



Jari Kinnunen

**JÄTEVEDENPUHDISTUS RINNAKKAISSAOSTUSLAITOKSELLA
– ESIMERKKINÄ KINNULAN JÄTEVEDENPUHDISTAMO**

**JÄTEVEDENPUHDISTUS RINNAKKAISSAOSTUSLAITOKSELLA
– ESIMERKKINÄ KINNULAN JÄTEVEDENPUHDISTAMO**

Jari Kinnunen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, ympäristö- ja yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Jari Kinnunen

Opinnäytetyön nimi: Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuslaitoksella - esimerkkinä Kinnulan jätevedenpuhdistamo

Työn ohjaajat: Mohamed Asheesh, OAMK, Ossi Kinnunen, Kinnulan kunta, Sari Urpilainen, Kinnulan kunta, Outi Ruuska

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 48 + 7 liitettä

Jätevedenpuhdistus on toimenpide, jonka tarkoitus on käsitellä yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedet. Jätevedenkäsittelyn tarkoitus on saada luonnosta otettu vesi takaisin luonnon kiertokulkuun mahdollisimman puhtaana. Jätevedet puhdistetaan puhdistamoilla yleensä mekaanisesti, kemiallisesti ja biologisesti. Tämä insinöörityö oli kirjallisuusselvitys jätevedenpuhdistuksesta rinnakkaissaostuslaitoksella. Esimerkkinä tässä työssä käytettiin Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamoa. Kinnulan jätevedenpuhdistamo on rinnakkaissaostusperiaatteella toimiva aktiivilietelaitos. Työssä selvitettiin jätevedenpuhdistusprosessin toimintaperiaatetta ja pureuduttiin Kinnulan jätevedenpuhdistamon nykytilaan. Työn tavoitteena oli selvittää eri jätevedenpuhdistusprosessien toimivuutta, soveltuvuutta sekä niiden vaikutusta puhdistustuloksiin. Työ toimii myös alustavana jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessin kehityssuunnitelmana Kinnulan kunnalle ja Keski-Suomen ELY-keskukselle. Työn ensisijaisena lähtökohtana oli, että puhdistusprosessia kehitetään siten, että nykyinen puhdistusprosessi ei vaarannu.

Jätevedenpuhdistusprosessi on monien osaprosessien summa. Tässä työssä paneuduttiin käytännössä kolmeen osa-alueeseen. Työssä käsiteltiin esiselkeytystä, automaatiota ja typenpoistoa. Työssä käytettiin erilaisia jäteveden puhdistusprosessiin liittyviä julkaisuja, joita sovellettiin käytettäväksi Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamolla.

Selvitystyön perusteella voitiin todeta, että esiselkeytyksen lisääminen puhdistusprosessiin vähentäisi käsittelyprosessiin tulevaa BOD-kuormaa ja näin ollen parantaisi biologisten prosessien puhdistustehoa. Prosessiautomaatiota kehittämällä prosessista olisi mahdollista saada enemmän reaaliaikaista tietoa, jotta prosessia voitaisiin ohjata tarkemmin ja näin ollen saavuttaa parempia puhdistustuloksia. Ihmisten huolet puhdistamon alapuolisen purkuvesistön tilasta ovat olleet paljon esillä, joten typenpoiston tehostaminen on tullut ajankohtaiseksi. Selvitystyön perusteella voitiin todeta, että puhdistamolle on mahdollista saada toimiva tyyppiä poistava biologinen prosessi.

Asiasanat: Jätevedenpuhdistus, esiselkeytys, prosessiautomaatio, typenpoisto

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY	6
1 JOHDANTO	7
2 JÄTEVEDENPUHDISTUSPROSESSI	8
2.1 Yhdyskuntajätevesien ominaisuudet	8
2.2 Jäteveden puhdistusprosessi rinnakkaissaostuslaitoksella	10
2.2.1 Mekaaninen käsittely	10
2.2.2 Kemiallinen käsittely	11
2.2.3 Biologinen käsittely	12
2.3 Esiselkeytys vedenkäsittelyprosessissa	12
2.4 Puhdistusprosessin ohjaus	13
2.5 Jäteveden fosforinpoistoprosessi	14
2.6 Jäteveden typenpoistoprosessi	16
2.7 Nitrifikaatio	18
2.8 Denitrifikaatio	19
2.9 Jälkidenitrifikaatio	20
2.10 Aktiivilieteprosessi ja sen säätö	23
2.11 Lietteen käsittely	24
3 KINNULAN JÄTEVEDENPUHDISTAMON NYKYTILA	26
3.1 Yhdyskuntajätevedet Kinnulassa	26
3.2 Laitos ja sen mitoitus	26
3.3 Kinnulan jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi	27
3.4 Kuormitus	29
3.5 Lupaehdot ja ympäristö	30
4 JÄTEVEDENPUHDISTAMON KEHITYSTOIMENPITEET	32
4.1 Esiselkeytyksen lisääminen puhdistusprosessiin	32
4.2 Puhdistusprosessin kehittäminen	36
4.2.1 Automaatio	36
4.2.2 Instrumentointi	36
4.2.3 Prosessinohjaus	38

4.3 Typenpoiston tehostaminen Kinnulan jätevedenpuhdistamolla	40
5 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	46
LIITTEET	49

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Aktiiviliete	ilmastetuissa altaissa elävä pieneliöstö, joka hajottaa orgaanista ainesta hiilidioksidiksi ja vedeksi, samalla itse lisääntyen
Alkaliniteetti	veden kyky vastustaa pH:n muutoksia ts. veden puskuriikyky
Assimilaatio	bakteerien kyky käyttää orgaanisia aineita solun rakennusaineina
BOD	biokemiallinen hapenkulutus [mg/l]
COD	kemiallinen hapenkulutus [mg/l]
Denitrifikaatio	biologinen prosessi, jossa anaerobiset denitrifikaatiobakteerit hajottavat nitraatteja ja nitriittejä typpikaasuksi
Flokkulaatio	prosessi, jossa partikkelien törmäyksiä aikaan saamalla muodostetaan suurempia partikkeleita, jotka voidaan edelleen erottaa edullisesti selkeytystä tai suodatusta hyväksi käyttäen
Inhibiittori	kemiallista reaktiota hidastava tekijä
Nitrifikaatio	biologinen prosessi, jossa aerobiset nitrifikaatiobakteerit muuttavat kemiallisilla muutoksilla ammoniummuodossa olevaa typpeä nitriitti- ja nitraattimuotoiseksi
Orgaaninen aines	eloperäinen tai elollinen aines
pH	happamuus, joka tarkoittaa veden vetyionipitoisuutta

1 JOHDANTO

Jäteveden puhdistuksen tavoitteena on saada luonnosta otettu vesi mahdollisimman puhtaana takaisin luonnon kiertokulkuun ympäristöä tarpeettomasti kuormittamatta. Jäteveden puhdistuksen tavoitteet ovat muuttuneet ja kehittyneet noin 100-vuotisen historiansa aikana siten, että aluksi keskityttiin kiinteiden epäpuhtauksien poistoon, jolloin puhdistusmenetelminä toimivat laskeutusaltaat ja kiinteistökohtaiset saostuskaivot. Vesistöjen rehevöitymisen seurauksena jäteveden puhdistuksesta tuli yksi tärkeimmistä prosesseista vesien ja ympäristönsuojelussa. Jäteveden käsittelyllä tarkoitetaan epäpuhtauksien, erilaisten ravinteiden ja niiden haittavaikutuksien vähentämistä jätevedestä sekä kuormituksen alentamista purkuvesistöissä.

Tämä insinöörityö on kirjallisuusselvitys jätevesienpuhdistamisesta rinnakkaisaostuslaitoksella. Tavoitteena on selvittää rinnakkaissaostusperiaatteella toimivan jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessia ja toimintaperiaatetta. Työssä ei käsitellä toteutussuunnittelua vaan keskitytään enemmän prosessinohjaukseen.

Opinnäytetyössä käytetään esimerkkinä Kinnulan jätevedenpuhdistamoa ja sen nykytilaa. Työssä pureudutaan mahdollisiin prosessin kehitystoimenpiteisiin, joita Kinnulan jätevedenpuhdistamolla voitaisiin harjoittaa. Työn lähtökohtana on löytää Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamolle kustannustehokkaita ja toimivia prosessiratkaisuja, muuta puhdistusprosessia vaarantamatta. Tarkoituksena on ajaa puhdistusprosessia ensisijaisesti typenpoistoprosessina. Työ perustuu lähinnä kolmeen osa-alueeseen, joita ovat esiselkeyttimen hyödyntäminen, puhdistusprosessin ohjaus ja typenpoiston tehostaminen jäteveden puhdistusprosessissa.

2 JÄTEVEDENPUHDISTUSPROSESSI

2.1 Yhdyskuntajätevesien ominaisuudet

Yli 80 prosenttia Suomen asukkaista kuuluvat keskitetyn viemäröinnin ja jätevedenkäsittelyn piiriin. Vuodessa jätevettä muodostuu noin 500 000 000 m³ vuorokaudessa eli noin 320 litraa vuorokaudessa per asukas. Noin 30 prosenttia tästä määrästä on vuotovesiä sademäärästä riippuen. Jätevedet voidaan yleensä ottaen jaotella asumisjätevesiin ja teollisuusjätevesiin. Pääasiassa asumisjätevedestä noin 80-90 prosenttia on vesijohtovettä. Yhdyskuntajätevedet muodostuvat ulosteesta, virtsa-aineista, ravinteista, ruokajätteistä, pesuaineista, paperista ja hiekasta. Taulukossa 1 on esitetty tyypillinen yhdyskuntajäteveden koostumus. (Yhdyskuntien jätevedet. 2011.)

TAULUKKO 1. Tyypillinen yhdyskuntajäteveden koostumus (Ikaalisten pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. 2001, 29)

biologinen hapenkulutus, BOD	100-200 mg/l
kemiallinen hapenkulutus, COD	150-300 mg/l
kokonaistyyppi Kok.N _{Mn}	25-40 mg/l
ammoniumtyppi, NH ₄ -N	25-35 mg/l
kokonaisfosfori, Kok.P	5-9 mg/l
kloridit, Cl	60-70 mg/l
happamuus, pH	6,5-8

Biokemiallisella hapenkulutuksella (BOD) tarkoitetaan sitä happimäärää, joka tarvitaan tiettyä aikaa ja määrätynlaisissa oloissa näytteessä olevien orgaanisten aineiden biologiseen hajotukseen happipitoisissa olosuhteissa (Biokemiallinen hapenkulutus. 2011). Kemiallinen hapenkulutuksella (COD) tarkoitetaan vedessä olevien, kemiallisesti hapettuvien aineiden määrää (Kemiallinen hapenkulutus. 2011).

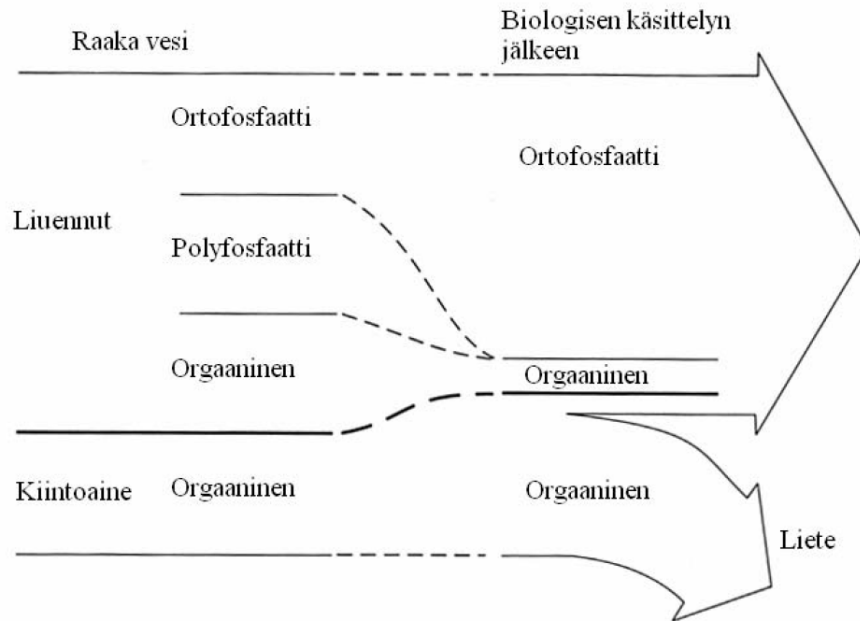
Jäteveden sisältämä typpi esiintyy jätevedessä liuenneina, liukenemattomina, kolloidisina orgaanisina yhdisteinä tai liuenneina epäorgaanisina yhdisteinä. Jäteveden sisältämästä tyypestä 50-70 prosenttia on ammoniummuodossa, joka on tyypin epäorgaaninen yhdiste. Typpi ei saisi joutua vesistöön ammoniummuodossa. Ammonium on tyypin epäorgaaninen yhdiste ja keskeinen ravinne

vesien tuotannon kannalta. Vesistöihin ammoniumia joutuu typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamistuotteena. Lannoitteet sekä teollisuuden ja asutuksen jätevedet ovat myös merkittävä ammoniumtypen lähde. Yhden henkilön aiheuttama typpi kuorma on noin 15-25 g/as·d. Taulukossa 2 on esitetty jätevedestä olevat typpiyhdisteet. (Kokonaistyyppi. 2011.)

TAULUKKO 2. Typpiyhdisteiden määritelmiä (Tchobanoglous – Burton – Stensel 2003, 415)

Ammoniakkikaasu	NH_3
Ammoniunioni	NH_4^+
Kokonaisammoniakkityppi	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
Nitriitti	NO_2^-
Nitraatti	NO_3^-
Epäorgaaninen kokonaistyyppi	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
Orgaaninen typpi	TKN – ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)
Kokonaistyyppi	Orgaaninen N + $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$

Jäteveden sisältämä fosfori on pääsääntöisesti kolmessa muodossa: Ortofosfaattina H_3PO_4 , polyfosfaattina NaPO_3 ja orgaanisena fosforina. (Karttunen 2004, 540). Yhden henkilön aiheuttama fosfori kuorma on noin 3-5 g/as·d. Jäteveden sisältämästä fosforista 70 prosenttia on liuenneena ja 30 prosenttia on sitoutuneena jäteveden sisältämään orgaaniseen aineeseen. Kuvassa 1 on esitetty fosforin käyttäytyminen jäteveden puhdistusprosessissa. (Tchobanoglous ym. 2003, 416.)



KUVA 1. Fosfori jäteveden puhdistuksessa (Henze – Harremoes – Jansen – Arwin 2002, 328)

2.2 Jäteveden puhdistusprosessi rinnakkaissaostuslaitoksella

Suomessa on 540 jätevedenpuhdistamaa, jotka sijaitsevat yli 50 asukkaan taajamissa. Yleisin puhdistusmenetelmä on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jossa jätevedet käsitellään mekaanisesti, kemiallisesti ja biologisesti. Muut puhdistusmenetelmät ovat esi- ja jälkisaostus, jossa fosforin saostus suoritetaan ennen tai jälkeen varsinaisen puhdistusprosessin. (Jätevesien puhdistus. 2011.)

2.2.1 Mekaaninen käsittely

Mekaanisella jäteveden käsittelyllä tarkoitetaan lähinnä kiintoaineen ja nesteen erottamista toisistaan joko siivilöimällä, selkeyttämällä tai suodattamalla. Usein jäteveden puhdistuksen ensimmäinen mekaaninen yksikköprosessi on välppäys. Välppäyksen tarkoitus on erottaa jätevedestä kaikkein karkein kiintoaine eräänlaisella siivilällä. Välppä on siivilän tapainen laite, joka päästää veden lävitse ja jättää suurimmat kiintoainepartikkelit ulkopuolelle. Välppät voidaan jakaa sauvojen vapaan välin suhteen kolmeen pääryhmään: Harvat välppät (40-100 mm), keskitiheät välppät (10-40 mm) ja tiheet välppät (< 10 mm). Seuraava me-

kaaninen puhdistusprosessi on yleensä rasvan ja hiekan erotus. (Karttunen 2004, 53-56.)

Rasvan- ja hiekanerotuksen tehtävä on ehkäistä kyseessä olevien aineiden pääsyä puhdistusprosessiin. Hapellisissa olosuhteissa rasva vaikuttaa haitallisesti hapen siirtoon. Hapettomissa olosuhteissa pitkäketjuiset rasvahapot inhiboivat bakteerien kasvua. Hiekanerotuksen tehtävä on nimensä mukaisesti tarjota ehkäistä viemäreihin kulkeutuneen hiekan pääsyä puhdistusprosessiin. (Pekkarinen 2005, 10.)

Selkeytys on myös jätevedenpuhdistuksessa mekaaninen käsittelymenetelmä. Selkeytyksen tarkoitus on erottaa jätevedestä kiintoaine ja neste toisistaan. Yleensä selkeytys toteutetaan joko laskeuttamalla tai flotaatiolla. Yhdyskuntajätevesien käsittelyssä käytetään melkein yksinomaan painovoimaan perustuvaa laskeutusta. Laskeutus perustuu painovoimaan jolloin vettä raskaammat partikkelit laskeutuvat altaan pohjalle, josta ne poistetaan pumppaamalla. Flotaatio on päinvastainen operaatio laskeutukselle. Flotaatiossa partikkelit nostetaan kantoaineen avulla veden pinnalle, josta se poistetaan esimerkiksi kuorimalla. Selkeytys toteutetaan jätevedenpuhdistamalla esi- ja jälkiselkeytyksenä. Esiselkeytyksestä on kerrottu enemmän tämän insinööriyön luvussa 2.3. Jälkiselkeytykseltään tehtävä on erottaa puhdistetusta jätevedestä orgaaninen aines ja ravinteita sisältävä biomassa eli aktiiviliete. Jäteveden puhdistuksen mekaanisia vaiheita ovat myös sekoitus, ilmastus ja lietteen käsittely. (Karttunen 2004, 77-79, 97.)

2.2.2 Kemiallinen käsittely

Kemiallisen käsittelyn on tarkoitus aiheuttaa vedessä sellaisia muutoksia pienikokoisissa hiukkasissa ja liuenneissa yhdisteissä, tehden niistä kiinteitä ja suurikokoisempia, jotta ne voidaan poistaa mekaanisesti. Pääsääntöisesti kemiallinen käsittely rajoittuu lähinnä fosforin saostamiseen ja ylijäämälietteen tiivistämiseen. Kalkkia käytetään myös jätevedenkäsittelyssä, koska erällä biologisilla puhdistusprosesseilla on taipumus alentaa jäteveden pH-arvoa. Kalkkia käytetään pH-arvon muutoksen takaisin nostamisessa. Biologinen prosessi tarvitsee suotuisat olosuhteet pH:n osalta, jotta se voi tapahtua maksimaalisesti. Optimi

olosuhteista on kerrottu enemmän opinnäytetyön seuraavissa luvuissa. Fosforin kemiallista saostamista käsitellään enemmän luvussa 2.5. Lietteen käsittelyä käsitellään tässä työssä luvussa 2.11. (Karttunen 2004, 133, 539-541.)

2.2.3 Biologinen käsittely

Biologinen osa jätevesien käsittelyssä tapahtuu suureksi osaksi ilmastusaltaassa. Ilmastusaltaassa biologinen käsittely tehdään yleensä typelle, mutta myös fosforin poistaminen biologisesti on mahdollista. Fosforinpoistosta kerrotaan enemmän tämän opinnäytetyön luvussa 2.5. Suurimmilla puhdistamoilla on myös käytössä biologinen suodatin, josta kerrotaan enemmän tämän opinnäytetyön luvussa 2.9.

Biologinen käsittely perustuu pieneliöiden kykyyn käyttää ravinnokseen jäteveden sisältämää orgaanista ainesta ja hajottaa sitä. Biologisten prosessien pää-tarkoituksena on poistaa jäteveden sisältämiä, purkuvesistöissä happea kuluttavia aineita, kuten fosforia ja typpeä. Biologiset prosessit jaetaan kahteen, aerobisiin ja anaerobisiin prosesseihin sen mukaan, tapahtuuko puhdistus hapellisissa vai hapettomissa olosuhteissa. (Tchobanoglous ym. 2003, 325.)

Ilmastus suoritetaan erillisessä altaassa niin kutsutussa aktiivilietealtaassa. Aktiivilieteprosessissa ilmastus suoritetaan altaassa olevilla ilmastimilla, joihin pumpataan kompressorien avulla ilmaa, jotta jätevedessä olevat mikrobit alkavat lisääntyä ja kuluttaa jätevedessä olevia ravinteita. Ilmastimet ovat yleensä sijoitettu altaan pohjalle. Ilmastus on jätevedenpuhdistusprosessin tärkein osaprosessi, sillä siellä tapahtuvat fosforin kemiallinen saostaminen sekä biologinen fosforin- ja typenpoisto. (Kunnallinen jätevedenpuhdistus. 2012.)

2.3 Esiselkeytys vedenkäsittelyprosessissa

Esiselkeytystä käytetään yhtenä vaiheena ennen sitä seuraavia puhdistusprosesseja. Esiselkeytys poistaa puhdistamolle tulevasta jätevedestä (Karttunen 2004, 507):

- laskeutuvia aineita
- öljyä ja rasvaa
- osan orgaanisesta kuormituksesta (BOD).

Esiselkeytyksen tarkoituksena on alentaa biologisen käsittely-yksikön kuormitusta. Hyvin toimiva esiselkeytys poistaa jopa 50-70 prosenttia kiintoaineksesta ja 25-40 prosenttia biologisesta hapenkulutuksesta (BOD_7). (Karttunen 2004, 507.)

Biologista jätevedenpuhdistusta edeltävä esiselkeytys pystytään mitoittamaan korkeammille pintakuormille ja lyhyemmille viipymille kuin normaali selkeytysallas. Esiselkeytysallas vähentää myös hulevesien puhdistamolle aiheuttamaa hydraulista kuormitusta. Ohijuoksuutilanteissa esilaskeutusallas mahdollistaa kloorauksen järjestämisen laitoksen ohittavalle jätevedelle. (Karttunen 2004, 507.)

Esiselkeytykseen voidaan liittää myös flokkaus, joka voi tapahtua (Karttunen 2004, 507)

- erillisissä altaissa
- syöttämällä flokkauskemikaali suoraan tulevaan linjaan tai yhdistämällä flokkaus ja esilaskeutustapahtumat samaan altaaseen.

Esiselkeytyksen yhteydessä suoritettava flokkaus (Karttunen 2004, 507)

- tehostaa BOD:n poistoa esilaskeutuksessa
- parantaa joissakin tapauksissa jäteveden laatua, varsinkin teollisuuden jätevesiä johdettaessa asumajätevedenpuhdistamolle
- parantaa biologisen prosessin jälkeistä selkeytystä.

2.4 Puhdistusprosessin ohjaus

Automaation hyväksikäyttö on tullut yhä välttämättömämmäksi osaksi vesihuoltolaitosten toimintaa. Automaatiota tarvitaan kaikilla vesihuollon osa-alueilla. Automaatiolla on erilaisia tavoitteita, joiden tehtävä on parantaa jätevedenpuhdistamon toimintaa automatisoimalla puhdistamon toistuvia ja vaikeita tehtäviä esimerkiksi venttiilien säädöt ja välppien puhdistus. Automaatio on mahdollistanut puhdistamon prosessitoiminnan kehittymisen, siten että sille asetettuihin laadullisiin tavoitteisiin voidaan päästä. Jäteveden puhdistus on tehostunut, koska automaatio mahdollistanut ilmastuksen säädön ja kemikaalien annostelut ja näin ollen purkuvesistöön johdettavan käsitellyn jäteveden laadun vaihtelut

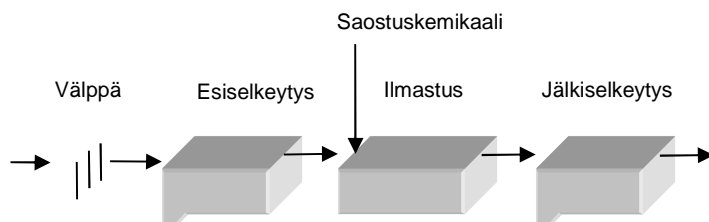
ovat vähentyneet. Automaatio on mahdollistanut online-tiedon saannin prosessista erilaisilla mittalaitteilla ja antureilla, joten erilaisten hälytysjärjestelmien ja kaukovalvonnan kehittyminen on ollut mahdollista. (Kinnunen 2012.)

2.5 Jäteveden fosforinpoistoprosessi

Jätevedenpuhdistuksen tavoitteena on vähentää purkuvesistöjen kuormitusta poistamalla jätevedestä orgaanisen aineksen, fosforin ja typen (Jätevesi. 2011). Fosforia voidaan poistaa jätevedestä kemiallisesti tai biologisesti tai jopa niitä yhdistelemällä. Yleisesti Suomessa käytetään fosforinpoisto menetelmänä fosforin saostamista kemiallisesti. Saostus voidaan toteuttaa suorasaostuksena, esisaostuksena, rinnakkaissaostuksena tai jälkisaostuksena. Yleisesti Suomessa fosforinpoisto tapahtuu rinnakkaissaostusperiaatteella. (Fosforinpoistomenetelmät. 2011.)

Rinnakkaissaostuksessa jätevedeen lisätään sopivaa saostuskemikaalia, joka reagoi vedessä olevan liukoisen fosforin kanssa. Saostuskemikaalin annostelu määrä ja kemikaalin laatu riippuu siitä, mitä puhdistusprosessia käytetään. Yleisesti saostuskemikaali on jokin rautapohjainen yhdiste, tarkemmin ferrosulfaatti, mutta myös alumiiniyhdisteitä voidaan käyttää. (Fosforinpoistomenetelmät. 2011.)

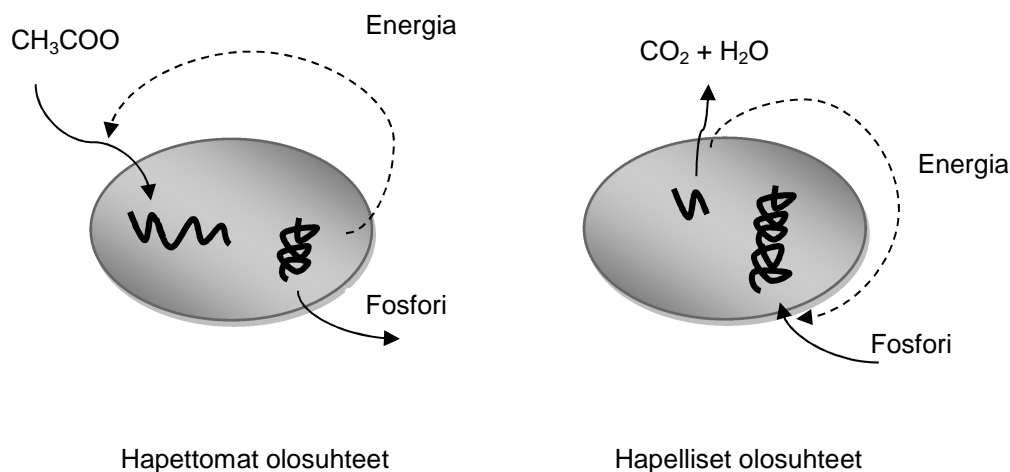
Rinnakkaissaostuslaitoksessa ferrosulfaattia annostellaan prosessiin 50-150 g/m³ ja kemiallinen saostaminen suoritetaan aktiivilietelaitoksen ilmastusaltaassa (Karttunen 2004, 541). Saostuskemikaalia voidaan syöttää yhteen tai kahteen pisteeseen prosessia. Yleensä saostuskemikaali syötetään ilmastusaltaan alkuun, mutta myös kahden pisteen syöttöä voidaan käyttää. Kahden pisteen syötössä kaksi kolmasosaa kemikaalista syötetään laitoksen mekaaniseen osaan eli hiekanerotukseen tai esiselkeytykseen ja yksi kolmasosa kemikaalista ilmastusaltaan alkuun. Saostunut fosfori poistetaan ilmastusaltaan pohjalta altaan loppupäässä. Kuva 2 on esimerkki yhden syöttöpisteen rinnakkaissaostusprosessista. (Fosforinpoistomenetelmät. 2011.)



KUVA 2. Fosforin syöttö rinnakkaissaostuslaitoksella (Karttunen 2004, 540)

Fosfori voidaan poistaa myös biologisesti. Lietteeseen sitoutuu normaalissa puhdistussysteemissä 10-30 prosenttia jäteveden sisältämästä fosforista. Eräät mikrobit voivat oikeantyyppisellä prosessinohjauksella sitoa fosforia tavanomaista enemmän. Jotta maksimaalinen hyöty saavutettaisiin, on mikrobeja käytettävä välillä hapellisissa ja hapettomissa olosuhteissa. Hapettomissa olosuhteissa mikrobien varastoima fosfori vapautuu veteen. Fosforin vapaututtua syntyy energiaa, jonka mikrobi käyttää lyhytketjuisten rasvahappojen sitomiseen. Rasvahapot ovat mikrobien ravintoa. Tyypillinen jätevedessä esiintyvä rasvahappo on etikkahappo. Etikkahappo syntyy hapettomissa olosuhteissa jäteveden sisältämän orgaanisen aineen käymisen seurauksena.

Mikrobit alkavat lisääntyvät hapellisissa olosuhteissa, jolloin ne tarvitsevat edellisessä vaiheessa tuotettua ravintoa, etikkahappoa. Hapellisissa olosuhteissa myös orgaaninen aine hajoaa osiin. Hajoamisen seurauksena vapautuu energiaa. Mikrobi käyttää vapautuneen energian fosforin sitomiseen itseensä. Mikrobi sitoo fosforia itseensä ylen määrin eli enemmän kuin se sitä vapautti. Tällä mekanismilla voi mikrobien fosfori pitoisuus olla jopa 5 prosenttia, tavallisen 1-2 prosentin sijaan. Mikrobeihin sitoutunut fosfori poistetaan prosessista ylijäämälietteen mukana. Kuvassa 3 on esitetty biologisen fosforinpoiston periaate. (Biologinen fosforinpoisto. 2011.)



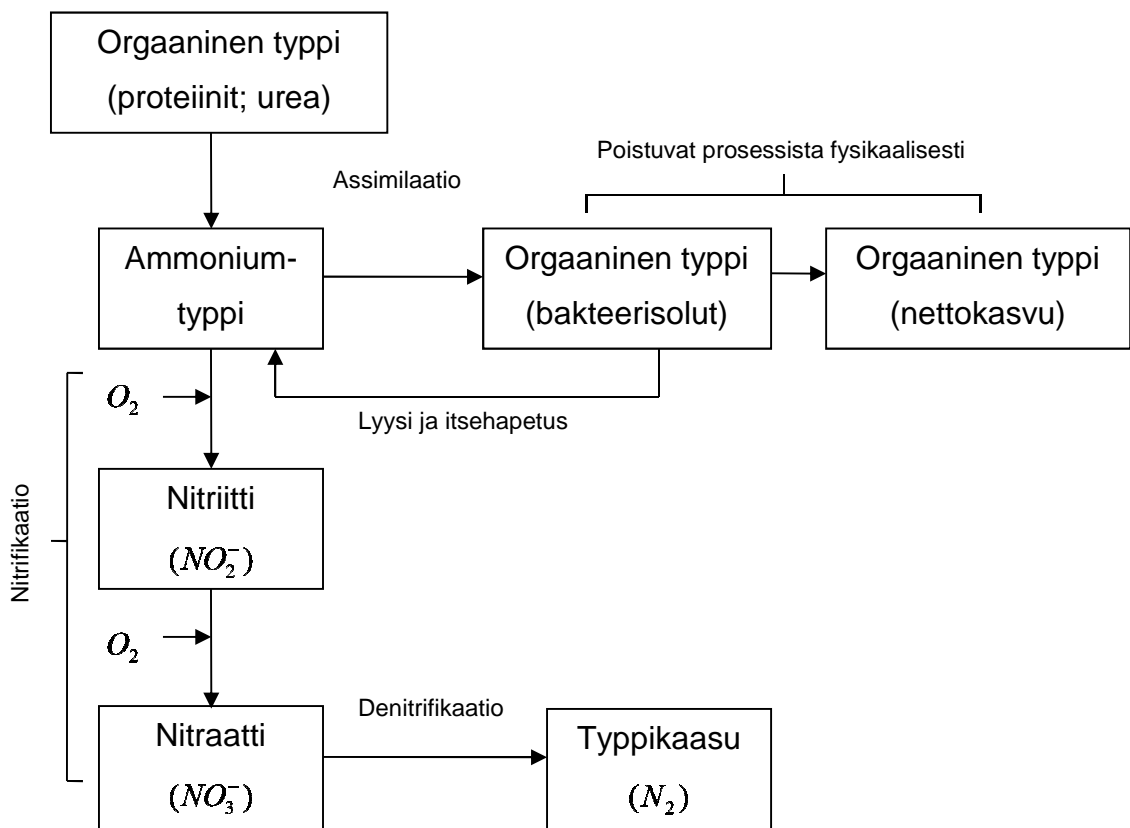
KUVA 3. Biologisen fosforinpoiston periaate (Biologinen fosforinpoisto. 2011)

2.6 Jäteveden typenpoistoprosessi

Jätevedessä olevasta typestä 50 prosenttia on sitoutuneena orgaaniseen aineeseen, valkuaisaineisiin ja virtsa-aineeseen. Toiset 50 prosenttia on ammoniumionina. Typpiä kulkeutuu vesistöihin myös sateiden mukana, mutta suurin kuormittaja on kuitenkin maatalous. Jätevedessä oleva typpi voidaan poistaa monella eri tavalla. Kuitenkin typenpoiston kaksi perusmekanismia ovat assimilaatio, nitrifikaatio-, ja denitrifikaatioprosessi. Assimilaatiossa mikrobit käyttävät solujen rakennusaineena ammoniumtyppiä. Osa ammoniumtypeistä palautuu jätevetteen, koska soluja kuolee ja hajoaa. Nitrifikaatiosta ja denitrifikaatiosta on kerrottu enemmän tämän työn luvuissa 2.7 ja 2.8. Typenpoisto on yksinkertaisuudessaan ammoniumtypen hapettamista ja edelleen pelkistämistä typpikaasuksi. (Karttunen 2004, 211, 545-546.)

Luonnonvesissä ammoniumtyppiä on muutamasta kymmenestä muutamaan sataan mikrogrammaan litrassa, yleensä kuitenkin vähemmän kuin nitraattityppiä. Vesistöissä ammonium typpi hapettuu nitraatiksi, lämpötila vaikuttaa oleellisesti reaktionopeuteen. Hapettuessaan nitraatiksi ammoniumtyppi laskee veden pH:ta ja kuluttaa vesistöissä olevaa happea. Ammoniumtyppi on tärkeä ravinne leville. (Ammoniumtyppi. 2011.)

Typenpoisto perustuu fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin menetelmiin. Typpeä poistuu jäteveden puhdistusprosessin jokaisessa yksikköprosessissa, kuitenkin tärkeimmät osaprosessit tapahtuvat ilmastusaltaassa ja biologisessa jälkisuodattimessa, jos puhdistamolla on sellainen käytössä. Typpeä esiintyy jätevedessä monessa eri muodossa ja jätevedenkäsittelyn aikana yhdisteiden olomuodot saattavat vaihdella. Ammoniumtypen muunnos on kuitenkin kaikkein tärkein, jotta typenpoisto olisi mahdollinen. Kuvassa 4 on esitetty typen eri olomuodot jäteveden käsittelyn aikana. (Kontolampi 2005,17.)



KUVA 4. Typen olomuodon muuttuminen biologisen käsittelyn yhteydessä (Karttunen 2004, 212)

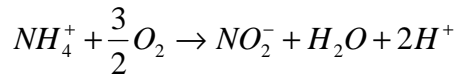
Fysikaalinen tapa on laskeuttaa kiintoainesta, joka sisältää orgaanista typpeä ja poistaa sen sitten edelleen lietteen muodossa. Muita typenpoiston fysikaalisia ja kemiallisia menetelmiä ovat ammoniakkin strippaus, klooraus, ioninvaihto, suodatus, dialyysi ja käänteisosmoosi. Typpiyhdisteiden poisto kemiallisfysikaalisia menetelmiä hyväksi käyttäen ei ole saanut Suomessa jalansijaa korkeiden käyttökustannusten vuoksi. (Karttunen 2004, 211, 540.)

Biologisella tavalla typenpoisto koostuu kahdesta eri vaiheesta; nitrifikaatiosta ja denitrifikaatiosta. Yhdistelemällä näitä osaprosesseja eri tavoin voidaan saavuttaa jopa 60-90 prosentin typenpoistoteho. D/N-prosessissa denitrifikaatiovyöhyke on ennen nitrifikaatiovyöhykettä. D/N-prosessi on osin suomessa vielä kokeiluvaiheessa, mutta jo yleistynyt huomattavasti. D/N-prosessin etuja on, että ulkoista hiililähdettä ei välttämättä tarvita ollenkaan. Lisäksi D/N-prosessissa ensimmäisenä tapahtuvassa denitrifikaatiovaiheessa tapahtuu merkittävä BOD₇-reduktio, joka vähentää oleellisesti ilmastusaltaaseen tulevan kuorman määrää. Tästä syystä ilmastukseen tarvittavan energian määrä alenee ja ilmastusaltaan tilavuus pienenee. BOD₇-arvo pienenee 3-5 mg/l yhtä pelkistynyttä nitraattitypimilligrammaa kohden. Tiedetään, että tulevassa jätevedessä on ammoniumtyyppiä 25-30 mg/l, voidaan laskea BOD₇-arvon vähenevän 75-150 mg/l. Suomessa D/N-prosessin haittana on jäteveden lämpötilan aleneminen talviaikana. Alhainen jäteveden lämpötila hidastaa prosessia ja reaktio aikaa. N/D-prosessissa nitrifikaatiovyöhyke on taas ennen denitrifikaatiovyöhykettä. N/D-prosessissa ulkoisen hiililähteen tarve on välttämätön, koska jäteveden sisältämä hiili on käytännössä käytetty nitrifikaation aikana. (Karttunen 2004, 546-548.)

2.7 Nitrifikaatio

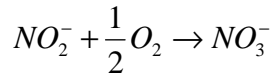
Nitrifikaatio on mikrobiologinen reaktio, joka tapahtuu bakteerien soluhengityksen yhteydessä. Nitrifikaatio on typenpoiston ensimmäinen vaihe. Nitrifikaatiobakteerit ottavat energiansa epäorgaanisten yhdisteiden hapettumisesta. Nitrifikaatiobakteerit ovat aerobisia organismeja eli ne eivät kasva hapettomissa olosuhteissa. Nitrifikaatio on typenpoiston yksi osaprosessi, jonka tarkoituksena on hapettaa ympäristölle haitallinen ammoniumtyppi vaarattomammaksi nitraatiksi. Ammoniumtyppi muuttuu ensin nitriitiksi (kaava 1). Koska nitriitti on epävaakaa yhdiste ja happea on saatavilla, nitriitti hapettuu nitraatiksi (kaava 2). Ammoniumtypen muuttuessa nitriitiksi syntyy vetyioneja, jotka kuluttavat veden alkaliniteettia, joka saattaa aiheuttaa pH:n laskua. (Rantanen 2010, 15.)

Ammoniumtypen muuttuminen nitriitiksi tapahtuu kaavan 1 mukaan (Rantanen 2010, 15).



KAAVA 1

Nitriitin muuttuminen nitraatiksi tapahtuu kaavan 2 mukaan (Rantanen 2010, 15).



KAAVA 2

Nitrifikaatiobakteerit ovat herkkiä inhibiittoreille eli reaktiota hidastaville aineille, varsinkin teollisuuden erilaiset yhdisteet saattavat estää hapettumisen ammoni-umtypestä nitraattitypeksi eli nitrifikaation. Tämän vuoksi jätevesille on otettu käyttöön uudenlainen nitrifikaation inhibiota mittaava testi. Nitrifikaatiobakteerit ovat hitaasti kasvavia ja niiden on vaikea kilpailla muiden bakteerien kanssa jätevedenpuhdistamolla. Optimi pH nitrifikaatiolle on 7,5-8,6. Reaktio hidastuu huomattavasti pH:n laskiessa alle 6,5:n. Nitrifikaatiota hidastava tekijä on myös alhainen lämpötila. Optimi lämpötila nitrifikaatiolle olisi 30-35 °C. (Karttunen 2004, 212.)

2.8 Denitrifikaatio

Denitrifikaatiossa eli typenpoiston toisessa vaiheessa nitraatti muuttuu typpi-kaasuksi. Denitrifikaatio tapahtuu ilman vapaata liuennutta happea eli toisin sa-
noin hapettomissa olosuhteissa. Denitrifikaatiobakteerit ovat energialähteensä
mukaan heterotrofisia bakteereja eli toisenvaraisia, jotka tarvitsevat ulkoisen
hiililähteen (Mikrobit. 2011). Orgaaninen aine, jota denitrifikaatiossa tarvitaan,
voi olla peräisin jätevedestä. Orgaanisen aineen hyödyntäminen on kuitenkin
todella vaikeaa, koska liukoinen orgaaninen aines on usein jo poistunut ennen
nitrifikaatiovaihetta. Ulkoiset hiililähteet voivat olla esimerkiksi hydrolysoitua lie-
tettä, metanolia, etikkahappoa tai vaikka käsittelemätöntä jätevettä. Nitraatin
muuttuminen typpikaasuksi tapahtuu vaiheittain ja orgaanista ainetta tarvitaan
3-6 grammaa yhtä poistettua typpigrammaa kohden BOD:na mitattuna. Optimi
pH on välillä 7-8, jolloin myös alkaliniteetti lisääntyy. Nitrifikaatiovaiheessa ta-
pahtuneesta alkaliniteetin laskusta denitrifikaatiovaihe palauttaa noin 50 %.
(Karttunen 2004, 213.)

Nitraatin muuttuminen typpikaasuksi tapahtuu asteittain kaavan 3 mukaan (Karttunen 2004, 213).



KAAVA 3

Biologisessa prosessissa denitrifikaatio voi tapahtua esi- tai jälkidenitrifikaationa. Tehokkaimmillaan denitrifikaatio saavutetaan näiden yhdistelmänä. Typenpoistossa päästään pelkästään biologisia menetelmiä käyttäen vaivoitta keskimäärin noin 75 prosentin poistumaan jäteveden omalla orgaanisella hiilisisällöllä. Loppukesällä ja alkusyksystä typenpoiston tehokkuus on parhaimmillaan, jopa 85 prosenttia, koska jätevedet ovat tuolloin hyvinkin lämpimiä. (Karttunen 2004, 213.)

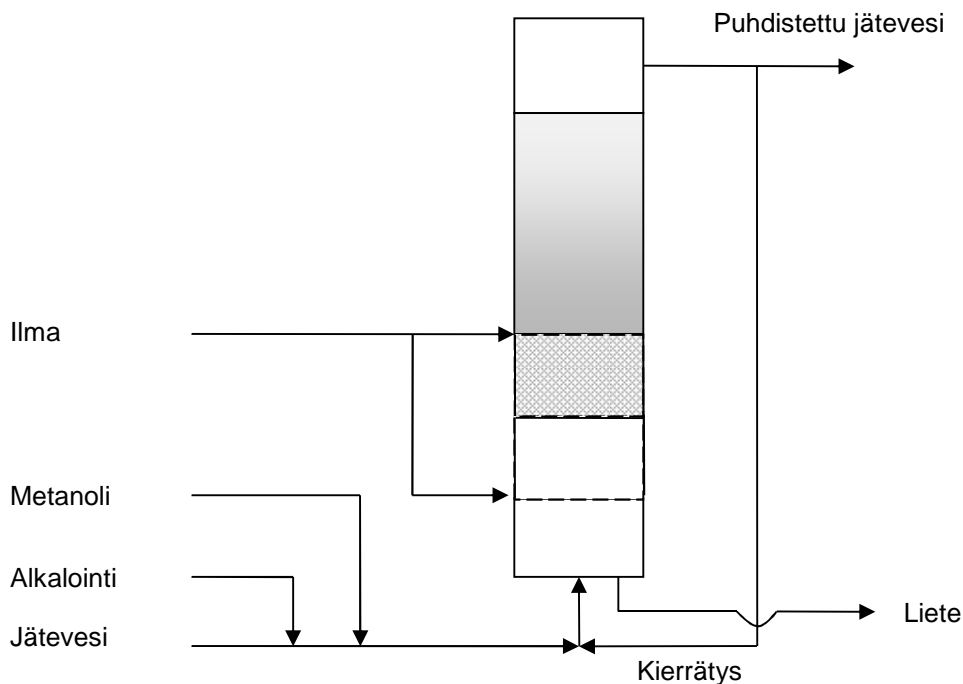
Kustannustehokkuuden saavuttamiseksi on kehitetty yhdistettyjä menetelmiä, joissa hiilen hapetus, nitrifikaatio ja denitrifikaatio tapahtuvat samassa prosessissa ilman erillisiä välivaiheita. Yhdessä ja samassa prosessissa käytettävillä menetelmillä saavutetaan seuraavanlaisia hyötyjä (Karttunen 2004, 214):

- ilmastusaltaan tilavuuden ei tarvitse olla suuri
- ulkoista hiilenlähdettä ei tarvittaisi välttämättä ollenkaan
- väliselkeytys voidaan jättää pois prosessista
- laskeutuminen paranee
- prosessin sietokyky erilaisia häiriöitä vastaan paranee.

2.9 Jälkidenitrifikaatio

Yli 70 prosentin kokonaistypenpoistoon on olemassa useita erilaisia prosessivaihtoehtoja. Tehokkain menetelmä on biologinen jälkisuodatin, jossa bakteerit eivät kasva vapaasti vaan ovat kiinnittyneet johonkin sopivaan kasvualustaan. Biologisessa suodattimessa denitrifikaatio toteutuu kantoaineen pinnalla kasvavan biomassan ja annosteltavan ulkoisen hiilen avulla. Ulkoisena hiililähteenä käytetään yleensä metanolia, jota annostellaan noin kolminkertainen määrä poistettavaan nitraattityyppeen verrattuna. Biologisessa jälkisuodatuksessa aktiivilieteprosessista tuleva jätevesi virtaa halkaisijaltaan noin 2 millimetrin kokoisista polystyreeni rakeista koostuvan kantoainepatjan läpi alhaalta ylöspäin. Kantoainepatjan pinnalle kertynyt biomassa poistetaan pesemällä. Kuvassa 5

on periaatekuva kantoaineperiaatteella toimivasta biologisesta suodattimesta. (Niemelä 2009, 6.)



KUVA 5. Biologisen suodattimen toimintaperiaate (McNevin – Barford 2004, 233)

Biologinen suodatin vaikuttaa puhdistustuloksiin myös fosforin ja kiintoaineen osalta. Mikrobisolut tarvitsevat kasvuunsa fosforia, joka sitoutuu biomassaan ja poistuu pesuvesien mukana. Biologisten suodattimien prosessiohjauksessa käytetään jatkuvatoimisia analysaattoreita. Kaikki laitokset käyttävät suodattimeen tulevaan ja suodattimelta lähtevään veteen nitraattitypen mittausta. Suodattimeen tulevaan veteen käytetään myös fosfaattifosforin mittausta. Biologisen jälkisuodattimen lisäkäyttökustannukset koostuvat pääsääntöisesti tulevan veden ja lietteiden pumppauksista ja metanolin annostelusta. Metanolin osuus lisäkäyttökustannuksista on noin 70 prosenttia. (Niemelä 2009, 6-9.)

Suodatuksella toimiva jälkidenitrifikaatio voidaan käytännössä toteuttaa kolmella erityyppisellä tekniikalla (Niemelä 2009, 7).

- Biostyr-tyyppisessä suodattimessa oleva kantoainemateriaali on vettä kevyempää. Suodattimen välipohja on tällöin biomassan yläpuolella.

Suodattimen biomassan pesu suoritetaan vastavirtaan jaksoittain käsiteltyä vettä hyväksikäyttäen

- Biofor-tyyppisessä suodattimessa oleva kantoainemateriaali on vettä raskaampaa. Suodattimen välipohja on tällöin biomassan alapuolella. Suodattimen biomassan pesu suoritetaan myötävirtaan jaksoittain erillisestä altaasta pumppaamalla
- Dynasand-tyyppisessä biologisessa suodattimessa oleva kantoainemateriaali on vettä raskaampaa. Suodattimen biomassan pesu suoritetaan jatkuvatoimisesti mammut-pumppauksen avulla kantoaine materiaalia kierrättäen.

Suomeen on rakennettu kuusi (6) jälkidenitrifikaatioon perustuvaa biologista suodatinlaitosta. Nämä laitokset sijaitsevat Paraisilla, Uudessakaupungissa, Helsingissä, Kauhajoella, Salossa ja Oulussa. Taulukossa 8 on näiden jälkisuodatuslaitosten teknisten tietojen yhteenveto. Taulukosta 8 voidaan todeta, että kaikkien kuuden (6) puhdistamon puhdistustulos on kokonaistypen ja kokonaisfosforin osalta erinomainen ja osin selvästi alle lupaehtojen. (Niemelä 2009, 7.)

TAULUKKO 8. Suomen jälkidenitrifikaatioon perustuvien biologisten suodatinlaitosten yhteenveto (Vesitalous 6. 2009, 7)

Parametri	Yksikkö	Jätevedenpuhdistamo					
		Parainen	Uusikaupunki	Helsinki	Kauhajoki	Salo	Oulu
		Norrby	Häpönniemi	Viikinmäki	Aronkylä		Taskila
Edeltävä biologinen prosessi							
Yksikkötyyppi		Nitrifioiva biol. suodatin	Nitrifioiva biol. suodatin	DN-prosessi	DN-prosessi biosuodin + akt. liete + nitrif. biol. Suodatin	nitrifioiva akt. liete	DN-prosessi
Kok. N red. 2008	%	20	47	68	47	-	60
Biologinen jälkidenitrifikaatio-suodatin							
Tyyppi		Biostyr	Biostyr	Biostyr	Biostyr	Biostyr	Biofor
Toteutusvuosi		1999	2004/2008	2004	2006	2007	2008
Solujen lukumäärä	kp/l	4,0	4,0/2,0	10,0	3,0	6,0	6,0
Pinta-ala/yks.	m ²	13,6	13,3	147	13,3	28	38,8
Pinta-ala/yht.	m ²	54,4	80	1470	40,2	168	233
Mit. Pintakuorma q _{max}	m/h	13	14	15,4	10	8,3	13
Mit. Kuorma, NO ₃ -N	kg NO ₃ -N/m ³ d	1,0	1,6/1,2	1,0	1,25	1,0	1,1
Reduktio, NO ₃ -N, 2008	%	79	63	85	55	75	35
Koko puhdistamo (käsitelty vesi)							
Kok N 2008	mgN/l	14	17	4,7	16	10	15
Kok N red. 2008	%	52	67	89	73	75	71
Lupaehto	% kok N	> 60%	> 70%	> 70%	> 70%	> 70%	> 70%
Laskentajakso		Vuosi	Vuosi	Vuosi	Vuosi	Vuosi	> 12 °C
Kok. P 2008	mgP/l	0,73	0,17	0,19	0,22	0,36	0,12*
Lupaehto	mgP/l	< 0,5	< 0,5	< 0,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5
* tulokset 8.7. - 2.9.2009							

2.10 Aktiivilieteprosessi ja sen säätö

Aktiiviliete on käytännössä viljelmä, joka koostuu erilaisista mikro-organismeista. Mikro-organismit kykenevät flokkulaatioon eli partikkelit hakeutuvat kosketuksiinsa toistensa kanssa muodostaen isompia flokkeja ja näin syntyy liete. Lietteen tilavuus on hieman suurempi kuin veden, joten se on helppo poistaa laskeuttamalla. Laskeutuvuus on aktiivilietteen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. (Karttunen 2004, 169.)

Aktiivilieteprosessiin perustuvan puhdistuslaitoksen tärkeimmät mitoitusparametrit ovat lietekuorma ja lieteikä. Lietekuormalla tarkoitetaan ilmastusaltaaseen tulevan orgaanisen aineen suhdetta aktiivilietemäärään toisin sanoen ravinnon suhdetta bakteereihin (Lähde 2008, 16). Aktiivilietteessä elävät käytännössä ne bakteerit, jotka suorittavat jäteveden puhdistuksen. Bakteerit tarvitsevat elääkseen happea, joten ilmastuksen tarkoitus on ylläpitää bakteerien elintoimintoja ja samalla pitää aktiiviliete jatkuvassa liikkeessä. Ilmastusaltaassa tapahtuvan

prosessin tarvitsema happimäärä on noin 2 mg/l. Nitrifikaatioprosessia käynnistäessä prosessin tarvitsema hapen tarve on suurempi. (Karttunen 2004, 517.)

Lieteiällä tarkoitetaan aikaa, jonka aktiiviliete keskimäärin viipty puhdistusprosessissa. Koska nitrifikaatiobakteerit kasvunopeus on todella alhainen verrattuna heterotrofisiin denitrifikaatiobakteereihin, täytyy biologisen hapenkulutuksen olla alhainen ja lieteiän pidempi verrattuna normaaliin BOD:n poistoon. Normaalisti lieteiän alarajana pidetään kolmea vuorokautta. Normaalikuormitteisessa laitoksessa lieteikä on yleensä 5-10 vuorokautta. Lieteikää nostaessa yli 10 vuorokauteen, lietteen flokkautuvuus saattaa heikentyä, mikä estää lietteen vapaan laskeutumisen ja tiivistämisen jälkiselkeyttimessä. Lieteiän pidentäminen tapahtuu vähentämällä ylijäämälietteen poistoa. Jäteveden aktiivilietteen määrä säädetään jäteveden lämpötilan mukaan. Talviaikoina jäteveden ollessa kylmää aktiivilietettä tarvitaan suurempi määrä. (Karttunen 2004, 521.)

Aktiivilieteprosessien yksi yleinen ongelma on Bulking-ilmiö. Bulking-ilmiöllä tarkoitetaan lietteen heikkoa laskeutumista, joka johtuu rihmamaisten bakteerien liiasta kasvusta. Rihmamaiset bakteerit estävät lieteflokkien pääsyn toistensa lähelle, minkä vuoksi liete jää vetiseksi eikä tiivisty kunnolla jälkiselkeyttimessä. Tämänkaltaisia ongelmia voivat aiheuttaa monet tekijät, kuten esimerkiksi vääränlaiset bakteerit, puhdistusprosessin väärä ajotapa tai joku teollisuuden toksinen yhdiste. (Karttunen 2004, 199-200, 521.)

Koska puhdistamoilla käytetään biologisia prosesseja, on tärkeää ymmärtää myös mikro-organismien biokemiallisen toiminnan luonne. Mikro-organismien kaksi tärkeintä asiaa ovat niiden ravintovaatimukset ja niiden aineenvaihdunnan edellyttämän hapen määrä. Puhdistusprosessiin vaikuttavat myös lämpötila, pH-arvo ja toksiset yhdisteet. (Karttunen 2004, 169.)

2.11 Lietteen käsittely

Jäteveden puhdistuksen seurauksena syntyy suuria määriä biologista ja kemiallista lietettä. Liete tiivistetään, stabiloidaan, kuivataan ja kompostoidaan, joten kaiken kaikkiaan lietteen käsittely voi muodostaa jopa noin kolmanneksen puh-

distamon käyttökustannuksista. Lietettä syntyy mekaanisessa, kemiallisessa, sekä biologisessa käsittelyvaiheessa. (Puhdistamoliete. 2011.)

Mekaanisessa käsittelyssä eli esiselkeytyksessä tuleva liete muodostuu laskeutuvista hiukkasista ja on niin sanottua raakalietettä. Raakaliete koostuu esimerkiksi liukenemattomista ruuantähteistä, hiekasta ja ulosteesta. Esiselkeytysaltaan lietetaskuun kerääntyvän raakalietteen kuiva-ainepitoisuus on 2,5-5,5 prosenttia. Kemiallisessa käsittelyssä muodostuva liete koostuu fosfaatti-, hydroksidi- ja karbonaattisakasta. Kemiallinen liete voi sisältää myös pieniä määriä eloperäistä ainetta. Rinnakkaissaostuslaitoksessa kemikaalisakka on sekoittuneena biolietteeseen. Biologisessa käsittelyssä jälkiselkeytyksen seurauksena saadaan ylijäämaliettä, joka muodostuu elävistä ja kuolleista mikrobeista. Ylijäämaliete sisältää noin 10-20 prosenttia rautaa ja 2-3 prosenttia fosforia. Jälkiselkeytysaltaan lietetaskuun kerääntyvän lietteen kuiva-ainepitoisuus on noin 0,5-1,2 prosenttia. Kaiken kaikkiaan lietettä syntyy puhdistamoilla noin 0,7-1,2 kilogrammaa jokaista poistettua BOD₇-kilogrammaa kohden. (Puhdistamoliete. 2011.)

Lietteen tiivistyksen tarkoitus on nostaa lietteen kuiva-ainepitoisuus noin viiteen prosenttiin, joka voidaan tehdä esimerkiksi laskeuttamalla tai lisäämällä polymeeriä. Laskeutuksen jälkeen liete on vielä biologisesti aktiivista ja se sisältää paljon patogeenisiä pieneliöitä, joten se on stabiloitava. Lietteen stabiloinnilla tarkoitetaan lietteen biologisen aktiivisuuden alentamista sekä siitä aiheutuvien hajuhaittojen vähentämistä. Stabilointi voi tapahtua mädättämällä, lahottamalla, kuumentamalla tai kemiallisesti kalkitseamalla. Stabiloinnin jälkeen liete kuivataan. Kuivauksen tarkoitus on nostaa lietteen kuiva-ainepitoisuus 25-45 prosenttiin. Kuivaus voi tapahtua esimerkiksi lingoilla, suotonauhapuristimilla tai ruuvikuivaimella. Lietteen kuivausta tehostetaan polymeerillä, joka syötetään lietteeseen ennen kuivaimelle ajoa. Kuivattu liete kompostoidaan ja hyötykäytetään maanviljelyssä ja viherrakentamisessa. (Lietteiden käsittely. 2011.)

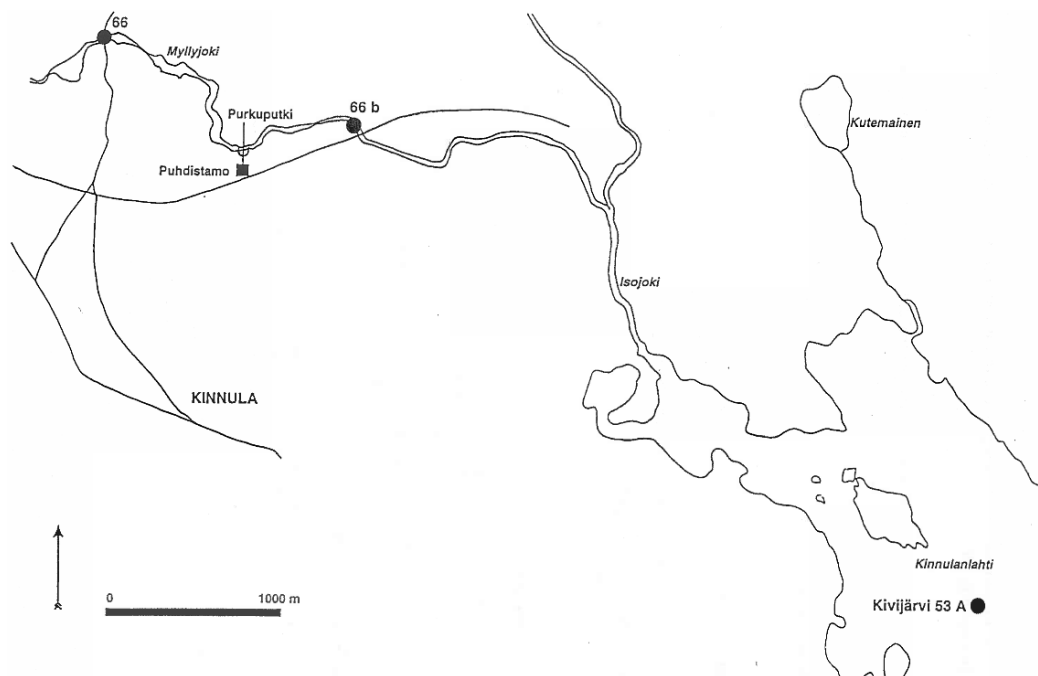
3 KINNULAN JÄTEVEDENPUHDISTAMON NYKYTILA

3.1 Yhdyskuntajätevedet Kinnulassa

Kinnulan puhdistamon piiriin ei kuulu sellaista teollisuutta, jonka jätevesistä olisi haittaa puhdistusprosessille eli Kinnulan puhdistamolle tuleva jätevesi on normaalia yhdyskuntajätevettä. Kinnulan puhdistamolle tulee myös huomattava määrä vuoto- ja hulevesiä, joka johtuu pääsääntöisesti viemäriverkoston huonosta kunnosta. Viemäriverkon pitäisi olla hyvässä kunnossa, jotta vuoto- ja hulevedet eivät veisi osaa puhdistamon arvokkaasta puhdistuskapasiteetista.

3.2 Laitos ja sen mitoitus

Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamo sijaitsee noin kilometrin päässä keskustasta (kuva 6), Viitasaarentien varressa. Puhdistamo purkaa puhdistetut vetensä Myllyjoen kautta Kivijärveen. Jätevedenpuhdistamo on rakennettu vuonna 1975. Puhdistamo on saneerattu vuonna 1997, jolloin uudistettiin laitoksen automatisointi sekä lietteenkäsittely. (Ympäristölupapäätös. 2009, 1.)



KUVA 6. Kinnulan jätevedenpuhdistamon sijainti ja havaintoasemat (Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2011. 2012)

Kinnulan jätevedenpuhdistamo on aktiivilieteprosessiin perustuva biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Taulukossa 3 on esitetty Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon mitoitus. (Ympäristölupapäätös. 2009, 2.)

TAULUKKO 3. Kinnulan jätevedenpuhdistamon mitoitus (Jätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemuksen suunnitelma. 2007)

Jätevedenpuhdistamo			
	Q_{med}	460	m^3/d
	q_{mit}	39	m^3/h
	q_{max}	72	m^3/h
	BOD_7	85	$kgBOD_7/d$
	Kok.P	3,5	kgP/d
Ilmastusallas			
	Kokonaistilavuus V	170	m^3
	Lietekuorma L_{MLSS}	0,12	$kgBOD_7/kgMLSS*d$
	Lietepitoisuus C_{MLSS}	4,5	$kgMLSS/m^3$
	Tilavuuskuorma	0,535	$kgBOD_7/m^3*d$
Selkeytys			
	Pinta-ala A	60	m^2
	Pintakuorma S_h	0,65	m/h

Puhdistamolle tulevan viemäriverkon pituus oli ennen Lestijärven ja Saarensalmen siirtoviemäreiden rakentamista 29 km, josta betoniverkon osuus oli 7,4 km. Verkostossa olevista kaivoista 70 oli muovisia ja noin 280 oli betonisia. Pumpaamoista 3 oli muovisia ja 8 oli betonisia. Lestijärveltä Kinnulan puhdistamolle tulevan siirtoviemäriin pituus on 27 km ja siinä on 8 linjapumppaamoja. Saarensalmelta tulevan siirtoviemäriin pituus on 16 km ja siinä on 5 linjapumppaamoja. Linjapumppaamot kuuluvat kaukovalvontaan. (Ympäristölupapäätös. 2009, 5.)

3.3 Kinnulan jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi

Tyypillisen jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi koostuu välppäyksestä, rasvan ja hiekan erotuksesta, esiselkeytyksestä, ilmastuksesta ja jälkiselkeytyksestä, sekä isommilla puhdistamoilla käytössä olevasta biologisesta suodatimesta. Kinnulan puhdistamolla ei ole käytössä rasvan ja hiekan erotusta, esiselkeytystä eikä biologista suodatinta. Kinnulan tämän hetkinen puhdistusprosessi koostuu siis välppäyksestä, ilmastuksesta ja jälkiselkeytyksestä.

Kinnulan puhdistamolle viemäriverkosta tuleva jätevesi siirtyy tulopumppauksen jälkeen porrasvälpälle, joka poistaa jätevedestä suurimmat partikkelit, tämän jälkeen jätevesi johdetaan tasausaltaaseen. Tasausallas on nimensä mukaan tarkoitettu virtaamien tasaamiseksi. Tasausallas on varustettu myös hämmennimellä. Tasausallas syöttää jätevettä ilmastusaltaaseen siten, että ilmastusaltaan jäteveden määrä pysyy kutakuinkin vakiona.

Jäteveden siirtyessä ilmastusaltaaseen siihen lisätään ferrosulfaattia fosforin saostamista varten. Ilmastusaltaan alkuun pumpataan myös jälkiselkeyttimestä tuleva palautusliete eli niin sanottu aktiiviliete. Ferrosulfaatin tehtävä on jäteveden sisältämän fosforin saostaminen. Fosfori poistetaan ilmastusaltaan pohjalta, altaan loppupäässä. Samoin prosessista syntynyt ylijäämäliete pumpataan ilmastusaltaan pohjalta lietteenkäsittelyyn. Tulevaisuudessa puhdistusprosessiin käyttöön otetaan mahdollisesti myös esiselkeytys, jota käsitellään tässä insinööriyössä luvuissa 2.3 ja 4.2.

Jätevesi virtaa ilmastusaltaan läpi jatkaen jälkiselkeytykseen, jossa jätevedestä erotellaan puhdistettuvesi ja aktiiviliete toisistaan. Kinnulan puhdistamon jälkiselkeytys hoidetaan ympyränmuotoisella altaalla, joka on varustettu kaapimilla sekä palautuslietteen pumppauksella. Kiintoaineen saostumista parannetaan syöttämällä polymeeriä jälkiselkeytysaltaaseen. Selkeytyksen jälkeen jätevesi on puhdistettu ja se voidaan johtaa purkuputkea pitkin Myllyjokeen. (Ympäristölupapäätös. 2009, 3.)

Kinnulan jätevedenpuhdistamolla on käytössä kaksi kompressoria, joiden tarkoitus on hoitaa ilmastusaltaan hapetus. Toista kompressoria ohjataan taajuusmuuntajalla ja toinen kompressori on siltä varalta, että ensimmäiseen tulee vika. Kinnulan puhdistamolla on käytössä Nopolin hienokuplailmastimet, jotka on varustettu lautasmallisilla suuttimilla. Ilmastimet on uusittu vuonna 2009 ja ne on sijoitettu altaaseen epäsymmetrisesti, jotta altaan sisältö joutuisi kiertoliikkeeseen ja ilmastus tapahtuisi tasaisesti. Kinnulan jätevedenpuhdistamolla on kalkein syöttölaitteisto, jota ei ole käytetty puhdistusprosessissa. (Ympäristölupapäätös. 2009, 2.)

Kinnulan jätevedenpuhdistamon lietteen käsittely on uusittu toistamiseen vuonna 2009. Liete käsitellään tänä päivänä ruuvikuivaimella. Kinnulan puhdistamolta tuleva kuivattu liete puretaan vaihtolavalle ja ajetaan Kinnulan Mäenkankaan läjitysalueelle. Siellä liete sekoitetaan turpeeseen ja kompostoidaan. Lietteiden käsittelyä käsiteltiin aiemmin tässä työssä luvussa 2.11. Liitteessä 2 on esitetty Kinnulan jätevedenpuhdistamon prosessikaavio. (Ympäristölupapäätös. 2009, 3)

3.4 Kuormitus

Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon piirissä on tällä hetkellä noin 1070 asukasta. Kirkonkylän taajama-alueen lisäksi osa Niemenkylän jätevesistä ja Lestijärven kunnan puolella sijaitsevan Valkeisjärven leirintäalueelta tulevat jätevedet puhdistetaan Kinnulan kunnan puhdistamolla. Viemäriverkostoon on liittynyt pieniä teollisuuslaitoksia (mm. puunjalostusta, pienbetonielementin valmistusta sekä korjaamoja), joiden jätevesi on laadultaan normaalia yhdyskuntajätevettä. Puhdistamolla vuonna 2011 käsitellyn jäteveden määrä oli 126 155 m³, josta sako- ja umpikaivolietettä oli 821 m³. Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon piiriin ei kuulu sellaisia teollisuuslaitoksia, joista syntyisi prosessia vaarantavia toksisia aineita. (Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2011. 2012)

Kinnulan kunta ja Lestijärven kunta ovat tehneet sopimuksen jätevesiensä yhteispuhdistuksesta ja Lestijärven kunnan jätevedet johdetaan Kinnulan jätevedenpuhdistamolle siirtoviemärillä. Lestijärven kunnan alueelta tuleva jätevesimäärä on noin 65-70 m³/d. Taulukossa 4 ja 5 on kuvattu Kinnulan kunnan vuoden 2011 jätevedenpuhdistamon kuormitusta, tehoa ja laskennallisia poistumaprosentteja.

TAULUKKO 4. Kinnulan jätevedenpuhdistamon kuormitus ja teho vuonna 2011 (Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2011. 2012)

		Tulokuorma	Lähtökuorma
Kokonaisfosfori	kg/a	1170	11,0
Kiintoaine	t/a	38,0	0,88
Kokonaistyyppi	t/a	7,41	4,42
Ammoniumtyppi	t/a	5,55	4,13
COD _{Cr}	t/a	63,9	4,42
BOD _{7ATU}	t/a	28,0	1,17

TAULUKKO 5. Laskennalliset poistumaprosentit vuonna 2011 (Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2011. 2012)

Kokonaisfosfori	99%
Kiintoaine	98%
Kokonaistyyppi	40%
Ammoniumtyppi	-
BOD _{7ATU}	92%
Nitrifikaatioaste	33%

3.5 Lupaehdot ja ympäristö

Kinnulan jätevedenpuhdistamolle tulevat jätevedet on käsiteltävä niin, jotta taulukon 6 mukaiset vaatimukset, jotka lasketaan neljännesvuosikeskiarvoina, täyttyvät.

TAULUKKO 6. Kinnulan jätevedenpuhdistamon käsittely vaatimukset (Ympäristölupapäätös. 2009, 7)

Parametri	Pitoisuus	Vähennelmä
BOD _{7ATU} -arvo	enintään 10 mg O ₂ /l	vähintään 95%
Kokonaisfosfori	enintään 0,5 mg/l	vähintään 95%
Kiintoaine	enintään 10 mg/l	vähintään 90%
COD _{Cr} -arvo	enintään 125 mg O ₂ /l	vähintään 75%

Vesistöön johdettavien jätevesien pitoisuuksia ja käsittelytehoa on tarkkailtava valtioneuvoston ympäristönsuojeluasetuksen edellyttämien raja-arvojen mukaisesti (L 888/2006).

Kinnulan jätevedenpuhdistamolta otetaan 24 tunnin kokoomanäytteet 12 kertaa vuodessa ja toimitetaan Jyväskylän Yliopistoon analysoitavaksi. Lisäksi Ilmasaltaasta otetaan jokaisen kokoomanäytteen yhteydessä kerta-näyte, josta määritetään kiintoainespitoisuus ja hehkutushäviö. Näytteet analysoidaan valtioneuvostossa säädetyin asetuksin 888/2006 mukaisin standardein. Näytteistä analysoidaan seuraavat parametrit (Ympäristölupapäätös. 2009, 13):

- BOD_{7ATU}
- COD_{Cr}
- kokonaisfosfori
- kokonaistyyppi
- ammoniumtyppi
- nitriitti- ja nitraattityypen summa
- alkaliniteetti
- pH
- kiintoaine
- sähkönjohtavuus
- liuennut ja liukenematon rauta
- liukoinen fosfaattifosfori.

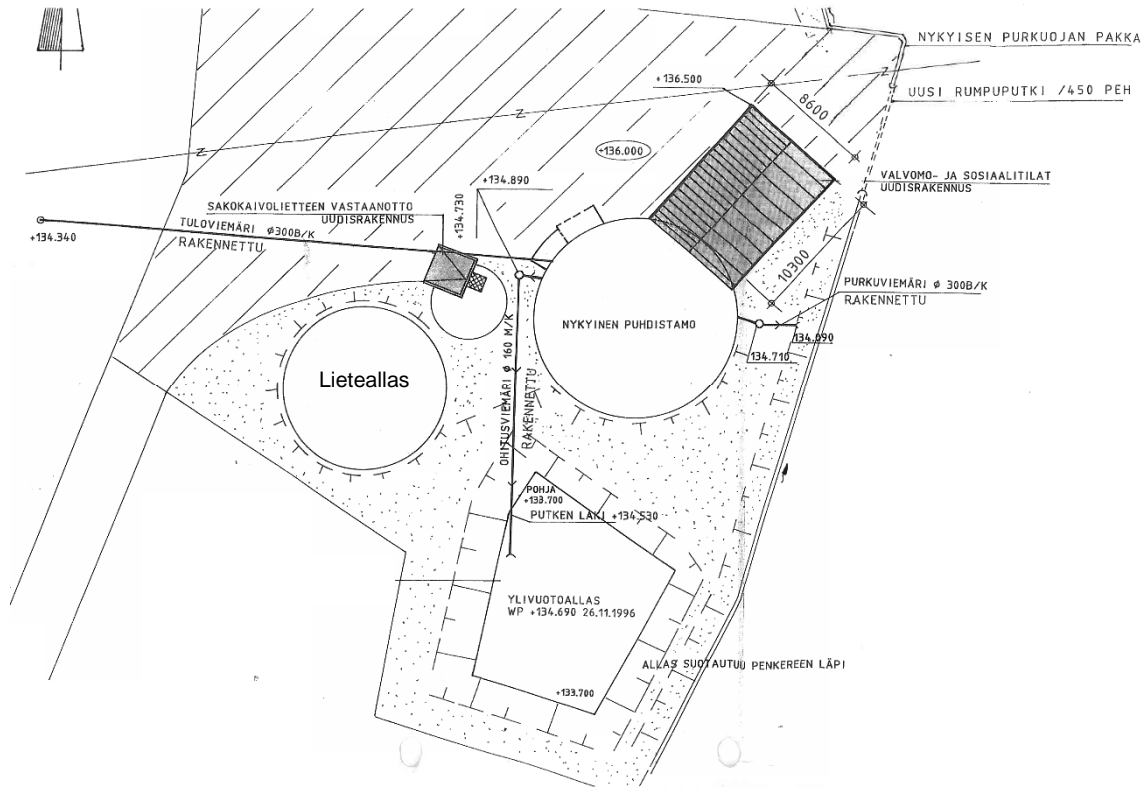
4 JÄTEVEDENPUHDISTAMON KEHITYSTOIMENPITEET

Kinnulan jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessin toimintaa on kehitettävä vastaamaan tämän päivän jätevedenpuhdistuksen tavoitteita. Kinnulan puhdistamolla ei ole käytössä puhdistusprosessissa esiselkeytintä. Tässä opinnäytetyössä selvitetään mahdollisen esiselkeyttimen vaikutus puhdistusprosessiin. Puhdistamon edustalla on käytöstä poistettu lieteallas (kuva 7), jota voitaisiin mahdollisesti hyödyntää esiselkeyttimenä, pienien saneeraustoimenpiteiden jälkeen. Esiselkeytin toisi myös toivottavaa kapasiteetin lisäystä puhdistamolle. Luvussa 4 on esitelty mahdollisia vaihtoehtoja esiselkeyttimelle.

Kinnulan jätevedenpuhdistamon automaatiojärjestelmä ja prosessimittaukset ovat uusittu vuonna 1997, mutta ne ovat nyt tulleet tiensä päähän, joten ne olisi syytä uusida. Automaatiota ja prosessimittauksia käsitellään tässä luvussa 4.3. Kinnulan jätevedenpuhdistamolla ei ole käytössä tyypeä poistavaa prosessia vaan tyyppi on poistunut lähinnä kiintoaineen mukana. Luvussa 4.4 on perehdytty eri typenpoistoprosesseihin ja selvitetty, mitä voitaisiin soveltaa käytettäväksi Kinnulan jätevedenpuhdistamolla.

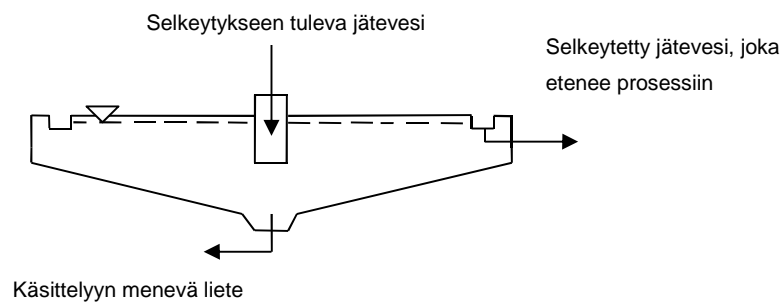
4.1 Esiselkeytyksen lisääminen puhdistusprosessiin

Lieteallas, joka sijaitsee puhdistamon edustalla (kuva 7) on muodoltaan pyöreä ja halkaisijaltaan noin 12 metriä. Allas on syvyydeltään noin 3 metriä. Allas on tehty vuonna 1976 ja tällä hetkellä täynnä pääasiallisesti vettä. Allas on tehty harkkomuurauksena 240 x 600 x 190 mm:n kokoisista betoniharkoista.



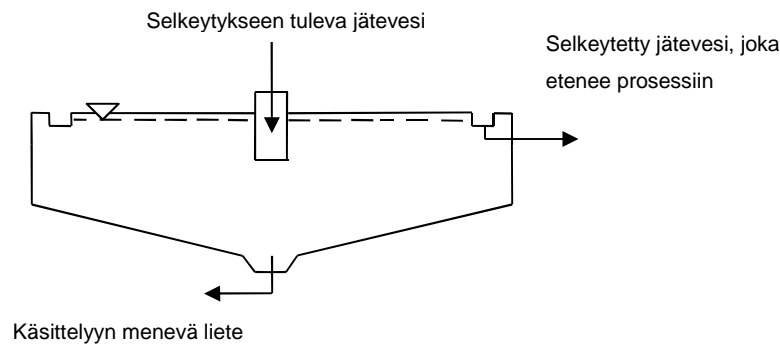
KUVA 7. Kinnulan jäteveden puhdistamo ja sen ympäristö

Kuvissa 8, 9 ja 10 on esitetty esiselkeytysaltaan perustyyppit, jotka soveltuisivat Kinnulan jätevedenpuhdistamolle. Kuvassa 8 allas olisi tyypiltään matala ja pyöreä, ja sen syvyys reunoilta olisi noin 2-3 metriä. Allas toimisi vaakalaskutusperiaatteella. Altaan tulovirtaus olisi keskellä ja selkeytetyn veden poisto tapahtuisi altaan reunoilta. Liete kerätään lietelaahaimilla altaan keskelle, josta se pumpataan lietteen käsittelyyn. Pumpun ja lietelaahaimien mitoitus ja -tyypin valinta tehdään rakennussuunnitelmia laadittaessa.



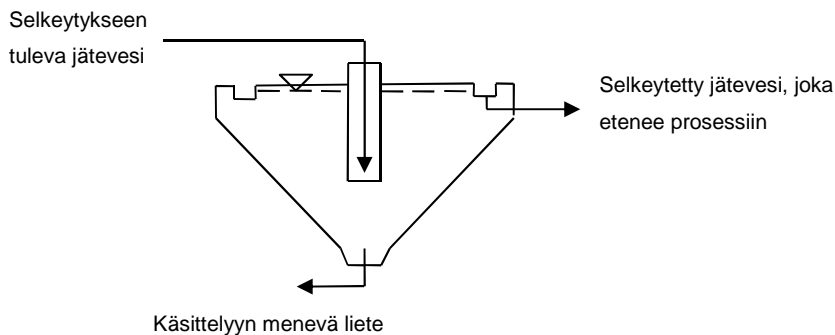
KUVA 8. S3-tyyppisen esiselkeytysaltaan muoto (Karttunen 2004, 512)

Kuvassa 9 allas olisi tyypiltään syvä ja pyöreä. Sen syvyys reunoilta olisi noin 3-4 metriä. Allas toimisi niin vaaka- kuin pystylaskeutusperiaatteella. Altaan tulovirtaus olisi keskellä ja selkeytetyn vedenpoisto tapahtuisi altaan reunoilta. Liete kerätään lietelaahaimilla altaan keskelle, josta se pumpataan lietteen käsittelyyn. Pumpun ja lietelaahaimien mitoitus ja -tyypin valinta tehdään samoin vasta rakennussuunnitelmia laadittaessa. Taulukon 7 mukaan tämän allastyypin etuihin voidaan ottaa huomioon mitoituksen mahdollistaminen korkeammille pinta-kuormille, myös reunasyvyyden kasvaessa halkaisijaa voidaan pienentää.



KUVA 9. S4-tyyppisen esiselkeytysaltaan muoto (Karttunen 2004, 512)

Kuvassa 10 allas olisi tyypiltään pystylaskeutusallas, joka olisi muodoltaan pyöreä tai neliömäinen. Syvyys reunoilta olisi noin 0,5 metriä. Tässä allastyypissä pohjaluisikan minimikaltevuus olisi oltava vähintään 60°. Altaan tulovirtaus olisi keskellä ja selkeytetyn vedenpoisto tapahtuisi altaan reunoilta. Lietteen keräys altaan keskelle tapahtuisi painovoimaa hyväksikäyttäen. Sieltä se pumpataan lietteen käsittelyyn. Pumpunmitoitus ja -tyypin valinta tehdään samoin vasta rakennussuunnitelmia laadittaessa.



KUVA 10. S5-tyyppisen esiselkeytysaltaan muoto (Karttunen 2004, 512)

Selkeytysaltaan mitoituksessa Hazenin kehittämän teorian mukaan merkitsee ainoastaan pintakuorma. Pintakuormalla tarkoitetaan virtaaman ja selkeytysaltaan pinta-alan suhdetta. Taulukossa 7 on esitetty hydraulisen pintakuorman ja reunasyvyyden ohjearvoja. (Karttunen 2004, 88.)

TAULUKKO 7. Hydraulisen pintakuorman ja reunasyvyyden ohjearvoja, jossa A= tehokas selkeytys, B= suositeltava, jonka ylittäminen vaatii esimerkiksi flokkauksemikaalin syötön ja C= yläraja (Karttunen 2004, 513)

Toiminto	Allastyyppi	Reunasyvyys, m	Pintakuorma, m/h		
			A	B	C
Esiselkeytyks	S3	>2,0 m	-	1,5	3
	S4	>2,5 m	-	2	4
	S5		-	2	4
Jälkiselkeytyks	S3	>2,5 m	0,5	0,6	0,8
	S4	>3,5 m	0,7	0,8	1,0
	S5		0,9	1,2	1,4

Esiselkeyttimen lisääminen prosessiin vaikuttaa myös ilmastusaltaan ilmastustarpeeseen, koska esiselkeyttin pienentää BOD₇-kuormaa noin 20-40 prosenttia. Kinnulan jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaan tilavuus on nykyisellä mitoituksellaan 170 m³ ja viipymä noin 4,35 h. Liitteessä 3 esitettyjen laskujen mukaan esiselkeyttimen lisääminen prosessiin pienentäisi ilmastusaltaan tilavuuden tarvetta, joka olisi selkeyttimen lisäämisen jälkeen 110 m³.

Viipymän pienentäminen ja virtaaman nosto vaikuttavat suoraan myös jälkiselkeyttimen toimintaan ja pintakuormaan. Jälkiselkeyttimen pintakuorma on nykyisellä mitoituksella 0,65 m/h, joka on taulukon 7 mukaan suositeltavalla tasolla, koska Kinnulan puhdistamolla on käytössään flokkauskemikaalin syöttö. Käytännössä jälkiselkeyttimen pintakuorman arvoa voidaan kasvattaa arvoon 0,75 m/h, koska puhdistamo on mitoitettu alhaiselle lietepitoisuudelle (Kiuru 1994,117). Kinnulan puhdistamon lietepitoisuus C_{MLSS} on 4,5. Liitteessä 3 esitettyjen laskujen mukaan pintakuorman kasvattaminen sallisi virtaaman q_{mit} nostamisen arvoon 45 m³/h eli käytännössä kapasiteetin lisäys olisi noin 15 prosenttia nykyisestä.

Liitteessä 3 esitettyjen laskujen mukaan Kinnulan jätevedenpuhdistamon uuden mitoitusvesimäärän (q_{mit}) 45 m³/h saadaan pintakuorman arvoksi laskettua 0,9 m/h, joka täyttää taulukon 7 mukaan hyvän laskeutumisen vaatimukset. Laskeutumisaltaan halkaisijana käytettiin 8 metriä.

4.2 Puhdistusprosessin kehittäminen

4.2.1 Automaatio

Liitteessä 4 on järjestelmäkaavio, jonka toteutusmallin pohjalta nykyinen jätevedenpuhdistamon automaatio olisi kustannustehokkaasti uusittavissa ja modernisoitavissa toimivaksi järjestelmäksi. Kaikkia detaljeja ei luonnollisesti ole kaaviossa esitetty. Detaljit määräytyvät vasta toteutussuunnitteluvaiheessa. Periaatteellinen järjestelmärakenne säilyy kutakuinkin samana, koska sähköpuolen ryhmäkeskukset ovat vielä hyväkuntoisia.

4.2.2 Instrumentointi

Jätevedenpuhdistamon kapasiteettia ja puhdistustehoa voidaan nostaa hankkimalla laitokseen prosessin ohjaamisessa vaadittavat mittaukset. Määrämittaukset ovat jätevedenpuhdistamon tärkeimmät mittaukset, koska ainevirtojen hallinta johtaa kustannustehokkaaseen ja puhdistusteholtaan parhaaseen lopputulokseen. Mittausten on tarkoitus antaa reaaliaikaista tietoa prosessista ja sen toimivuudesta. Kaikki mittaukset tukevat osaltaan toinen toistaan. Mittausten antamien arvojen perusteella automaatiojärjestelmä ja käyttäjä voivat reagoida

ja ohjata prosessia oikein parhaan mahdollisen puhdistustuloksen saavuttamiseksi.

Virtaamamittauksilla pyritään Kinnulan puhdistamolla saamaan tietoa eri puhdistusyksiköiden kuormitustilasta, kemikaalien ainevirroista ja puhdistamon sisäisistä kierroista. Virtaamamittausten perusteella pystytään esimerkiksi arvioimaan puhdistusprosessin tarvitseman ferrosulfaatin määrä. Virtaamamittauksilla pystytään myös hallinoimaan puhdistamon lieteikää ja polymeerin kulutusta. Toimivilla virtaamamittauksilla saadaan aikaan kustannussäästöjä, koska esimerkiksi kemikaalia osataan syöttää prosessiin juuri sen tarvitsema määrä.

Jäteveden pH-arvon mittausta käytetään Kinnulan puhdistamolla biologisten prosessien aiheuttaman happamuuden muutoksen toteamiseen. Todetun muutoksen perusteella prosessiin osataan syöttää sen tarvitsema määrä kalkkia. Kalkin tarkoitus on nostaa jäteveden pH-arvoa, jotta biologisten prosessien reaktionopeus olisi maksimaalinen.

Jäteveden happimittauksella on tarkoitus Kinnulan puhdistamolla seurata ilmastusaltaan happipitoisuutta. Happipitoisuuden perusteella voidaan osaksi hallinoida ilmastusta ja nitrifikaatiota. Nitrifikaation seurannassa käytetään myös happimittauksen ohella ammonium- ja nitraattitypenmittausta.

Ammonium- ja nitraattitypenmittaukset antavat tietoa puhdistamolle tulevasta tyyppikuormasta ja puhdistusprosessin toimivuudesta. Mittausten antamien tulosten mukaan pystytään ohjaamaan laitoksen ilmastusta tulevan jätevesi kuorman mukaan.

Nykyisellään Kinnulan jätevedenpuhdistamon instrumentoinnin kenttälaitteet eli prosessimittaukset ovat tulleet elinkaarensa päähän ja ne tulisi uusia. Seuraavassa on lueteltuna suositeltavat Kinnulan jätevedenpuhdistamolle uusittavat prosessimittaukset (Kinnunen 2012):

- tulevan jäteveden virtaamamittaus 2 kpl, ultraäänivirtausmittaus
- ulkoilma lämpötila, seinäanturi Pt100
- ohijuoksuuttava jätevesivesi, avokanamittaus
- tulopumppaamon jäteveden pinta, upotettava paineanturi
- tulevan jäteveden lämpötila, allasmittaus

- ilmastusaltaan 511 happimittaus, allasmittaus optisella anturilla
- ilmastusaltaan 511 pH-mittaus, allasmittaus
- ilmastusaltaan 513 lämpötila, allasmittaus Pt100 lämpötila-anturilla
- ilmastusaltaan 513 happimittaus, allasmittaus optisella anturilla
- ilmastuksen runkolinjan paine, painemittaus putkistosta
- ammoniumtyypen mittaus, allasmittaus, upotettava anturi
- nitraattityypen mittaus, allasmittaus, upotettava anturi
- sakolieteeltaan pinta, upotettava paineanturi
- palautuslietteen virtaamamittaus, magneettiputkimittaus
- puhdistetun veden virtaamamittaus, avokanavamittaus
- sakeuttimen 1211 jätevedenpinta, allasmittaus
- sakeuttimen 1212 jätevedenpinta, allasmittaus
- tasausaltaan jätevedenpinta, upotettava paineanturi
- ylijäämälietteen virtaamamittaus, magneettiputkimittaus
- kuivattavan lietteen virtaamamittaus, magneettiputkimittaus
- polymeeriliuoksen virtausmittaus, magneettiputkimittaus
- tulevan jäteveden näytteenotin
- lähtevän jäteveden näytteenotin
- lähtevän veden pH-mittaus
- lähtevän veden sameuden mittaus.

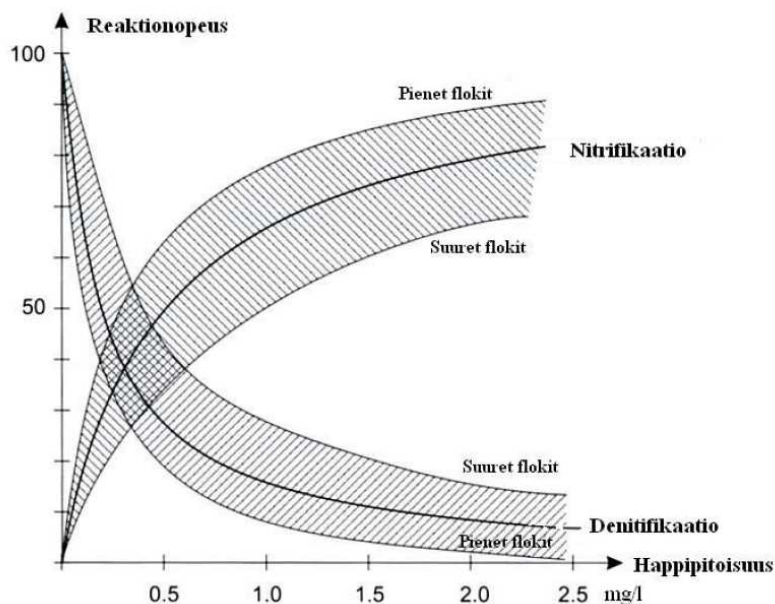
Kaikkien mittausten mittauspaikan valinnassa tulee aina noudattaa valmistajan antamia asennusohjeita.

4.2.3 Prosessinohjaus

Kinnulan puhdistamon ilmastusta voitaisiin ohjata käyttämällä ammoniumtyypeä yhtenä laitoksen ohjausparametrinä. Kinnulan puhdistamolle asennettaisiin siis jatkuvatoiminen ammoniumtyypianalysointilaitteisto, joka suorittaa ammoniumtyypenmittauksia suoraan jätevedestä. Analysointilaitteisto ei vaadi rakennettavaksi erillisiä näytteenottolinjoja, joten puhdistamolle ei tarvitsisi tehdä suurempia rakennusinvestointeja tämän analysointilaitteen toimintaan saattamiseksi.

Ilmastuksen ohjaus toimisi ammoniumtyypen tason mukaan. Järjestelmä muuttaisi väliajoin altaan happiasetusarvoa, tulevan ammoniumtyppikuorman perusteella. Jälkiselkeyttimeen siirtyvän jäteveden ammoniumtyppipitoisuuden ohjearvoksi voitaisiin asettaa 8 mg/l, kuten Kinnulan jätevedenpuhdistamon ympäristöluvassa, kohdassa 4 edellytetään. Ilmastusaltaan hapetusarvoksi asetettaisiin 2,0-3,0 mg/l, kun jäteveden ammoniumtyppipitoisuus ylittää 8 mg/l. Kun saavutetaan haluttu ammoniumtyypenpitoisuus 8 mg/l, ilmastuksen tasoa laskeaan väliajoin normaalin hapetusarvon tasolle 2,0 mg/l.

Väliajoin tehtävällä happiasetusarvon muutoksella estetään happipitoisuuksien suuret vaihtelut, sekä hetkelliset lähes hapettomat tilat. Näin saavutettaisiin hallittu altaan happitason lasku alhaisen kuormituksen aikana, esimerkiksi yöllä. Yöllä happipitoisuus voidaan laskea alle 2,0 mg/l. Happitason laskulla pyritään energiasäästöihin ja typen vähenemään. Typeä poistavat denitrifikaatiobakteerit voivat osittain menestyä myös hapellisissa olosuhteissa yhdessä nitrifikaatiobakteerien kanssa. Kuvassa 11 on esitetty samanaikaisen nitrifikaation ja denitrifikaation tehokkuus.



KUVA 11. Samanaikainen nitrifikaation ja denitrifikaation tehokkuus (Henze ym. 2002, 266)

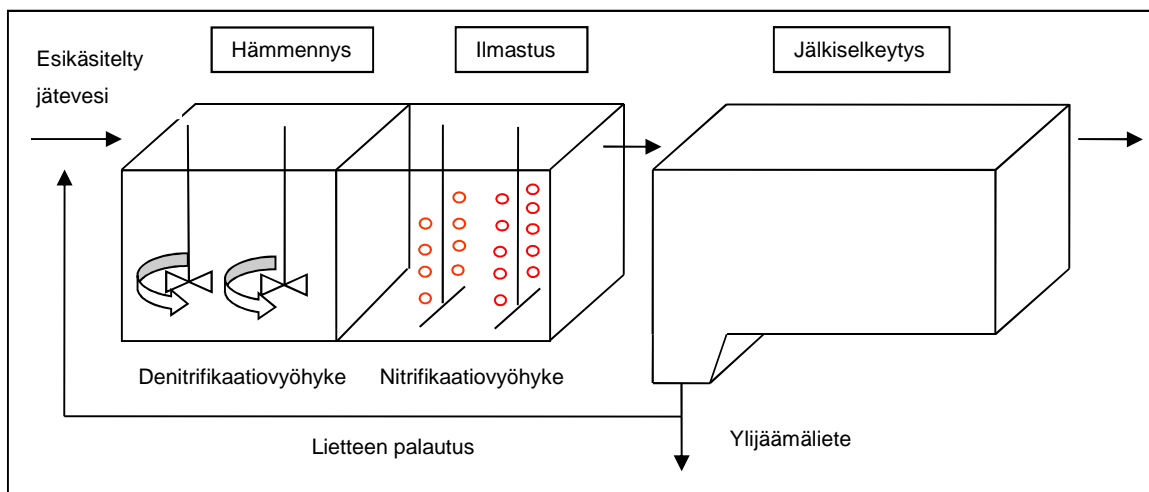
4.3 Typenpoiston tehostaminen Kinnulan jätevedenpuhdistamolla

Typenpoisto on tarkoitus toteuttaa Kinnulan puhdistamolla fysikaalisesti, kemiallisesti ja biologisesti. Fysikaalinen tapa poistaa typpeä on laskeuttaa kiintoainesta, joka sisältää orgaanista typpeä. Laskeutunut typpi poistetaan lietteen muodossa. Kinnulan jätevedenpuhdistamolle mahdollisesti saneerattavan esiselkeytysaltaan on muun muassa tarkoitus toimia tässä tarkoituksessa. Liukoinen typpi on tarkoitus poistaa biologisin menetelmin eli nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosesseilla.

Kinnulan jätevedenpuhdistamoa ei ole tietoisesti ajettu typenpoistoa ohjaavana prosessina vaan typpi on poistunut lähinnä kiintoaineen mukana. Tarkoituksena on tulevaisuudessa ajaa aktiivilietelaitos sellaiseen tilaan, ilmastusta ja lieteikää säättämällä, jotta nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosessit voivat tapahtua ja typpi poistuu biologisesti.

Tarkoituksena on luoda jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaaseen aerobiset ja anaerobiset vyöhykkeet toisin sanoen nitrifikaatio- ja denitrifikaatiovyöhykkeet. Nitrifikaation- ja denitrifikaatiovyöhykkeitä voidaan yhdistellä halutun ajotavan mukaan. Eri prosessivaihtoehtoja ovat muun muassa N/D-prosessi, D/N-prosessi tai D/N/D-prosessi.

Kinnulan jäteveden puhdistamolla aktiivilieteprosessin säätö typenpoistoa ohjaavaksi prosessiksi voidaan suorittaa kolmella eri tavalla. Kuvassa 12 on esitetty ensimmäinen tapa luoda typpeä poistava biologinen D/N-prosessi. Ensimmäisessä tavassa nitrifikaatio ja denitrifikaatio toteutetaan käännetyssä järjestyksessä. Tässä tavassa jätevettä kierrätetään anaerobiseen vaiheeseen jälkiselkeytyksen kautta. Tapa yksi olisi kustannustehokkain ratkaisu saattaa puhdistusprosessi typpeä poistavaksi prosessiksi. Tavassa yksi ulkoista hiililähdettä ei tarvita ollenkaan vaan hiilen lähteenä toimisi käsittelemättömän jäteveden oma hiili. Erillistä hiilen syöttöä tarvittaisiin vain hienosäätöön. BOD₇-arvosta riippuen voidaan saavuttaa 60-70 prosentin kokonaistyppireduktio (Karttunen 2004, 548).

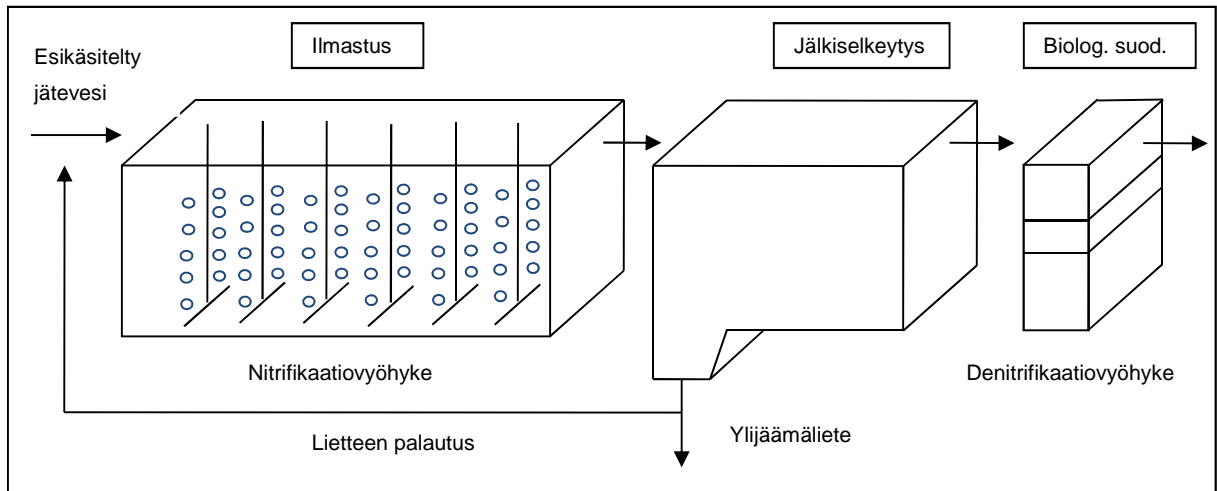


KUVA 12. D/N-prosessi, jossa denitrifikaatio tapahtuu ennen nitrifikaatiota

Ongelmana kuvan 12 vaihtoehdossa on, että Kinnulan jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaassa ei ole väliseinää, joten vyöhykkeiden luominen ilmastusaltaaseen ei ole mahdollista. Tässä mallissa ilmastusaltaaseen olisi rakennettava väliseinä. Denitrifikaatiovyöhykkeelle asennetaan hämmentimet, jotta denitrifioivat bakteerit ja aktiivilietemassa voidaan saattaa kosketuksiin toistensa kanssa. Nitrifikaatiovyöhykkeellä sekoitus tapahtuu ilmastusaltaan pohjasta syötettävän ilman avulla.

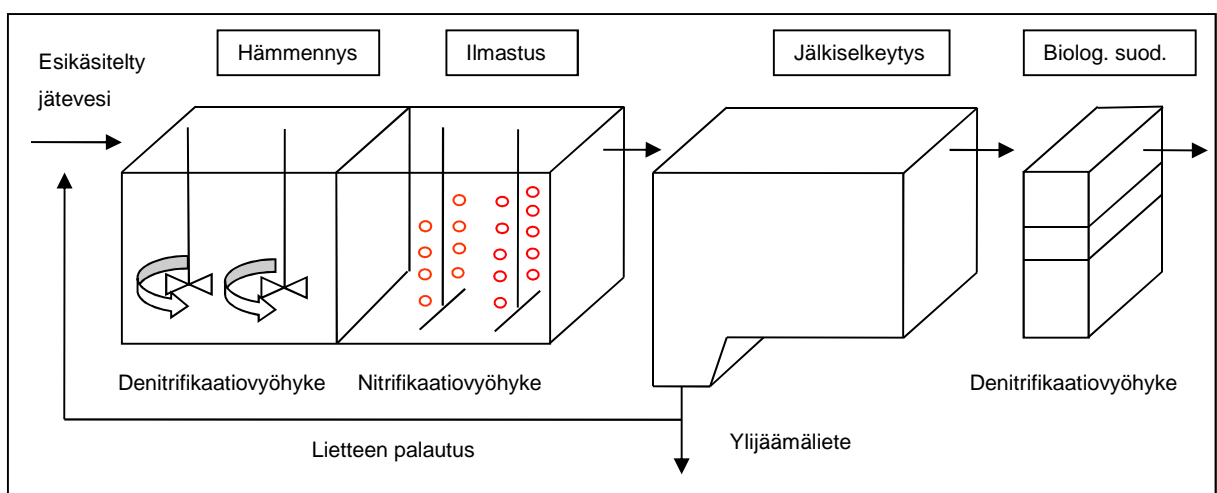
Kuvan 12 prosessi voidaan toteuttaa myös N/D-prosessina, jolloin nitrifikaatio on ennen denitrifikaatiota. N/D-prosessissa denitrifikaatiovyöhykkeelle olisi rakennettava ulkoisen hiilen syöttö, koska osa jäteveden sisältämästä orgaanisesta aineksesta on jo kulutettu aerobisessa nitrifikaatiovaiheessa. D/N-prosessissa jäteveden sisältämä hiili voi toimia denitrifioivien bakteerien hiililähteenä.

Kuvassa 13 on esitetty toinen luoda tyyppä poistava biologinen N/D-prosessi. Tavassa kolme nitrifikaatiovyöhyke luodaan koko ilmastusaltaaseen ja denitrifikaatiovyöhyke luodaan biologiseen suodattimeen. Tässä mallissa Kinnulan puhdistamolla oleva ilmastusalta soveltuu sellaisenaan tähän prosessivaihtoehtoon. Tässä mallissa Kinnulan jäteveden puhdistamolle olisi rakennettava biologinen suodatin.



KUVA 13. N/D-prosessi, jossa nitrifikaatio tapahtuu ennen denitrifikaatiota

Kuvassa 14 on esitetty kolmas tapa luoda tyypeä poistava biologinen D/N/D-prosessi. Tämä on tehokkain tyypeä poistava prosessivaihtoehto ja se on käytössä useimmilla isoilla jätevedenpuhdistamoilla. Tämä prosessivaihtoehto on kustannuksiltaan kallein. Tässä mallissa puhdistamon ilmastusaltaaseen rakennetaan väliseinä sekä biologinen suodatin. Lisäksi denitrifikaatiovyöhykkeelle asennetaan hämmentimet, jotta bakteerit ja aktiiviliemessä reagoisivat paremmin toistensa kanssa. Tällä mallilla on mahdollista päästä jopa yli 90 prosentin kokonaistyyppiredukioon.



KUVA 14. D/N/D-prosessi, jossa denitrifikaatio tapahtuu kahdesti ennen ja jälkeen nitrifikaatiota

5 YHTEENVETO

Jätevesien käsittely on yksi tärkeimmistä prosesseista vesien- ja ympäristön-suojelussa. Nykyään vaatimukset tiukentuvat kokoajan esimerkiksi EU:n asettamien uusien direktiivien myötä. Vaatimukset tämän päivän kehityksen mukaan tulevat todennäköisesti tiukentumaan yhä entisestään tulevaisuudessa. Tavoitteena jätevesien puhdistamiselle voitaisiin pitää, että käsitellyn veden laatu vastaisi luonnossa olevan veden laatua. Jäteveden sisältämän typen vähentäminen on tulevaisuuden suurimpia haasteita, vaikka sen poistoteho onkin viime vuosina keskimääräisesti parantunut.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kolmeen osa-alueeseen. Yhteinen päätarkoitus eri osa-alueilla oli puhdistustuloksen parantaminen. Työn ensimmäinen vaihe oli selvittää esiselkeyttimen hyödyntämistä jätevedenpuhdistusprosessissa. Työn toinen vaihe oli selvittää, miten puhdistamon prosessiautomaatiota voidaan kehittää. Työn kolmas ja viimeinen vaihe oli puhdistamon typenpoiston kehittäminen. Ympäristöluvassa mainitaan, että puhdistusprosessia on ohjattava typenpoistoprosessina. Lisäksi kunnan on tehtävä puhdistamon nitrifiointi-prosessin ja kokonaistypen vähenemään tähtäävä selvitys. Tämä insinöörityö toimii myös eräänlaisena ohjeena Kinnulan puhdistamonhoitajille, jotta biologisen prosessin luonne avautuisi paremmin ja prosessin ohjaaminen selkiytyisi.

Kinnulan puhdistamolla ei ole käytössä jäteveden esikäsittelyprosessia. Esiselkeytys vähentäisi merkittävästi puhdistamolle tulevaa BOD-kuormaa, koska merkittävä osa orgaanisesta aineesta poistuu esiselkeytyksen aikana. Vähentynyt BOD-kuorma vähentää ilmastuksen tarvetta ja jäteveden viipymää ilmastusaltaassa ja toimii näin ollen puhdistuskapasiteetin lisääjänä. Etuina esiselkeyttimelle ja sen rakentamiselle voidaan todeta, että rakentaminen voidaan suorittaa ilman nykyisen puhdistusprosessin alasajoa. Lisäksi jätevesi voidaan johtaa ohjuoksutustilanteissa esiselkeyttimen kautta.

Kinnulan puhdistamon ilmastusaltaassa on havaittu myös lieteongelmaa. Puhdistamolla ei ole käytössä erillistä hiekanerotusta niin ilmastusaltaaseen tuleva hiekka kerääntyy ilmastimien ympärille altaan loppupäässä. Esilaskeutus ehkäi-

see hiekan ja muun kiintoaineen pääsyä ilmastusaltaaseen ja näin ollen vähentäisi ilmastusaltaankuormitusta ja lisäisi toiminnallisuutta.

Opinnäytetyössä esille tulleiden hyötyjen perusteella suosittelen Kinnulan jätevedenpuhdistamolle esiselkeyttimen rakentamista ja lisäämistä prosessiin. Suosittelen puhdistamolle rakennettavaksi S3-tyyppin selkeytysallasta. S3-tyyppin allas on tarkoitettu pienemmille pintakuormille, joten allas palvelisi Kinnulan jätevedenpuhdistamoa parhaiten, koska Kinnulan puhdistamolle tuleva jätevesikuorma ei ole kovin suuri. Esiselkeytysaltaan rakentamiseen suosittelen hyödynnettäväksi puhdistamon edustalla olevaa lieteallasta.

Nykyään Kinnulan jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessista ei ole saatavilla reaaliaikaista tietoa ja järjestelmät ovat iäkkäitä, joten uusiminen olisi ajankohtainen. Automaatiojärjestelmän uusimisella päästäisiin parempiin puhdistustuloksiin, koska prosessinohjaus mahdollistaa puhdistamon osaprosessien paremman hallinnan.

Puhdistamon typenpoiston tehostaminen on ajankohtaista, koska paljon on käyty keskusteluja purkuvesistön tilasta ja puhdistamon sille aiheuttamasta kuormasta. Puhdistamon puhdistustulokset ovat olleet kiintoaineen-, kokonaisfosforinpoiston ja biologisen hapenkulutuksen osalta käytännössä hyviä, paitsi kokonaistypen ja etenekin ammoniumtypen vähenemä on ollut vähäistä ja siihen olisi panostettava. Ammoniumtyyppi laskee purkuvesistön alkaliniteettiä ja näin ollen heikentää purkuvesistön tasapainoa. Ammoniumtyyppi saattaa muuttua purkuvesistössä ammoniakiksi ja muuttua näin ollen kaloille ja muille eliöille myrkylliseksi.

Jätevedet olisi tarkoitus käsitellä siten, että puhdistetun jäteveden ammoniumtippitoisuus olisi enintään 8 mg/l. Tarkoitus olisi myös päästä puhdistamokäsitelyssä vähintään 90 prosentin vähenemään ammoniumtypen osalta ja 50 prosentin vähenemään kokonaistypen osalta.

Ilman toimenpiteitä ja pelkän prosessinojauksen muutoksella puhdistamon typenpoistossa ei päästä ympäristöluvassa asetettuihin vaatimuksiin. Nykyisellään puhdistamon ilmastusaltaassa ei ole väliseinää, joten denitrifika-

tiovyöhykkeelle suotuisia hapettomia olosuhteita on ongelmallista luoda. Suositelen luomaan ensimmäisessä vaiheessa Kinnulan jätevedenpuhdistamolle D/N-prosessin (kuva 12) tarvitsemat suotuisat olosuhteet. Kyseisen prosessin toimintaan saattamiseksi Kinnulan jätevedenpuhdistamon ilmastusallasta joudutaan muokkaamaan ja mahdollisesti tilavuutta kasvattamaan biologisten prosessien tarpeiden mukaan. Toisessa vaiheessa suosittelen rakentamaan typpipoiston tehostamiseksi puhdistamolle denitrifioivan biologisen suodattimen, jonka olisi tarkoitus palvella tulevaisuuden tiukentuvia jätevedenpuhdistus määryksiä.

Nitrifikaatioprosessissa eli ammoniumtyypen muuttuessa nitriitiksi muodostuu jäteveteen vetyioneja. Vetyionit saattavat laskea jäteveden pH-arvoa ja näin ollen hidastaa nitrifikaatioprosessia. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida syöttämällä jäteveteen kalkkia. Jotta Kinnulan puhdistamolla päästäisiin typpipoisto osalta parhaisiin mahdollisiin lopputuloksiin, olisi puhdistamolle otettava käyttöön kalkinsyöttö ilmastusaltaaseen.

Haasteena tässä työssä oli oikeanlaisen tiedon löytäminen, koska lähteet ovat tiedollisesti poikenneet toisistaan. Toinen haaste työlle oli se, että kokeellisia testejä ei ole voitu suorittaa, joten työ pohjautuu aiemmin tutkittuun tietoon. Tiedon löytyminen ja sen soveltaminen ja aihealueiden karkaaminen oman mukavuusalueen ulkopuolelle ovat myös tuoneet omat haasteensa työn tekemiselle.

LÄHTEET

Ammoniumtyppi. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12881&lan=fi>. Hakupäivä 10.10.2012.

Asheesh, Mohamed 2006. Laitosuunnittelun periaatteita. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opetusmateriaali.

Biologinen fosforinpoisto. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=386499&lan=FI#a0>. Hakupäivä 15.12.2012.

Fosforinpoistomenetelmät. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6572&lan=FI>. Hakupäivä 15.12.2012.

Henze, Morgens – Harremoes, Poul – Jansen, Jes la Cour – Arwin, Erik 2002. Wastewater treatment: Biological and chemical processes. Berliini: Springer Company.

Ikaalisten pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. 2001. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus.

Jätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemuksen suunnitelma. 2007. Etelä-Pohjanmaan vesitutkijat Oy.

Jätevesi. 2011. Nordfalk. Saatavissa:
<http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=710>. Hakupäivä 10.10.2012.

Jätevesien puhdistus. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6569&lan=fi>. Hakupäivä 15.12.2012.

Karttunen, Erkki 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon veloitettarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2011. 2012. Jyväskylän yliopisto. Tutkimusraportti 7/2012.

Kinnunen, Simo 2012. Projektipäällikkö, MiPro Oy. Keskustelut 15.3.2012 ja 20.3.2012.

Kiuru, Heikki 1994. Typenpoisto suuren biomassakonsentraation aktiivilietelaitoksessa. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Teknillisen korkeakoulun vesihuolto-tekniikan laboratorion julkaisu No 13.

Kokonaistyyppi. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12878&lan=fi>. Hakupäivä 25.3.2012.

Kontolampi, Kirsi 2005. Jätevesien inhiboiva vaikutus nitrifikaatioon. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, kemiantekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyö.

Kunnallinen jätevedenpuhdistus. 2012. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Kunnallinen_j%C3%A4tevedenpuhdistus. Hakupäivä 13.12.2012.

L 888/2006. Ympäristönsuojeluasetus.

Lietteiden käsittely. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa: <http://www.environment.fi/default.asp?node=6602&lan=fi>. Hakupäivä 28.12.2012.

Lähde, Jussi 2008. Ammoniumtyppi ilmastuksen ohjausparametrina yhdyskuntajäteveden puhdistuksessa. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Kandidaattityö.

McNevin, Dennis – Barford, John 2000. Biofiltration as an odour abatement strategy. Biochemical Engineering Journal.

Mikrobit. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=75756>. Hakupäivä 6.10.2012.

Niemelä, Ari 2009. Typenpoisto jälkikäsitellyillä biologisilla suodattimilla. Vesitalous 6/2009.

Pekkarinen, Maria 2005. Rasvaisten jätevesien puhdistus. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, kemiantekniikan osasto. Diplomityö.

Puhdistamoliete. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa:
<http://www.environment.fi/default.asp?node=6601&lan=fi>. Hakupäivä
28.12.2012.

Rantanen, Pirjo 2010. Biologinen typen ja fosforinpoisto jätevesistä - nitrifikaati-
on tehostaminen vapaasti kelluvilla kantoainepatjoilla. Espoo: Aalto-yliopisto,
yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Lisensiaattityö.

Tchobanoglous, George – Burton, Franklin Louis – Stensel, H. David 2003.
Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. New York: Metcalf & Eddy.

Yhdyskuntien jätevedet. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=562&lan=fi>. Hakupäivä 12.12.2012.

Ympäristölupapäätös. 2009. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=106504&lan=fi>. Hakupäivä
5.2.2012.

LIITTEET

Liite 1. Lähtötietomuistio

Liite 2. Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamon nykyinen prosessikaavio

Liite 3. Jätevedenpuhdistamon mitoituskalkut

Liite 4. Järjestelmäkaavio Kinnulan kunnan jätevedenpuhdistamolle

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä: Jari Lauri Tapio Kinnunen _____

Tilaaaja: Kinnulan kunta _____

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot: Ossi Kinnunen _____

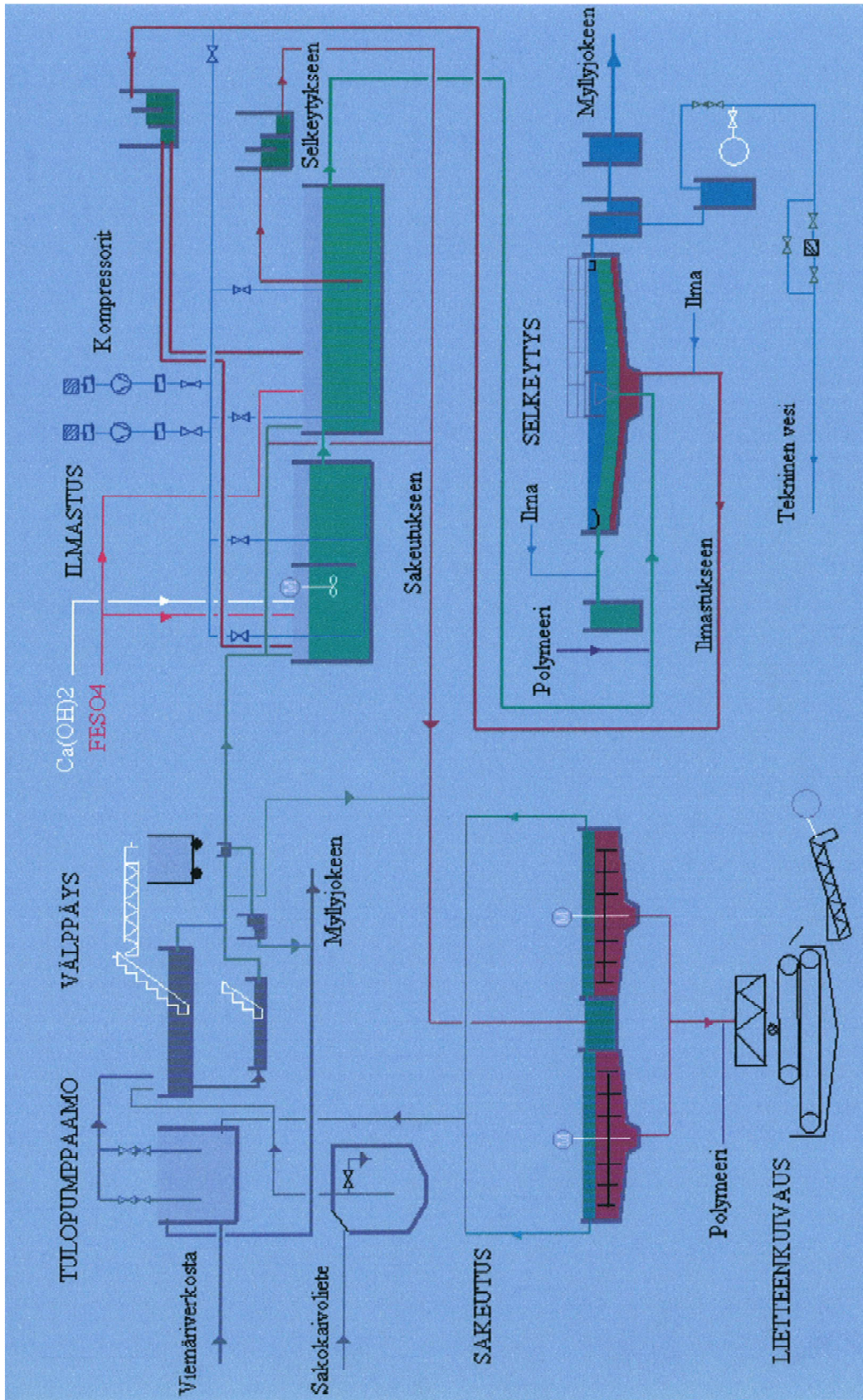
Työn nimi: Kinnulan jäteveden puhdistamon kehittäminen _____

Työn kuvaus: Opinnäytetyö, jonka on tarkoitus toimia Kinnulan kunnan alustavana
kehittämissuunnitelmana ELY-keskukselle _____

Työn tavoitteet: Opinnäytetyön tavoitteena oli kustannustehokkaan
kehittämissuunnitelman luominen _____

Tavoiteaikataulu: Syksy 2012 _____

Päiväys ja allekirjoitukset _____



Laskuissa käytetyt alkuarvot ovat peräisin jätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemuksen suunnitelmasta, joka on vuodelta 2007. Lähtöarvot on myös esitetty opinnäytetyön luvussa 3.2.

Koska esiselkeytys pienentää BOD₇-kuormaa noin 25-40 prosenttia niin ilmastuksen tarve vähenee ja toisin sanoen viipymä altaassa pienenee (Karttunen 2004, 507). Laskuissa on käytetty 30 prosentin BOD₇ vähenemää. Esiselkeytyksen jälkeen biologiseen prosessiin tuleva orgaaninen kuorma vuorokaudessa saadaan kaavasta 4 (Asheesh 2006, 10).

$$L_{BOD_7} = BOD_7 \cdot 0,7 \quad \text{KAAVA 4}$$

BOD_7 = puhdistamolle tuleva orgaaninen kuorma (kgBOD₇/d)

$$L_{BOD_7} = 85 \frac{\text{kgBOD}_7}{\text{d}} \cdot 0,7 = 59,5 \frac{\text{kgBOD}_7}{\text{d}}$$

Esiselkeytyksen jälkeen ilmastusaltaaseen virtaava orgaaninen kuorma on 59,5 $\frac{\text{kgBOD}_7}{\text{d}}$

Lietekuorma L_{MLSS} on nykyisellä mitoituksella 0,12, niin kiintoaineen kokonaismäärä W saadaan kaavasta 5 (Asheesh 2006, 10).

$$W = \frac{L_{BOD_7}}{L_{MLSS}} \quad \text{KAAVA 5}$$

W = kiintoaineen kokonaismäärä ilmastusaltaassa (kgMLSS)

L_{BOD_7} = orgaanisen kuormituksen kokonaismäärä (kg/d)

L_{MLSS} = lietekuorma (kgBOD₇/kgMLSS*d)

$$W = \frac{59,5 \frac{\text{kgBOD}_7}{\text{d}}}{0,12 \frac{\text{kgBOD}_7}{\text{kgMLSS} \cdot \text{d}}} = 495,83 \text{ kgMLSS}$$

Kiintoaineen kokonaismäärä ilmastusaltaassa on 495,83 kgMLSS

Kinnulan puhdistamon lietepitoisuus C_{MLSS} on nykyisellä mitoituksella 4,5, niin ilmastusaltaan tilavuus saadaan kaavasta 6 (Asheesh 2006, 10).

$$V_{ilm.} = \frac{W}{C_{MLSS}} \quad \text{KAAVA 6}$$

$V_{ilm.}$ = ilmastusaltaan tilavuus (m^3)

W = kiintoaineen kokonaismäärä ilmastusaltassa (kgMLSS)

C_{MLSS} = lietepitoisuus (kgMLSS/ m^3)

$$V_{ilm.} = \frac{495,83 \text{ kgMLSS}}{4,5 \text{ kgMLSS}/m^3} = 110,19 m^3$$

Esiselkeytyksellä pienentää ilmastuksen tarvetta eli esiselkeyttimen lisääminen prosessiin pienentäisi itse ilmastusaltasta 170 kuutiosta noin 110 kuution.

Koska ilmastustarve pienenee, voidaan virtaamaa nostaa. Virtaaman nosto vaikuttaa myös suoraan jälkiselkeyttimeen ja sen puhdistustehoon. Kinnulan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytin on nykyisellään mitoitettu pintakuormalle 0,65 m/h. Jälkiselkeyttimen pintakuormaa voidaan kasvattaa arvoon 0,75 taulukon 7 mukaan. Puhdistamon uusi mitoitusvirtaama saadaan kaava 7 muuttamalla halettuun muotoon (Karttunen 2004, 87).

$$V_p = \frac{q_{mit}}{A} \quad \text{KAAVA 7}$$

V_p = pintakuorma (m/h)

q_{mit} = mitoitusvirtaama (m^3/h)

A = esiselkeytykseltään pinta-ala (m^2)

$$q_{mit} = V_p \cdot A$$

$$q_{mit} = 60 m^2 \cdot 0,75 m/h = 45 m^3/h$$

Ilmastusaltaan viipymä T lasketaan kaavalla 8 (Asheesh 2006, 10).

$$T = \frac{V_{ilm.}}{q_{mit}}$$

KAAVA 8

T = ilmastusaltaan viipymä (h)

$V_{ilm.}$ = ilmastusaltaan tilavuus (m^3)

q_{mit} = mitoitusvirtaama (m^3/h)

$$T = \frac{170m^3}{45m^3/h} \approx 3,8h$$

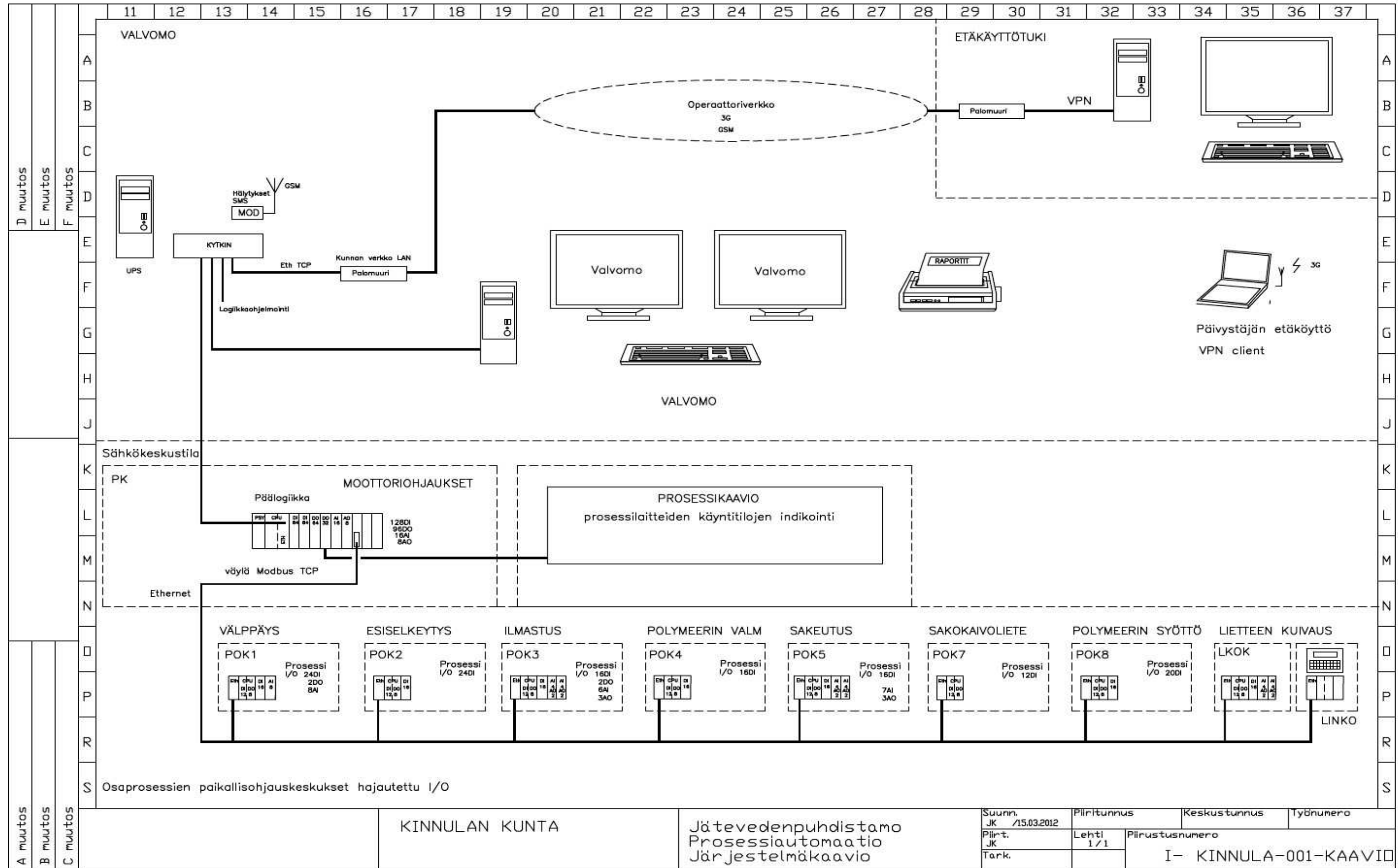
Esiselkeytsaltaalle tuleva pintakuorma voidaan nyt laskea uudella mitoitusvirtaaman arvolla kaavan 8 mukaan. Esiselkeytsaltaan halkaisijana käytetään 8 metriä.

$$V_p = \frac{45m^3/h}{\pi \cdot (4m)^2} \approx 0,90m/h$$

Tarkastellaan vielä kuinka paljon esiselkeyttimelle voidaan johtaa jätevettä, ilman pintakuorman maksimiarvojen ja hyvän laskeutumisen ylittymistä. Selkeytsaltaalle johdettavan jäteveden maksimimitoitusvirtaama lasketaan kaavaa 8 muuttamalla. Laskuissa virtaama on laskettu S3 tyyppin altaalle. Altaan halkaisijana käytetään 8 metriä.

$$q_{mit} = (\pi \cdot (4m)^2) \cdot 1,5m/h \approx 75m^3/h$$

Esiselkeytsaltaalle voitaisiin johtaa tulevaisuudessa $75m^3/h$ jätevettä, mutta tämän jätevesimäärän käsittely vaatisi puhdistamon ilmastusaltaan ja jälkiselkeyttimen saneerausta.



Suunn. JK /15.03.2012	Piirittunnus	Keskustunnus	Työnnumero
Piirt. JK	Lehti 1/1	Päristusnumero	
Tark.		I- KINNULA-001-KAAVIO	

KINNULAN KUNTA

Jätevedenpuhdistamo
 Prosessiautomaatio
 Järjestelmäkaavio

Osaprosessien paikallisohtauskeskukset hajautettu I/O