosuhteita.

Ilmastusta käytettiin pitkään jaksottaisesti sekoittumisen ehdoilla niin, että ilmastusjaksojen välillä oli anoksinen jakso. Tämän johdosta pilotissa on ilmeisesti tapahtunut myös selvää denitrifikaatiota. Denitrifikaatio on palauttanut ilmastuksen aikana kulunutta alkaliteettiä, eikä lisääalkalointia otettu käyttöön ennen kuin syyskuussa, jolloin pH-taso suhteessa lähtevään ammoniumiin oli selvästi laskenut aiemmasta.

Lähes jatkuvaan ilmastukseen siirryttiin 28.9. Käytetyt kalvoilmastimet vaativat ilmastuksen keskeytyksen muutamaksi minuutiksi ja paineenlaskun usean kerran vuorokaudessa, jotta ne pysyvät puhtaina eikä paineero kasva liaksi. Operoinnin näkökulmasta tämä kuitenkin käytännössä vastaa jatkuvaa ilmastusta.

Happipitoisuuden perustuvaa ohjausta ei pitkään aikaan päästy käyttämään lyhyiden ilmastusjaksojen ja happimittareiden nopean likaantumisen takia. Kompessoreita käytettiin pitkään vakioilmavirtaamalla ja ilman syöttöä on muutettiin kuormitusta nostettaessa ja puhdistustuloksen perusteella.

Sekoittumisen parantamiseksi jouduttiin pitkään pitämään osaa ilmastimista kiinni. Tällöin voitiin ilmastaa voimakkaammin ja saatiin aikaan kiertoliike. Jotta anturit eivät olisi pyrkineet niin voimakkaasti jommallekummalle sivulle, suljettiin altaan kahdeksasta vierekkäisestä ilmastinryhmästä keskimmäiset.

Vähitellen analyysien harventuessa ja reaktorin AN-ISE mittauksen vaeltelun lisääntyessä, käsiohjauksen perusteeksi nousi enenevässä määrin reaktorin pH, jonka taso ja muutossuunta kertoivat operaattorille, oliko ilmamäärä sopiva suhteessa kuormitukseen. Marraskuussa alettiin testata kahta uutta ohjaustapaa: pH-perusteista ilmamäärän ohjausta ja pH-perusteista hapen asetusarvon ohjausta. Molempien toiminta vaikuttaa lupaavalta, joskin muutokset ovat hitaita ja säädinten parametroidussa on vielä parannettavaa. Pääsääntöisesti käytössä on nyt jompikumpi uusista säätötavoista.

Käyttäjän asettamat ylä- ja alarajat ilmamäärälle ovat tärkeitä kaikissa säätötavoissa, koska ne estävät ohjaavan mittauksen mahdollisen virheen aiheuttamat merkittävät säätövirheet.

Lietteen mädätyksen mesofiilinen lämpötila on 36–37 °C, joten myös lietteen kuivauksen rejektiveden lämpötilan on korkea. Lisäksi kompressoreilla tuotettava ilmastusilma on kuumaa, eikä siinä ole jäähdytystä, joten se lämmittää reaktoria edelleen. Suositeltu prosessilämpötila ANITA™Mox -reaktorissa on noin 30–35 °C. Prosessin lämpötilan nousu aiheutti hälytyksen 22.7., kun lämpötila ylitti 37,5 °C. 25.7. aloitettiin teknisen veden syöttö jäähdytystarkoituksessa. Prosessin lämpötila saatiin laskemaan 35–36 asteeseen. Alussa teknisen veden virtaama oli noin 15–18 % kokonaisvirtaamasta. Nykytilanteessa osuus on noin 9,5 %. Vaahdonestopumput otettiin käyttöön 31.8. ja ne todennäköisesti jäähdyttävät reaktoria jonkin verran ja teknisen veden lisäys voitaisiin mahdollisesti lopettaa.

1.9 aloitettiin lipeän (50 % NaOH) syöttö prosessiin pH-tason ylläpitämiseksi. Lipeää syötetään noin 50 litraa päivässä. Lipeän syöttö mahdollistaa pH:n ylläpitämisen ja samaan aikaan lähtevän veden ammoniumtyppipitoisuuden säilymisen suositellun vaihteluvälin alarajalla (noin 100 mg/l). Vaihtoehtoisesti voitaisiin kuormittaa reaktoria voimakkaammin tai ilmastaa vähemmän, jolloin reduktio on heikompi ja ammoniumtyppipitoisuus ja pH nousevat.

Sekoittimen toiminnasta ei ole saatu kuvaa, koska ilmastuksen keskeytykset johtaa paksuhkon kantoainepatjan kertymiseen altaan pinnalle eikä sekoitusvaikutusta voi nähdä.

Reaktorin täytön jälkeen mammut-pumppuja ei oltu juuri tarvittu. 31.8. reaktorissa havaittiin voimakasta vaahdonmuodostusta, ja vaaho nousi reaktorialtaan reunojen yli. Tästä lähtien vaahdonestopumput ovat olleet toiminnassa yhtä aikaa ilmastuksen kanssa. Suurimmillaan vaahdonestopumppujen ja poistosiivilän yhteenlaskettu ilmankulutus oli jopa 300 Nm³/h, eli ne kuluttavat huomattavan suuren ilmamäärän prosessin ilmantarpeeseen verrattuna. Molempien ilmamäärään voidaan vaikuttaa säätämällä niitä käsiventtiilillä. Poistosiivilän auki pysymiseen vaadittavaa vähimmäisilmamäärää – tai sitä onko sen ilmastus ylipäätään välttämätöntä, on vaikea arvioida. Vaahdonestopumppujen ilmamäärän tai käytössä olevien pumppujen määrän vaikutus vaahdoneston toimintaan on puolestaan helposti nähtävillä.

3 Tulokset

3.1 Kapasiteetti

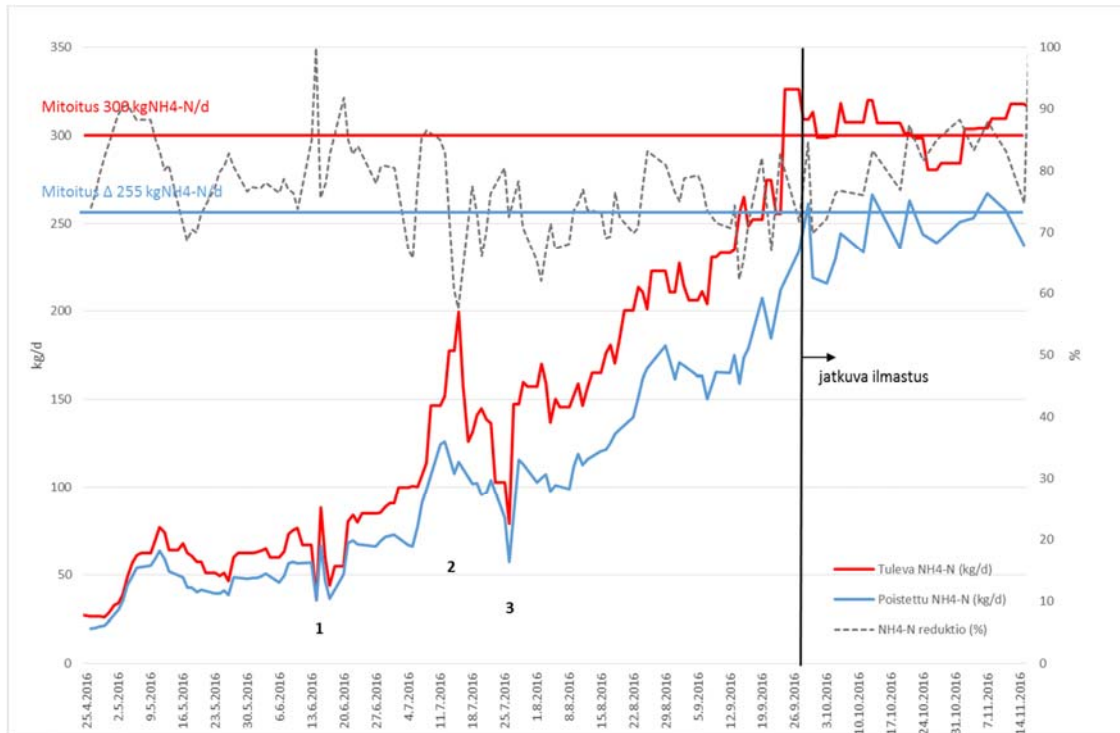
ANITA™Mox -prosessin mitoituksuormitus 300 kgNH₄-N/d saavutettiin syyskuun lopulla. Kuvassa 2 on esitetty prosessin kuormituksen ja poistetun ammoniumtypen määrän kehittyminen pilotoinnin aikana. Kuvassa näkyy lisäksi saavutettu ammoniumtyppireduktio prosentteina.

Mitoituksuorman saavuttamiseen meni rejektin syötön aloittamisesta noin 5 kuukautta. Prosessin käynnistys tehtiin Viikinmäessä melko varovasti ja mitoituksukapasiteetti olisi mahdollisesti saavutettavissa nopeamminkin. Osin käynnistystä hidastivat laiterikot ym. ongelmat, joiden jälkeen kuormitusta usein alkuun pienennettiin. Osin syynä hitauteen on yksinkertaisesti ollut varovaisuus, joka on korostunut kun käytetään käsiohjausta.

On syytä huomata, että prosessi on mitoitettu kohtalaisen varovaisesti, n. 0,6 kg NH₄-N/m³/d ja sen odotetaan pystyvän käsittelemään tätä suurempi kuorma. Pilotin kuormitusta kasvatetaan edelleen maksimikapasiteetin selvittämiseksi.

3.2 Pilotoinnin eteneminen

Kuvassa 2 näkyy pilotin kuormituksen lisäys ja käsittelykapasiteetin kasvu puolen vuoden aikana. Kuvaan on numeroilla 1-3 merkitty joitain pilotoinnin aikana tapahtuneita suurempia, ulkoisista syistä johtuneita häiriöitä. Kuvassa on merkitty myös jatkuvan ilmastuksen aloitusajankohta. Lokakuussa ilmastuksen ohjausta tehtiin käsin vakioilmavirtaamalla ja marraskuussa testattiin uusia ohjaustapoja, mikä näkyy reduktion ja poistetun ammoniumtypen voimakkaana vaihteluna.



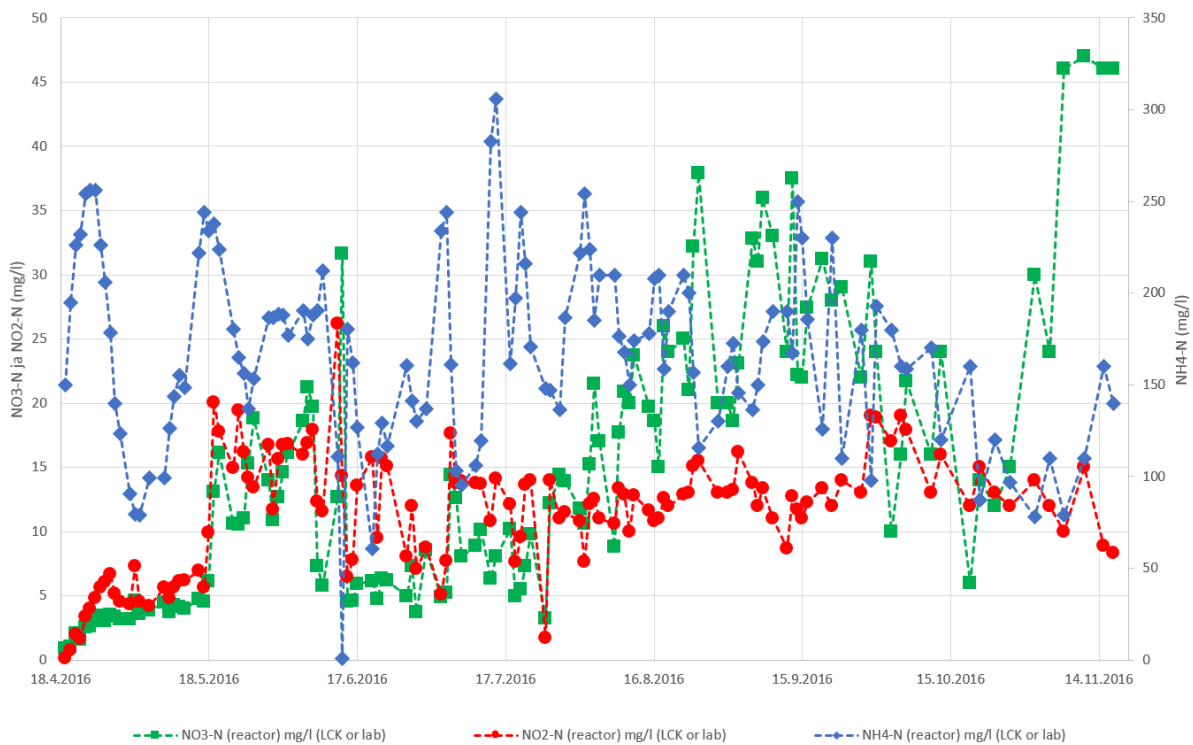
Kuva 2 Prosessin kuormitus (kgNH₄-N/d), tyypinpoisto (kgNH₄-N/d) ja ammoniumtypen reduktio (%) pilotointijakson aikana.

Kohdassa 1 rejektin syöttö prosessiin keskeytyi illan ja yön ajaksi 13.6–14.6. Syynä olivat virka-ajan jälkeen tehdyt huoltotyöt, joiden takia lietteen kuivaus keskeytyi. Prosessin ilmastuksen tulisi mennä tyhjäkäynnille, jos syöttö jostain syystä katkeaa, mutta tässä tilanteessa ilmastuksen ohjaussekvenssi ei toiminut. Ilmastus jatkui jaksottaisena koko yön, ja aamulla kaikki ammoniumtyppi oli kulunut reaktorista. Ammoniumtyppi saatiin takaisin normaalille tasolle syöttämällä runsaasti rejektivettä prosessiin. Tyhjäkäyntisekvenssi korjattiin.

Kohdassa 2 ammoniumtyypen poistuminen prosessissa näytti nousevan nopeasti 6.-12.7, joten myös kuormitusta lisättiin reilusti. Tämän jälkeen poistoteho lähti laskuun ja ammoniumtyppitaso ja pH reaktorissa nousivat liian korkeiksi, jolloin myös kuormitusta jouduttiin jälleen vähentämään. Heti tämän jälkeen kohdassa 3 reaktorin lämpötila alkoi nousta aiempaa huomattavasti korkeammalle, ja viikonlopun aikana 24.7 prosessi laitettiin tyhjäkäynnille, ettei kuuma ilmastusilma nostaisi lämpötilaa liian korkealle. 25.7 aloitettiin teknisen veden syöttö reaktoriin ja lämpötilaa saatiin laskettua.

Kuorman kasvattaminen keskeytettiin tilapäisesti kun mitoituskormitus 300 kgNH₄-N/d oli saavutettu ja pilotin toimintaa on seurattu ja uusia ohjaustapoja testattu.

Kuvassa 3 on esitetty ammoniumtyypen, nitraatin ja nitriitin pitoisuudet käsitellyssä rejektivedessä pilotointijaksolla.



Kuva 3 NH₄-N, NO₃-N ja NO₂-N käsitellyssä rejektivedessä pilotointijakson aikana

Nitraattipitoisuus on jatkuvasti ollut alle 11 % poistetusta ammoniumtypestä, joka vastaisi sen teoreettista muodostumista anammox-prosessissa, usein merkittävästi pienempi. Syynä alhaisempaan nitraattipitoisuuteen on todennäköisesti ollut osin liiallinenkin varovaisuus ilmastuksessa ja osin reaktorissa tapahtuva denitrifikaatio. Nitraatin osuus on noussut, kun ilmastuksessa on päästy siirtymään automaatio-ohjaukseen.

3.3 Käyttökustannusten muodostuminen

Prosessin käyttökustannukset muodostuvat ilmastuksen ja pumppauksen energiankulutuksesta, mahdollisesta alkalointikemikaalista, analyysikustannuksista ja henkilöstöstä.

Prosessin toteutunut ilmankulutus mitoituksuormalla on ollut noin 400 Nm³/h, eli alhaisempi kuin mitoitussilmamäärä 500 Nm³/h. Kokonaisilmankulutusta nostaa kuitenkin merkittävästi poistosiivilän ja vaahdonestopumppujen ilman tarve. Näitä virtaamia ei mitata, mutta ne voidaan arvioida ilmastinten tuoton ja käyttötaajuuden perusteella. Kulutuksen arvioidaan olevan on n. 150–300 Nm³/h riippuen venttiilien asennoista, eli mitoituksuormituksella lisäilman voi olla selvästi yli 50 %.

Kokonaisilmantarpeeseen voidaan vaikuttaa käytettävällä vaahdonestomenetelmällä. Vaihtoehtona ovat energiatehokkaampi pumppaus oppopumpulla tai vaahdonestokemikaalin käyttö. Jälkimmäinen voi väärin valittuna haitata prosessin toimintaa. Vaahdonestokemikaalin käyttöä ei ole toistaiseksi testattu Viikinmäen pilotoinnissa.

Myös käytetyt ilmastimet ja allassyvyys vaikuttavat ilmantarpeeseen. Hienokupla-kalvoilmastinten tehokkuus on hyvä, mutta niiden huoltotarve voi muodostua ongelmaksi kantoaineprosesseissa, etenkin jos linjoja on vähän. Karkea- tai keskikarkeakuplailmastus on toteutettavissa reikäputkilla, joiden huoltotarve on vähäinen. Allassyvyyden kasvattamisella voidaan parantaa ilmastustehokkuutta, mutta kantoaineen pintaan pyrkimisen aiheuttamat ongelmat voivat vastaavasti kasvaa, kun pinta-alaa kohden on enemmän kantoainetta.

Pilotin tulopumppauksen energiankulutus on vähäistä ilmastukseen verrattuna, samoin sekoituksen, jota tarvitaan ainoastaan ilmastusjaksojen välissä. Alkalointikemikaalina annostellaan tällä hetkellä 50 % lipeää 50 L/d noin 350 m³/d käsiteltävää jätevettä kohti. Määrää voitaisiin todennäköisesti pienentää. Laboratorioanalyysijä on tehty runsaasti. Näitä on kuitenkin tehty seurantatarkoituksessa huomattavasti enemmän kuin pilotin ohjaus edellyttäisi, ja analyysimääriä onkin karsittu selvästi alun tilanteesta.

Henkilötyön määrä pilotin käyttöönoton yhteydessä on ollut suuri. Pilotti on vaatinut etenkin alussa jatkuvaa seurantaa ja päivittäisiä analyysijä. Ensimmäisten käyttöviikkojen aikana analyysit tehtiin myös viikonloppuna, sen jälkeen ainoastaan arkisin. Toiminnan vakiinnuttua myös kuormittavuus on pienempi, mutta prosessi teettää - laitteiden huollon lisäksi - työtä anturien puhdistuksen, vaihdon ja kalibroinnin ja prosessin ohjauksen muodossa. Anturit on puhdistettava viikoittain.

Pilotoinnin henkilötyö ja tehtyjen analyysien määrät ovat kuitenkin olleet selvästi prosessin ylläpidon vähimmäistarvetta suuremmat, sillä toimintaa on haluttu analysoida tarkemmin. Myös uusien ohjaustapojen käyttöönotto on teettänyt lisätyötä.

Prosessin tilaa on edelleen seurattava ja ohjausta tarvittaessa muutettava päivittäin.

Yhteenveto käyttökustannuksiin vaikuttavista ratkaisuista:

- **Ilmantarve**
 - Käytetyt ilmastimet ja allassyvyys.
 - Poistosiivilän ilmastuksen ilmamäärän säätö
 - Käytetty vaahdonestomenetelmä
- **Pumppaukset**
 - Suunnitteluratkaisut
 - Käytetty vaahdonestomenetelmä.
- **Sekoitus**
 - Käytetyt sekoittimet ja niiden määrä
- **Alkalointikemikaali**
 - $\text{NH}_4\text{-N}$ tavoitetaso
 - Mahdollinen denitrifikaation hyödyntäminen operoinnissa, jos kapasiteetti riittää
- **Vaahdonestokemikaali**
 - Jos käytössä
- **Analyytikustannukset**
 - On-line mittausten määrä ja ylläpitoon käytetty aika ts.tukeudutaanko enemmän jatkuvatoimisiin mittauksiin vai analyysituloksiin.
 - Ylimääräiset analyysit (akateeminen mielenkiinto, mutta myös prosessivarmuus) vs. ohjauksen vaatima minimi
- **Henkilötyö**
 - On-line mittausten määrä ja ylläpitorutiinit
 - Tavoiteltu puhdistustaso eli ajetaanko varman päälle turvallisella alueella vai pyritäänkö maksimireduktioon.

3.4 Täyden mittakaavan prosessin alustava tilantarve ja investointikustannukset

Rejektivesien käsittelystä ANITA™Mox -prosessilla on laadittu täyden mittakaavan esisuunnitelma (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy).

Esisuunnitelma on tehty vuoden 2030 ennustetulle kuormitukselle 2400 kg $\text{NH}_4\text{-N/d}$. Prosessimitoitus perustuu pilotin toteutustapaan ja mitoitukseen, joka nykyisellään on väljä. Mitoitus tarkkenee ja reaktoritilavuus mahdollisesti pienenee jatkosuunnittelussa, kun pilotin maksimikapasiteetti tunnetaan.

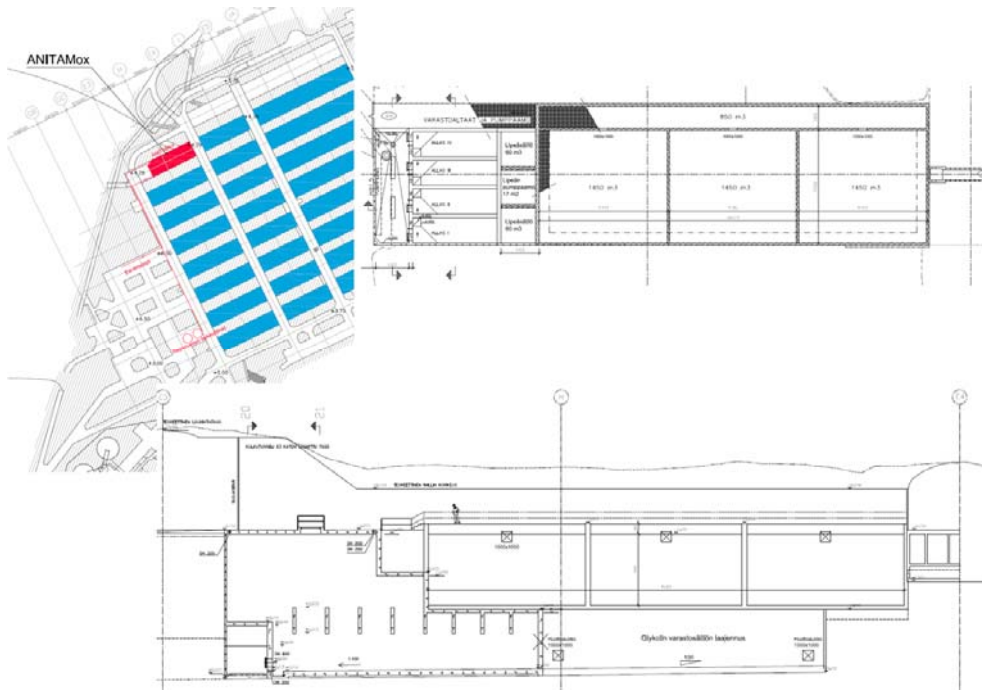
Käsittelyprosessi on kolmilinjainen, tilavuudeltaan yhteensä 4 350 m³ ja varustettu 850 m³ tasausaltaalla, jonka tarkoituksena on vähentää syötön katkoja. Pilotoinnissa on osoittautunut, että katkot eivät ole kohtalokkaita prosessin toiminnalle, mutta ne lisäävät operoinnin työtä.

Rejektivesi johdetaan painovoimaisesti tasausaltaaseen, josta se pumpataan käsittelylinjoille. Prosessin sijaintipaikka on entinen 8. esiselkeytyslinjan tilavaraus, jossa sijaitsee neljä nestemäisen jätteen varastoallasta. Käsitelty vesi pumpataan esi-ilmastukseen, josta se jakautuu tasaisesti kaikille esiselkeytyslinjoille.

Rakentamisen toteutus edellyttää jonkin verran lisälouhintaa. Investointikustannuksiksi on arvioitu 5,5 M€, mikä sisältää louhinnan rakennustyöt, prosessitoimituksen, muut laitteet ja putket sekä SIA- ja LVI-työt, suunnittelun, rakennuttamisen ja varauksia.

Vaikutus koko laitoksen käyttökustannuksiin on selvästi alentava, johtuen metanolin ja kalkin säästöstä pääprosessissa. Vaikutus on jossain määrin riippuvainen prosessin toteutuksen ratkaisuista.

Reaktorin sijoitus laitoksella ja layout- ja poikkileikkauspiirustukset on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Täyden mittakaavan sijoituksen alustava suunnitelma, jossa altaat on sijoitettu 8. esiselkeytysaltaalle louhittuun tilavaraukseen. (FCG)

3.5 Pääprosessin nitrifikaation inhibitio

Pilotoinnin aikana havaittiin ongelmia sen aktiivilietelinjan nitrifikaatiossa, johon pilotissa käsitelty rejektivesi johdetaan. Vastaavia ongelmia oli havaittu myös kuin aiemman DEMON®-prosessin pilotoinnin aikana. Rejektivesien käsittelypilotin kuorma ohjautuu 1. esiselkeytyksen kautta lähes kokonaan 1. ilmastuslinjalle. Linjan nitrifikaatio heikkeni äkillisesti 9.8. ja oli sen jälkeen pitkään vaihtelevasti muita linjoja heikompi. Marraskuun aikana linjan toiminta on normalisoitunut.

Lokakuun puolivälissä mitattiin linjan käsitellyn veden nitriittitypen pitoisuus ja osoittautui että yli 75 % nitraatti- ja nitriittitypen summasta oli nitriittinä. Nitriitti otettiin seurantaan. Marraskuun loppuun mennessä nitriitin pitoisuus on laskenut selvästi alle 1 mg N/l:aan, eli aktiivilieteprosessi tyypilliselle tasolle.

Nitrifikaatio-ongelmat alkoivat kun 1. ilmastuslinjan pH pääsi jatkuvatoimisen mittauksen häiriön seurauksena laskemaan poikkeuksellisen alas, jolloin oletettavasti jo tuolloin koholla ollut nitriitti on muuttunut suurelta osin voimakkaasti inhiboivaksi typpihapokkeeksi.

Syyksi nitrifikaation ongelmiin epäillään AOB-bakteeriympästä pilotista 1. ilmastuslinjalle. Tämä edellyttäisi, että pilotin vapaassa vedessä on kasvanut merkittävä määrä AOB:eja, ja että ne ovat olleet huonosti laskeutuvia, jotta ne voisivat päästä läpi esiselkeytyksestä. Tätä ei ole saatu sen paremmin todennettua kuin

kumottua. Tilanteen normalisoituminen marraskuun aikana voi puolestaan johtua joko muutoksista pilotin kuormituksessa ja viipymässä ja edelleen vapaan veden bakteerikannassa tai vaihtoehtoisesti aktiivilieteprosessin lämpötilan ja lieteiän muutoksista enemmän NOB:eja suosivaksi.

Muita, vaihtoehtoisia selityksiä bakteerikuormitukselle ovat linjalle kohdistuva korkeampi ammoniumtyppikuorma tai jonkin inhiboivan aineen muodostuminen pilotissa. Pilotin käsitelty vesi kasvattaa 1. ilmastuslinjan ammoniumtyppikuormaa n. 5–8 % eli n. 3 mg N/l muihin verrattuna, mikä voi itsessään heikentää nitrifikaatiotulosta. Tämä puolestaan lisää linjan 3. ja 2. lohkojen automaattista ilmastusta ja laskee alkaliteettia ja pH:ta suhteessa muihin linjoihin. Näin suuriin ongelmiin lisäkuorman ei kuitenkaan pitäisi yksin johtaa. Nitrifikaation inhibitiotestiä ei ole toistaiseksi tehty. Inhiboivan aineen merkittävä muodostuminen biologisessa prosessissa on mahdollista mutta vaikuttaa epätodennäköiseltä.

Vastaavista kokemuksista ei ole löydetty raportteja muualta. Syynä voi olla suomalaisen vesijohto- ja edelleen jäteveden tyyppillinen pehmeys ja siten herkästi alhaisempi pH-taso, joka altistaa typpihapokkeen aiheuttamalle inhibitiolle.

1. ilmastuslinjan nitriittitypen pitoisuuden seuranta jatketaan ja pitoisuuden mahdollisesti uudestaan noustessa kiinnitetään erityistä huomiota pH-tason ylläpitoon.

4 Yhteenveto ja jatkotoimet

ANITA™Mox -pilotoinnissa havaittiin, että pilotti pystyy käsittelemään kuorman jolle se on mitoitettu ja sen odotetaan pystyvän käsittelemään vielä tätä suuremman kuorman. Kuormituksen kasvattamista jatketaan edelleen ja pyritään löytämään maksimikuormitustaso, jolla prosessi toimii hyvin ja vakaasti.

Prosessi on vakaa ja se on kestänyt hyvin erilaisia laitehäiriöitä, ajoittain virheellisiin päätelmiin perustunutta käsiohjausta ja katkoja rejektiveden syötössä. Prosessin ohjaus on sujunut tarvittaessa hyvinkin vähillä mittauksilla, kun prosessin käyttäytymisestä ja tyypillisestä ilmantarpeesta kuormaa kohti on kertynyt kokemusta. Esimerkiksi happipitoisuus on tärkeä prosessin ohjauksen ja toiminnan kannalta, mutta prosessia on voitu ohjata pitkiä aikoja ilman toimivia happimittauksia,

Mitoituskuormituksen saavuttaminen on ollut hidasta, mihin on ollut useita syitä. Prosessin ohjaus on ollut ylipäättään varovaista mm. aiempien huonojen kokemusten vuoksi. Myös erilaiset laitehäiriöt ovat hidastaneet maksimikuormituksen saavuttamista. Prosessin kantoaineet ovat aiheuttaneet rajoituksia ilmastuksen säätötavalle ja ongelmia jatkuvatoimisille mittauksille. Kantoaine muodostaa selvän haasteen mittauksen toteuttamiselle, sillä se aiheuttaa mekaanista räsytystä ja työntää antureita pois vedestä. Anturikohtaisten suojien sijaan jonkinlainen ”anturihäkki” vaikuttaisi toimivammalta ratkaisulta täyden mittakaavan prosessille. Väkevä rejektivesi on ylipäättään ongelmallinen ympäristö useille antureille.

pH-mittaus on noussut pilotoinnissa keskeiseen asemaan, koska se kestää hyvin puhdistusta ja korreloi ammoniumtyyppipitoisuuden kanssa, joskin pH:n ja ammoniumin suhde on muuttunut hitaasti pilotoinnin aikana. pH-mittaukseen perustuvien prosessin ilmastuksen ohjaustapojen testaus ja parametrien optimointi jatkuu. Sähköjohtokyky mittauksen korrelaatiota ammoniumtyyppipitoisuuden kanssa seurataan ja mittaria aletaan mahdollisesti käyttää ammoniumtyyppimittarina.

Pilotoinnin kuluessa havaittiin, että käsitelty rejektivesi vaikutti haitallisesti vastaanottavan ilmastuslinjan toimintaan, mutta tilanne on normalisoitunut pilotoinnin jatkuessa. Vastaanottavan aktiivilietelinjan seuranta jatketaan nitriitin osuuden mahdollisen uudelleen kasvamisen havaitsemiseksi.

Muuta mahdollista testattavaa viimeistään maksimikuormitustason löytyttyä ovat pilotin toiminta ilman alkalointikemikaalia ja alkalointikemikaalin syötön keskeytyessä äkillisesti, teknisellä vedellä tapahtuvan jäähdätyksen lopetus ja vaahdonestokemikaalin käyttö.

Pilotin ohjaus on jo osittain siirtynyt osaksi laitoksen normaalia operointia, mistä saadaan myös lisää kokemusta ja eri näkökulma tehtyihin ratkaisuihin. Täyden mittakaavan toteutuksen suunnittelua tullaan tarkentamaan mitoituksen ja ohjauksen osalta kokemusten perusteella.

Hankkeen osana teetettiin Pöyry Oyj:llä selvitys fysikaalis-kemiallisesta, ammoniakkin strippaukseen ja sen talteenottoon ammoniumsulfaattina perustuvasta rejektivesien käsittelystä. Selvitys perustui prosessitoimittajien (RVT, Sulzer ja Envor) mitoituksiin ja budjettitarjouksiin ANITA™MOX-pilottia vastaavalle kuormalle. Eri toimittajien ratkaisujen tilantarpeet, kemikaalien kulutukset ja kustannukset poikkesivat toisistaan huomattavan paljon, ja vertailu biologiseen käsittelyyn tai täyden mittakaavan mitoitukseen ja kustannusten arviointi edellyttäisivät käsittelyn pilotointia.



Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

PL 100, 00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki
Puh. 09 156 11, Fax 09 1561 2011, www.hsy.fi

Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster

PB 100, 00066 HRM, Semaforbron 6 A, 00520 Helsingfors
Tfn 09 156 11, Fax 09 1561 2011, www.hsy.fi

Helsinki Region Environmental Services Authority

P.O. Box 100, FI-00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki
Tel. +358 9 15611, Fax +358 9 1561 2011, www.hsy.fi