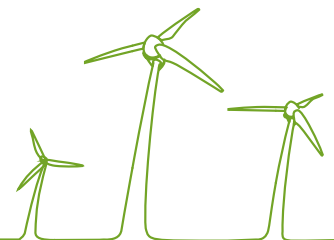


SUOMEN VESILAITOSYHDISTYS RY
VESIHUOLTOLAITOSTEN KEHITTÄMISRAHASTO

Jäteveden tertiäärikäsittelyn vaikuttavuus ja käyttökustannukset



KAUHAJOEN VESIHUOLTO OY



FCG SUUNNITTELU JA TEKNIikka OY 28.5.2013 P21160

FCG ● vaikuttavuus ja**Tertiärikäsittelyn****I (I)
käyttökustannukset**

Kuokkanen Anna

28.5.2013

Sisällysluettelo

1 Yleistä	1
2 Tertiärikäsittely	1
2.1 Hiekkasuodatus	1
2.2 Flotaatio	2
2.3 Denitrifikaatiosuodatus	3
2.4 Muita menetelmiä	3
3 Kemikaalien teoreettinen kulutus fosforin- ja typenpoistossa	3
4 Lähtöaineisto	4
4.1 Tarkastelussa mukana olevat laitokset	4
4.2 Aineistosta ja laskentatavoista	4
5 Tulokset	5
5.1 Yleistä	5
5.2 Puhdistustulos	5
5.3 Resurssien kulutus ja energia- ja kemikaalikustannukset	7
5.4 Käyttökokemukset	10
6 Tulosten tarkastelu	11
6.1 Kemikaalien annostelu	11
6.2 Energiankulutus	12
6.3 Menetelmien potentiaali nykyistä vaativampien lupamääräysten saavuttamisessa	12
6.4 Mittaukset	14
7 Menetelmän valinta ja mitoitus	14
8 Yhteenveto	15

Liitteet

Liite 1: Perustiedot ja tulokset taulukkomuodossa, keskiarvot jaksolta 2010-2012

Liite 2: Käsittelytulos puhdistamolla

Liite 3: Tertiäärikäsittelyn kuormitus

Liite 4: Reduktiot tertiäärikäsittelyssä

Liite 5: Energian, saostuskemikaalien ja metanolin kulutus

Liite 6: Energia- ja kemikaalikustannukset

Liite 7: Tyytyväisyys tertiäärikäsittelyprosessiin

[FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy](#)

Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki

Puh. 010 4090, fax 010 409 5001, www.fcg.fi

Y-tunnus 2474031-0

Kotipaikka Helsinki

28.5.2013

Jäteveden tertiäärikäsitteilyn vaikuttavuus ja käyttökustannukset

1 Yleistä

Jätevedenpuhdistamoiden lupavaatimusten kiristyminen, erityisesti fosforin lupaehto < 0,3 mg(P)/l on johtanut monella puhdistamolla kiintoaineen poistoa tehostavan tertiäärikäsitteilyn tarpeeseen. Myös kiintoaineen lupamääräys voi itsessään olla joillain puhdistamoilla tertiäärikäsitteilyn tarpeen taustalla.

Tertiäärikäsitteily on käytössä laitoksilla myös yli 70 % typpireduktion varmistamiseksi, tyypillisesti denitrifikaatiosuodatus, mutta myös kiintoainetta poistava käsitteily, kun aktiivilietevaiheen korkea kuormitus muodostuu ongelmaksi.

Puhdistamoiden lupamääräysten voidaan olettaa kiristyvän edelleen ja tertiäärikäsitteily tulee harkittavaksi yhä useammalla laitoksella.

Tässä hankkeessa vertailtiin suomalaisten jätevedenpuhdistamoiden tertiäärikäsitteilyprosessien toimintaa ja resurssien kulutusta. Tavoitteena oli saada kuva saavutetusta puhdistustasosta ja eri käsitteilyvaihtoehtojen eduista ja ongelmista ja antaa suosituksia käsitteilyn valinnalle ja käytölle.

Vertailut tertiäärikäsitteilyvaihtoehdot ovat flotaatio, hiekkasuodatin ja denitrifikaatioon tarkoitettu biologinen suodatin. Vertailu painottuu fosforin ja typen poistoon. Vertailu keskittyy tertiäärikäsitteilyvaiheen toimintaan, mutta resurssien kulutusta on tarkasteltu koko vesiprosessin osalta, niiltä osin kuin se osoittautui tarkoituksenmukaisemmaksi.

Hankkeen rahoittajina toimivat Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto ja seuraavat vesihuoltolaitokset: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, Kauhajoen Vesihuolto Oy, Liikelaitos Salon Vesi, Oulun Vesi, Porin Vesi ja Turun Seudun Puhdistamo Oy. Rahoittajien edustajat toimivat myös hankkeen ohjausryhmänä.

Yhdeksälletoista jätevedenpuhdistamolle lähetettiin kysely ja aineistopyyntö. Rahoittajien ohella seuraavat laitokset osallistuivat hankkeeseen vastaten kyselyyn ja toimittamalla aineistoa: HS-Vesi, Seinäjoen Vesi Oy, Raseborgs Vatten, Vihdin Vesi ja Vaasan Vesi.

Kiitämme rahoittajia ja aineistoa toimittaneita vesihuoltolaitoksia.

2 Tertiäärikäsitteily

2.1 Hiekkasuodatus

Hiekkasuodatuksessa poistetaan kiintoainetta johtamalla käsiteltävä vesi hiekkapatjan läpi. Hiekkasuodatuksen tarkoituksena jäteveden tertiäärikäsitteilyssä on tyypillisimmin fosforin poiston tehostaminen ja saostuskemikaalia syötetään tai syötölle on mahdollisuus ennen suodatusta. Hiekkasuodatuksen teho on kohtuullisen hyvä myös ilman kemikalointia muun kuin liukoisen fosforin osalta, koska suodatukseen pidättyy myös hyvin hienojakoinen kiintoaine.

28.5.2013



Kuva 1. Perinteinen hiekkasuodatin, käyttö- ja pesutilanne

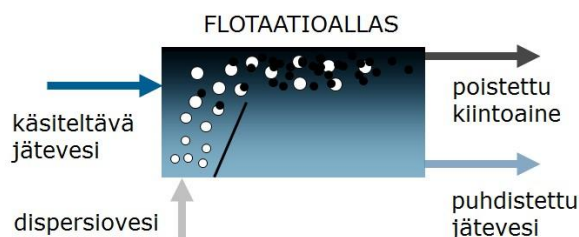
Hiekkasuodatus voi olla ns. perinteinen suodatus, jossa yksittäisten suodatinten käyttö keskeytetään pesun ajaksi, tai suodatus voi olla jatkuvatoiminen, jolloin hiekka kiertää ja likaista pesuvettä poistetaan jatkuvasti. Myös jatkuvatoimisen suodattimen käyttöä voidaan jaksottaa, jos kiintoainekuormitus on matalaa suodattimen kapasiteettiin nähden. Tällöin suodatin pysyy jatkuvasti käytössä, mutta hiekan kierto ja likaisen pesuveden poisto ei ole jatkuvaa.

Hiekkasuodatin voi toimia myös denitrifikaatiosuodattimena osan vuodesta tai se voidaan myöhemmin muuttaa denitrifikaatiosuodattimeksi lisähiilen syötöllä ja tarvittaessa vaihtamalla suodatinmassa.

Hiekkasuodatuksen mitoitus perustuu pintakuormaan ja kiintoainekuormaan. Maksimipintakuormat ovat tyypillisesti 10 - 15 m/h. Käsittely soveltuu pääsääntöisesti jälkikäsitteilyksi, eli jätevedelle, jonka kiintoainepitoisuus ei ole kovin korkea (< 20 mg/l). Korkea kiintoainekuorma pienentää hydraulista kapasiteettia ja lisää pesuveden kulutusta.

2.2 Flotaatio

Flotaatio on selkeytysmenetelmä, jossa kiintoaine nostetaan pinnalle johtamalla jäteveeseen ilmaa, kaasua tai dispersioveettä. Ennen selkeytystä jätevesi kemikaloidaan saostuskemikaalin, polymeerin tai niiden yhdistelmän avulla, jotta muodostuu erottuva sakka. Ilman kemikalointia flotaation vaikutus voi jäädä pieneksi. Saostuskemikaalin annostelu poistaa lisäksi liukoista fosforia.



Kuva 2. Flotaatioallas

Flotaation mitoitus perustuu pintakuormaan ja kiintoainekuormaan. Maksimipintakuormat ovat uudemmissa laitoksissa suuruusluokkaa 15 - 20 m/h. Vanhemmissa flotaatiolaitoksissa maksimipintakuormat ovat selvästi alhaisemmat.

Kiintoainekuorma ei rajoita hydraulista kapasiteettia vastaavasti kuin hiekkasuodatuksessa, vaan se vaikuttaa kemikalointiin ja dispersioveden tarpeeseen. Tulevan veden laadun vaihtelu voi kuitenkin selvästi heikentää puhdistustulosta.

Flotaatioprosesseja on käytössä myös teollisuusjätevesien esikäsittelyssä ja lietteen tiivistyksessä.

2.3 Denitrifikaatiosuodatus

Denitrifikaatiosuodatuksen pääasiallinen tarkoitus on kokonnaistypenpoistoasteen nostaminen. Suodattimelle menevään jäteveteen annostellaan liukoista, lyhytketjuista lisähiilenlähdettä, tyypillisesti metanolia. Denitrifikaatiosuodatus poistaa myös kiintoainetta ja sekä liukoista että kiintoainemuotoista fosforia. Suodatin tarvitsee toimiakseen riittävästi fosforia poistettavaa nitraattityppeä kohden.

Suodatinvalmistajan ratkaisusta riippuen veden virtaussuunta voi olla alhaalta ylös tai ylhäältä alas. Denitrifikaatiosuodatin voi olla myös jatkuvatoiminen.

Denitrifikaatiosuodatuksen mitoitus perustuu nitraattikuormaan. Suodatuksessa pystytään käsittelemään nitraattia n. 1 kgNO₃-N/m³/d, mikä edellyttää nopeasti käytettävää eli liukoisen lyhytketjuisen hiilenlähteen syöttöä (esim. metanoli). Pinta- ja kiintoainekuorma ovat normaalisti toissijaisia. Suodatinmassan rakenteesta johtuen kiintoainekuorman kesto on pääsääntöisesti parempi kuin hiekkasuodatuksessa, mutta suodatin myös pidättää kiintoainetta. Pesuveden kulutus riippuu sekä kiintoainekuormasta että poistettavasta nitraattikuormasta, eli biologisesta toiminnasta.

2.4 Muita menetelmiä

Tarkastelun ulkopuolisia vaihtoehtoisia tertiäärikäsittelymenetelmiä ovat mm. kiekkosuodatus ja lietteellä tai mikrohiekalla tehostettuun laskeutukseen perustuvat menetelmät kuten Actiflo, joiden tilantarve on pieni.

Kalvosuodatusta voidaan käyttää joko erillisenä jälkikäsittelynä tai korvaamassa aktiivilieteprosessin jälkiselkeytyksen (ns. MBR-prosessi eli kalvobioreaktori). Jätevedenpuhdistukseen soveltuvia kalvoja ovat lähinnä mikro- ja ultrasuodatuskalvot, jotka eivät pidätä liukoisia aineita.

Muita biologisia jälkikäsittelymenetelmiä on mm. nitrifikaatiosuodatin, jolla voidaan varmistaa riittävä nitrifikaatio. Nitrifikaatiosuodattimen vaikutus kokonnaistypenpoistoasteeseen on pieni. Nitrifikaatiosuodattimelle johdetaan happea.

3 Kemikaalien teoreettinen kulutus fosforin- ja typenpoistossa

Kemiallinen fosforinpoisto perustuu fosforin saostumiseen metallifosfaatteina siten, että yksi mooli metallia (rauta tai alumiini) saostaa yhden moolin liukoista fosforia. Käytännössä kemikaalin kulutus on suurempaa ja annostelun lähtökohtana on rinnakkaisaostusprosessissa tyypillisesti vähintään 1,5 mol/mol eli 2,7 kg Fe tai 1,3 kg Al per kg kokonaisfosforia. Suhteellinen annostelu kasvaa merkittävästi, kun saostetaan "viimeisiä" fosforimooleja, eli kun tavoitellaan hyvin alhaista liukoisen fosforin pitoisuutta.

Metanolin (CHOH₃) ja fosforin kulutus denitrifikaatiosuodatuksessa perustuu bakteerien toimintaan ja niiden teoreettisina minimitarpeina voidaan pitää n. 2,5 kg metanolia ja 0,01 kg (fosfaatti)fosforia per 1 kg poistettua nitraattityppeä. Käytännössä kulutus denitrifikaatioprosessissa on tätä suurempaa, tyypillisesti n. 3 kg metanolia ja 0,02 kg fosforia per 1 kg poistettua nitraattityppeä. Kulutukset riippuvat käsiteltävän veden happipitoisuudesta, mutta myös mm. lämpötilasta ja pH:sta. Mikäli suodatukseen johdettava vesi sisältää happea, metanolin ja fosforin suhteellinen kulutus kasvaa.

28.5.2013

Nitrifikaatio kuluttaa alkaliteettia 0,14 mmol nitrifioitua ammoniumtyppigrammaa kohden (5,2 kg Ca(OH)₂/kg N nitrifioitu) ja denitrifikaatio palauttaa alkaliteettia 0,07 mmol denitrifioitua nitraattityppigrammaa kohden (2,6 kg Ca(OH)₂/kg N denitrifioitu).

4 Lähtöaineisto

4.1 Tarkastelussa mukana olevat laitokset

Vertailun lähtöaineistona on käytetty 12 kyselyyn vastanneen suomalaisen jätevedenpuhdistamon vuosien 2010-2012 käyttö- ja kuormitustarkkailuaineistoa ja laitoksilta saatuja lisätietoja.

Lähtötietoina on käytetty seuraavia tietoja, sen mukaan miten niitä on kultakin laitokselta saatu:

- käsitelty vesimäärä, tertiäärikäsittelyn ohitus
- tulevan, lähtevän ja tertiäärikäsittelyyn johdetun veden laatu
- tertiäärikäsittelyn mitoitus tiedot
- kemikaalien kulutus koko vesiprosessissa ja tertiäärikäsittelyssä
- energian kulutus koko laitoksella tai prosessissa ja tertiäärikäsittelyssä

Vertailussa mukana olevien laitosten koko vaihtelee keskivirtaaman osalta alle 1000 m³/d yli 200 000 m³/d ja tarkastelujakson keskimääräisen BOD-kuormituksen perusteella lasketun asukasvastineluvun osalta AVL alle 3000 yli 900 000 (0,07 kgBOD/d/as).

Tarkastelussa mukana olevien laitosten pääprosessin ja lietteenkäsittelyn ratkaisut ja mitoitus ovat vaihtelevia. Kahdelle laitokselle tulee lisäksi merkittävä kuormitus elintarviketeollisuudesta ja tälle kuormitukselle on esikäsitelty. Tämän tulkittiin olevan tertiäärikäsittelyn toiminnan kannalta toissijaista, mutta se vaikuttaa mm. energiankulutukseen.

Erot laitosten koossa ja prosesseissa on pyritty ottamaan huomioon tulosten tulkinnassa. Käsitelymenetelmäkohtaisia keskiarvoja ei ole laskettu laitosten eroavaisuuksien johdosta.

Laitosten perustiedot on esitetty liitteessä 1 taulukkomuodossa vuosien 2010-2012 keskiarvona. Tulokset ja resurssien kulutus vuosina 2010-2012 ja tyytyväisyyskyselyn arvosanat on esitetty kuvaajien muodossa liitteissä 2-7. Laitoksista on käytetty kirjainkoodeja, joiden alkuosa ilmaisee käsittelymenetelmän (s=hiekkasuodatus, f=flotaatio, d=denitrifikaatiosuodatus).

4.2 Aineistosta ja laskentatavoista

Tuloksia käsitellään laitoksittain joko jakson 2010-2012 keskiarvona tai vuosikeskiarvoina eikä tietyn käsittelymenetelmän tuloksista ole pääsääntöisesti laskettu keskiarvoja, koska useiden parametrien osalta vaihtelu laitosten kesken oli suurempaa kuin menetelmien välillä.

Yksi laitoksista on mukana sekä hiekkasuodatus- että DN-suodatuslaitosten joukossa (eri jaksot), koska suodatukseen syötetään metanolia ainoastaan kesäkaudella. Yksi laitoksista on mukana ainoastaan energiankulutuksen osalta, koska käyttökokemus oli vielä vähäistä, mutta tertiäärikäsittelystä saatiin energiankulutustieto arvioiduksi erikseen.

Tulokset on tarkasteltu ilman puhdistamo-ohituksia. Puhdistamalla käsitellyn veden laatu sisältää mahdolliset tertiäärikäsittelyn ohitukset, sikäli kun ne ovat osuneet näytepäiville.

28.5.2013

Tertiäärikäsittelyn reduktioiden tarkastelussa käsittelyn ohitukset eivät ole mukana, jos käytettävissä on ollut riittävä aineisto. Tertiäärikäsittelyyn mahdollisesti johdetut biologisen prosessin ohituspäivät ovat mukana tarkastellussa aineistossa. Lähtöaineistona on käytetty ensisijaisesti laboratoriotuloksia ja tarvittaessa korvaavina on-line -mittausten tuloksia.

Käsitellyn ja tertiäärikäsittelyyn johdettavan veden pitoisuuksien vuosikeskiarvot on laskettu virtaamapainotettuina, mikäli mahdollista tai on käytetty velvoitetarkkailun yhteenvetöjen keskiarvoja. Kolmen vuoden keskiarvot on laskettu suorina keskiarvoina vuosituloksista.

Kiintoaine- ja BOD-tulosten ollessa alhaisia määräysrajan alittavien tulosten osuus voi olla korkea ja laskentatapa vaikuttaa tarkastelujakson puhdistustulokseen. Tässä vertailussa määräysrajan alittavat tulokset on laskettu määräysrajan mukaisesti. (Ympäristöhallinnon uuden ohjeen¹ mukaan tuloksena käytetään 0,5 x määräysraja.)

5 Tulokset

5.1 Yleistä

Perustietoja laitoksista ja laitosten tulevan veden laatu on koottu liitteen 1 taulukkoihin.

Koko laitoksen ohituksia ei ole otettu huomioon tässä tarkastelussa. Prosessin sisäisiä ohituksia on pääsääntöisesti kahta lajia. Suodatuslaitoksilla tertiäärikäsittelyn hydraulinen kapasiteetti saattaa olla alhaisempi kuin pääprosessin, jolloin koko laitoksen käsitellyn veden tuloksissa on mukana tertiäärikäsittelyn ohitusvesiä. Näiden osuus on suurin laitoksilla sE ja dC.

Flotaatiolaitoksissa tertiäärikäsittelyyn on voitu johtaa pääprosessin ohitusvesiä, mikä heikentää flotaation tulosta, mutta toisaalta nostaa reduktiota tertiäärikäsittelyssä. Vaikutus oli nähtävissä laitoksen fA tuloksissa siten, että käsitellyn veden laatu on keskimäärin parempi ilman näytepäiviä, jolloin pääprosessia ohitettiin flotaatioon (vertailu ei ole mukana raportissa).

Sekä pääprosessin että tertiäärikäsittelyn mahdolliset ohitukset tapahtuvat pääsääntöisesti korkean virtaaman aikana, jolloin puhdistustulos saattaa olla muutenkin heikompi.

5.2 Puhdistustulos

5.2.1 Käsitellyn veden laatu

Tarkastelujaksolla käsittelytulokset prosessissa olivat vuosikeskiarvona pääosin lupamääräysten mukaisia tai parempia. Eniten poikkeamia oli typpireduktion osalta.

Käsitellyn veden tulokset on esitetty kuvaajien muodossa liitteessä 2.

Fosforitulos (Kuva 3) oli hiekkasuodatus- ja flotaatiolaitoksilla parhaimmillaan < 0,1 mg/l, pääosin < 0,2 mg/l ja keskimäärin hieman parempi kuin DN-suodatuksella varustetuilla laitoksilla, joiden tulos oli pääosin välillä 0,2...0,3 mgP/l.

Käsitellyn veden kiintoainepitoisuus (Kuva 4) oli hiekkasuodatus- ja DNsuodatuslaitoksissa pääosin hieman matalampi kuin flotaatiolaitoksissa. Flotaatiolaitosten tulosta voivat heikentää pääprosessin ohitukset, kun puolestaan useita

¹ Ympäristöhallinto. Yhdyskuntajätevesien puhdistuslaitosten päästöjen seuranta ja raportointi -hyvien menettelytapojen kuvaus. 30.12.2011

28.5.2013

hiekk- ja DN-suodatuslaitoksia joudutaan ohittamaan maksimivirtaamilla. Nämä suodatusten ohitusvedet ovat kuitenkin mukana käsitellyn veden tuloksissa. Flotaatiolaitoksilla kiintoainepitoisuuden suhde fosforipitoisuuteen oli pääosin hieman korkeampi kuin muilla laitoksilla.

Korkeimmat kokonaistyyppireduktiot (kuva 5), kolmen vuoden keskiarvo yli 85 %, olivat odotetusti kahdella DN-suodatuksella varustetulla laitoksella. Muista laitoksista neljän tyyppireduktiot olivat samaa tasoa tai osin parempia kuin kahden muun DN-suodatinlaitoksen. Alle 10 mg/l tyyppiä käsitellyssä vedessä oli kolmella laitoksella, joilla kaikilla oli eri jälkikäsitelymenetelmä. On huomattava, että ilman jälkikäsitelyä saavutettavissa olevaan kokonaistyyppitulokseen vaikuttaa tulevan veden laadun ohella merkittävästi myös se, onko laitoksella mädättämää.

BOD-tulos oli DN-suodatinlaitoksissa keskimäärin heikompi (pääosin > 5 mg/l) kuin hiekkasuodatus- ja flotaatiolaitoksissa (pääosin < 5 mg/l). Osin kyseessä voi olla suodattimen läpi päässyt metanoli, mutta DN-suodattimilta karkaava kiintoaine on pääosin denitrifikaatiobakteereita, kun hiekkasuodatuksessa ja flotaatiolaitoksilla epäorgaanisen kiintoaineen osuus on selvästi suurempi.

5.2.2 Tertiäärikäsittelyn kuormitus

Tertiäärikäsittelyn kuormitus on esitetty kuvaajina liitteessä 2.

Vaihtelu keskimääräisten pinta- ja kiintoainekuormien välillä oli varsin suurta, vaihdellen puhdistamoiden välillä 1...9 m/h ja 20...110 g/m²/h. Mitoituksen maksimivirtaaman mukaiset pintakuormat vaihtelivat neljästä 17 metriin tunnissa (kuva 8).

Useimpia hiekk- ja denitrifikaatiosuodatinlaitoksia ohitettiin ajoittain hydraulisen tai kiintoainekuormituksen rajaamiseksi, vuosikeskiarvona maksimissaan 7 % käsitellystä virtaamasta (kuva 9). Ohitukset ovat näytepäiville osuessaan mukana käsitellyn veden tuloksissa.

Denitrifikaatiosuodattimille johdettu ja käsitelty nitraattikuorma vaihtelivat voimakkaasti laitosten välillä (kuva 10). Kolmen vuoden keskiarvoina suodattimille johdettu nitraattikuorma vaihteli välillä 0,5...0,9 kgNO₃-N/m³/d. Poistetun nitraatin osalta vaihtelu oli vielä suurempaa: <0,1...0,8 kg kgNO₃-N/m³/d, eli poistetun nitraatin osuus oli 15...90 % suodattimille johdetusta kuormasta.

5.2.3 Reduktiot tertiäärikäsittelyssä

Tertiäärikäsittely muodostaa vain osan laitoksesta ja siinä saavutettavat reduktiot ja niiden osuus kokonaisreduktiosta riippuvat voimakkaasti laitoksen ajotavasta, kuten saostuskemikaalin annostelun kohdistamisesta.

Tertiäärikäsittelyssä saavutetut pitoisuusvähennykset ja reduktiot on esitetty liitteessä 4.

Kaikilla laitoksilla ei seurata tertiäärikäsittelyyn johdettavan veden laatua tai seurataan vain osaa parametreista on-line mittauksin tai kenttämäärittäisin.

Jälkikäsitelyssä saavutettiin pääosin selvät kiintoaine- ja fosforireduktiot (kuvat 11 ja 12).

Suurimmalla osalla vertailun hiekkasuodatuslaitoksista fosforipitoisuus pieneni jälkikäsitelyssä n. 0,2 mg/l (Kuva 11). DN-suodatinlaitoksissa vähenemä oli pääosin 0,2...0,3 mg/l. Kaksi laitosta poikkesi merkittävästi muista. Hiekkasuodatuslaitoksessa, jolla saostuskemikaalin annostelu painottui voimakkaasti jälkikäsitelyyn, fosforipitoisuuden vähenemä oli n. 1 mgP/l. Flotaatiolaitoksessa, jolla saostuskemikaalia

ei annosteltu ollenkaan ennen jälkikäsitelyä, fosforipitoisuuden vähenemä oli alle 0,1 mgP/l. Sekä kokonaisfosforin että liukoisen fosforin reduktiot tertiäärikäsittelyssä olivat tyypillisesti n. 50 % (30...80 %) tertiäärikäsittelyyn tulevasta kuormasta ja tertiäärikäsittelyn osuus koko laitoksen fosforireduktiosta n. 2-5 % (kuva 12).

Nitraatin vähenemä DN-suodatinlaitoksissa vaihteli noin kahdesta yli kahteenkymmeneen milligrammaan litrassa (kuva 14) ja reduktio alle 20:stä yli 80:een prosenttia (kuva 15). Pieni määrä muuta tyyppiä jää suodatukseen kiintoaineen mukana, mutta pääosa poistumasta on nitraattia. Typen poistuminen oli jossain määrin yhtenevä DN-suodatinlaitosten fosforinpoiston kanssa siten, että fosfaatti ei juuri vähentynyt laitoksella, jossa typpireduktio oli pieni. Laitoksella, jossa typpireduktio oli suurin, käsittelyyn annostellaan fosforihappoa, eikä suurempi fosforin tarve näy pitoisuuksien erossa. DN-suodatuksen osuus koko laitoksen typenpoistosta vaihteli vertailussa mukana olevien laitosten välillä alle kymmenestä yli kahdeksaankymmeneen prosenttiin (kuva 15).

Denitrifikaatiosuodatuksella on rooli myös kiintoaineen ja fosforin poistossa. Kiintoainetta poistuu pidättymällä suodattimeen ja fosforia poistuu sekä kiintoaineen mukana että biologisen toiminnan seurauksena.

Fosforin ja typen kulutusten suhde DN-suodatuksessa (kuva 16) oli kohtuullisen yhtenevä: kokonaisfosforia kului n. 0,02 mgP/mgN, poikkeuksena laitos, jossa tertiäärikäsittelyn rooli typenpoistossa oli pieni ja jossa kiintoaineen mukana pidättyvän fosforin osuus oli merkittävä. Laitoksilla, joilla ei lisätä fosforihappoa, fosfaattia kului n. 0,01 mgP/mgN. Fosforihapon lisäys nosti fosfaatin osuutta kulutetusta fosforista.

Kiintoaineen ja BOD:n poistumisessa tertiäärikäsittelyssä oli suuria eroja laitosten kesken (kuvat 13 ja 17). Kiintoaineen vähenemä vaihteli alle kahdesta yli kymmeneen milligrammaan litrassa. BOD-reduktiot olivat pääosin yhtenevät kiintoainereduktion kanssa, joskin suhteet vaihtelivat. Yhdellä denitrifikaatiolaitoksista BOD:n määrä keskimäärin kasvoi hiukan jälkikäsitelyssä, vaikka kiintoaine väheni, eli metanolin karkaaminen oli ajoittain merkittävää.

5.3 Resurssien kulutus ja energia- ja kemikaalikustannukset

5.3.1 Energiankulutus

Energiankulutuksen (kWh/m³ ja kWh/kg BOD) vaihtelu puhdistamoiden välillä oli merkittävää ja pääosa energiasta kuluu muussa kuin tertiäärikäsittelyssä. Harvan laitoksen tertiäärikäsittelyn energiankulutuksesta oli saatavilla tietoja ja se, mitä kulutus sisälsi ja oliko kyseessä mittaus, laitteiden tehoihin ja käyttöasteeseen perustuva arvio vai muu arvio, vaihteli voimakkaasti. Myös kokonaisenergiankulutustiedoissa oli joiltain osin ristiriitaisuuksia.

Tarkastelussa mukana olevien puhdistamoiden energiankulutus käsiteltyä vesimäärää kohden oli pääosin selvästi alle 1 kWh/m³, useilla laitoksilla alle 0,5 kWh/m³. Kulutus käsiteltyä BOD-kuormaa kohden oli pääosin alle 3 kWh/kgBOD, useilla laitoksilla alle 2 kWh/kgBOD. Tertiäärikäsittelyn energiankulutus vaihteli saadun aineiston perusteella välillä 0,02...0,2 kWh/m³ (kuva 18). Tertiäärikäsittelyn osuus laitosten kokonaisenergiankulutuksesta vaihteli saadun aineiston perusteella välillä 5...25 %.

Ilmoitetuilla tertiäärikäsittelyiden energiankulutuksilla ei ollut yhteyttä pesu- tai dispersioveden määriin (kuva 19), vaikka niin voisi olettaa. Tertiäärikäsittelyn energiankulutukseen mukaan laskettu energia ja se oliko kyse mittauksesta vai arviosta, vaihteli suuresti laitosten välillä.

28.5.2013

5.3.2 Saostuskemikaali ja polymeeri

Tarkastelussa mukana olleilla laitoksilla käytettiin saostuskemikaaleina ferro- ja ferrisulfaattia, alumiinikloridia (PAX 18 tai vastaava) ja rautapitoista alumiinisulfaattia (AVR/ALF). Kemikaalien kulutus on muunnettu ferrosulfaattiekvivalenteiksi, perustuen metalli-ionien mol/kg -määriin käytetyissä kemikaaleissa, jotta annostelu olisi paremmin vertailtavissa. Laskennassa on käytetty seuraavia muuntokertoimia ferrosulfaatiksi: polyalumiinikloridi 1,06, ferrisulfaatti 0,65 ja alumiini- ja ferrisulfaatin seos 1,09.

Saostuskemikaalin kokonaisannos ferrosulfaatiksi muunnettuna vaihteli välillä 80...180 g/m³. Ja annos puhdistamolle tulevaa fosforikiloa kohden välillä <10...>20 kg/kg(P) (n. 1...2 mol/mol(P)). Alhaisimmat suhteelliset annokset johtunevat tulevan veden näytteiden epäedustavuudesta ja todellista suuremmasta tulokuormasta. Enimmillään 60 % saostuskemikaalista syötettiin tertiäärikäsittelyyn. (kuva 20)

Tuloksissa oli selvää hajontaa, mutta kemikaaliannoksen ja fosforituloksen välillä näytti olevan jälkikäsitteilymenetelmästä riippumaton yhteys, eli tulos parani suhteellisen kemikaaliannoksen kasvaessa, eikä jälkikäsitteilymenetelmällä ollut havaittavissa olennaista vaikutusta tässä aineistossa (kuva 21), kuten ei myöskään annostelun kohdistamisella (kuva 22). Denitrifikaatiosuodatinlaitosten fosforitulos oli keskimäärin heikompi kuin hiekkasuodatus- ja flotaatiolaitosten. Liukoisen fosforin määrän on oltava riittävä biologiselle toiminnalle. Lisäksi karkaava kiintoaine on pääosin biomassaa, jonka fosforipitoisuus on kohtuullisen korkea.

Yhteys saostuskemikaaliannoksen ja liukoisen fosforin pitoisuuden välillä oli vähemmän selkeä (kuvat 23 ja 24). Erityisesti DN-suodatinlaitosten välinen hajonta oli suurta ja yhdellä laitoksella syötettiin denitrifikaatiosuodatukseen ajoittain fosforihappoa. Kaikilta laitoksilta ei ollut käytettävissä liukoisen fosforin pitoisuutta käsitellyssä vedessä.

Saostuskemikaalin lisäksi osalla laitoksista annostellaan polymeeriä. Annostuksen vaihtelu oli merkittävää (kuva 25) ja osalla laitoksista annostelu vaihteli vuoden aikana ja tarkasteluvuosien välillä.

5.3.3 Metanoli ja alkalointikemikaali

Tarkastelussa mukana olevilla laitoksilla metanolia annosteltiin tarkastelujaksolla ainoastaan DN-suodatukseen. Annostelu g/m³ vaihteli voimakkaasti (kuva 26).

DN-suodatuksen osalta silmiinpistävää oli yhden laitoksen selvästi muita korkeampi metanolinkulutus suhteessa poistettuun nitraattityyppiin, kun muilla laitoksilla kulutus oli keskimäärin lähellä teoreettista minimitarvetta. Merkittävin erottava tekijä oli DNsuodatuksessa poistettavan tyypin pieni määrä, jolloin suhteellinen osuus metanolista, jonka mikrobit kuluttavat käyttäen happea, nousee suureksi - ellei DN-suodatukseen johdettavan veden happipitoisuus ole hyvin alhainen.

Alkalointikemikaalin kulutuksessa tulevaa typpikuormaa kohden oli merkittäviä eroja laitosten välillä (kuva 27). Tulevan veden alkaliteetti ja pääprosessin denitrifikaatioaste vaikuttavat merkittävästi siihen, kuinka paljon nitrifikaatiossa kuluu alkaliteettia joudutaan kompensoimaan kemikaaleilla, samoin käsitellyn veden alkaliteetin tavoitetaso. DN-suodatuksella voi olla alkalointikemikaalin kulutusta nostava vaikutus, jos se vaikuttaa pääprosessin ajotapaan denitrifikaation osalta.

Lietteen mädätys kasvattaa jonkin verran kemikaalien kulutusta tulevaa typpikuormaa kohden.

5.3.4 Kemikaali- ja energiakustannukset

28.5.2013

Laitosten kemikaali- ja energiakulutuksia tarkasteltiin sekä kokonaisuutena että suhteutettuna typen ja fosforinpoistoon. On huomattava, että nämä kustannukset muodostavat vain osan jäteveden käsittelyn käyttökustannuksista. Käyttökustannuksia muodostuu lisäksi mm. henkilöstöstä, laitteiden huollosta, korjauksista ja uusimisista ja suodatinmateriaalien vaihdosta. Erityisesti henkilöstökustannukset voivat olla voimakkaasti sidoksissa laitoksen kokoon.

Vertailukustannusten laskennassa on käytetty seuraavia yksikköhintoja:

energia	0,08 €/kWh
ferrosulfaatti	120 €/tn
polymeeri	4 500 €/tn
kalkki	200 €/tn
metanoli	400 €/tn
fosforihappo (50 %)	400 €/tn

Energiankulutuksen kustannus oli lähes kaikilla laitoksilla suurempi kuin vesiprosessin kemikaalien kustannus (kuva 28). Poikkeuksen muodostaa laitos, jolla denitrifikaatio tapahtuu kokonaisuudessaan jälkisuodatuksessa. On huomattava, että energiankulutuksessa on mukana lietteenkäsittely, mutta kemikaalikulutuksessa ei, mikä vääristää suhdetta jonkin verran. Energiakustannus käsiteltyä vesimäärää kohden oli pääosalla laitoksista alle 10 snt/m³, usealla laitoksella alle 5 snt/m³ ja poistettua BOD-kuormaa kohden pääosin n. 15-30 snt/kgBOD.

Saostuskemikaalin ja polymeerin kustannus poistettua fosforikiloa kohden vaihteli noin eurosta kolmeen euroon (100-300 snt/kgP) kiloa kohden (kuva 29). Kulutus riippuu merkittävästi käsittelytasosta (kuvat 30), joskin arvoissa oli selvää hajontaa.

Typenpoistolle laskettiin vertailukustannus, joka sisälsi metanolin ja alkalointikemikaalin lisäksi 15 % prosessin energiankulutuksesta (kuva 31). On huomattava, että typenpoiston osuus energiankulutuksesta on tulkinnanvarainen arvo ja riippuu todellisuudessa merkittävästi prosessista. Samoin energiankulutuksen muutos, kun typenpoisto otetaan käyttöön voi poiketa merkittävästi vertailussa käytetystä kulutusarvosta.

Näin lasketut typenpoiston vertailukustannukset vaihtelivat noin 10 sentistä puoleentoista euroon poistettua typpikiloa kohden. Korkein typenpoistokustannus oli laitoksella, jolla denitrifikaatio tapahtuu kokonaisuudessaan jälkisuodatuksessa. Vertailussa ei ollut mukana laitoksia, joilla olisi syötetty metanolia aktiivilieteprosessiin.

Joidenkin puhdistamoiden osalta alkalointikemikaalin kustannus nousi hyvin merkittäväksi. Vaikutus on tietyssä mielessä kaksinkertainen: heikko denitrifikaatiotulos sekä pienentää poistettua typpimäärää että kasvattaa alkalointikemikaalin tarvetta. Vertailun ulkopuolelle jätettiin laitokset, joilla ei ole numeerista typenpoistovelvoitetta.

Huomattavaa on, että vaikka aktiivilieteprosessiin syötetyn metanolin hyötysuhde on heikompi kuin jälkikäsitellyssä, alhaisempi alkalointikemikaalin kulutus voi kompensoida kustannuseroa.

Pelkälle tertiäärikäsittelylle ei ole laskettu vertailukustannuksia, koska aineiston ja tulosten perusteella se ei vaikuta perustellulta vaan esim. saostuskemikaalin annostelussa on tarkasteltava puhdistamon kokonaistilannetta. Ainoastaan energiankulutus voidaan kohdistaa suoraan yhdelle käsittelyvaiheelle, ja siitä saatiin vähän ja osin eri perusteilla arvioitua aineistoa.

28.5.2013

5.3.5 Tertiäärikäsittelyn investointikustannukset

Kyselyssä kysyttiin myös investointikustannuksia ja rakennusvuotta. Vastauksia saatiin neljältä hyvin erikokoiselta laitokselta, ja investointien toteutusvuosien ja sisältöjen vaihtelu oli suurta. Investointikustannukset nykyrahaksi (2012) muutettuna vaihtelivat laitosten asukasvastinelukuun suhteutettuna välillä 30...160 €/AVL ja suodatuksen tai flotaatioselkeytyksen pinta-alaan suhteutettuna välillä 10...20 €/m².

5.4 Käyttökokemukset

Kyselyssä kysyttiin myös arviota käytön helppoudesta ja varmuudesta, huollon työmäärää ja yleisarvosanaa tyytyväisyydelle. Arvosanoista muodostettu kuvaaja on liitteessä 7 (kuva 33).

Yhteenvetona voidaan sanoa, että kyselyyn vastanneet olivat pääsääntöisesti tyytyväisiä tai hyvin tyytyväisiä tertiäärikäsittelyyn, pitivät sitä helppona ja varmatoimisena ja arvioivat huoltotöiden määrän pieneksi. Työajan määräksi arvioitiin yhdestä kahdeksaan tuntia viikossa. Yksi vastaajista mainitsi erikseen, että työaika kuluttivat eniten ohjauksessa tarvittavien analysointien kalibrointi- ja huoltotyöt.

Kaikilla menetelmillä oli kuitenkin havaittu myös ongelmia ja rajoituksia. Seuraavassa on pääkohtia kyselyn vastaajien havainnoista.

Denitrifikaatiosuodatuksessa esiintyneitä ongelmia:

- pesuveden poistopumppauksen kapasiteetti on riittämätön huippukuormitustilanteissa ja aiheuttaa suodatinten ohitustarvetta
- hydraulikka haastavaa huippuvirtaamatilanteissa
- suodattimilla riski käsitellyn veden tulvimisesta takaisin, tulvariski myös sähkökatkotilanteissa
- fosfori- ja typpitulos vaativat tasapainottelua, fosforinpuute aiheuttaa limoittumista

Hiekkasuodatuksessa esiintyneitä ongelmia:

- ongelmana hiekankierron ajoittainen pysähtyminen (jatkuvatoiminen suodatus) - huippuvirtaamia ohitettava
- saostuskemikaalina käytettävä ferrosulfaatti reagoi osin vasta suodattimessa ja saostuu osin kiinni hiekkaan
- hiekkaa on päätynyt pesuvedeen ja muualle prosessiin
- iso kiintoainekuorma voi tukkia suodattimet ja sotkea suodatuksen toiminnan pidemmäksi aikaa
- syöttölinjaan kasvanut merkittävä määrä biofilmiä irtosi lyhyen ajan kuluessa ja tukki suodattimen, johtaen kapasiteetin voimakkaaseen laskuun ja hiekan vaihtoon
- alun perin oli tarkoitus käsitellä myös ohitusvesiä, mihin ei soveltunut Flotaatiossa

esiintyneitä ongelmia:

- saman saostuskemikaalin syötöstä kuin aiempaan prosessivaiheeseen ei ole ollut lisähyötyä eikä laitteisto sovellu toiselle kemikaalille, tertiäärin alkuun annostellaan vain polymeeriä
- herkkä kiintoainekuormalle
- huippuvirtaamat ongelma

28.5.2013

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Kemikaalien annostelu

Saostuskemikaalin annostelutaso riippuu ennen kaikkea halutusta fosforituloksesta. Jos tavoitteena on liukoisen fosforin pitoisuus < 0,05 mg(P)/l, kemikaalia tarvitaan puhdistamolle tulevaa fosforikuormaa kohden n. 1,5...2 mol/mol(P) (ferrosulfaattina n. 15...20 kg/kgP). Tavoitetasolla < 0,1 mg(P)/l tarvitaan kemikaalia n. 1...1,5 mol/mol(P) (ferrosulfaattina n. 10...15 kg/kgP).

On huomattava, että kokonaisfosforitulos on voimakkaasti riippuvainen kiintoainetuloksesta, eikä saostuskemikaaliannostelun kasvattamisella saavuteta automaattisesti parempaa tulosta. Mitä korkeampi on liukoisen fosforin pitoisuus käsitellyssä jätevedessä, sitä suurempi parannus tulokseen voidaan saavuttaa kemikaaliannostelua kasvattamalla.

Tämän vertailun perusteella annostelun jakaminen muiden prosessivaiheiden ja tertiäärikäsittelyn välillä oli vähemmän merkittävää kuin kemikaalin kokonaisannos. Vertailukelpoisemmän aineiston saaminen edellyttäisi vertailuaineistoa eri syöttötavoista samalla puhdistamolla. Teoriassa ainakin osan kemikaalista syöttäminen fosfaattipitoisuuden perusteella ennen tertiäärikäsittelyä mahdollistaisi annostelun tarkimman optimoinnin.

Saostuskemikaaliannostelun painopisteen vaikutusta kokonaistypenpoistoon (BOD:n poistuminen esiselkeytyksessä) ei ole tarkasteltu tässä vertailussa.

Polymeerin osuus kemikaalikustannuksista on merkittävä ja koska tertiäärikäsittely poistaa tehokkaasti kiintoainetta, polymeerin (jatkuvan) käytön tarpeellisuutta ja annostelua kannattaa tarkastella kriittisesti. Polymeeriannoksella ei ole saostuskemikaalin tapaan kohtuullisen suoraa yhteyttä fosforitulokseen, jos kiintoaineen poisto on muuten riittävää.

DN-suodatuksessa saavutettiin hyvä tulos vielä lähtevän jäteveden fosfaattipitoisuudella 0,05 mgP/l, eli lähtevän veden fosfaattipitoisuuden tavoitetasona voidaan pitää alle 0,1 mgP/l. Yhtä hyvää kokonaisfosforitulosta kuin flotaatio- ja hiekkasuodatuslaitoksilla ei kuitenkaan pääsääntöisesti pystytä saavuttamaan samalla liukoisen fosforin pitoisuudella, koska lähtevän kiintoaineen fosforipitoisuus on suurempi.

Suodatukseen menevän fosforipitoisuuden tavoitetaso riippuu poistettavasta nitraattimäärästä (n. 0,02 mgP/mgN). Jos DN-suodatusta joudutaan ohittamaan tai poistettavan nitraattikuorman vaihtelu on suurta, fosforihapon syöttö voi olla tarpeen fosforituloksen ja suodattimen toiminnan varmistamiseksi.

Metanolin syöttö DN-suodatukseen perustuu normaalisti nitraattikuormaan ja lähtevään nitraattiin ja sen johdosta syöttö on lähtökohtaisesti hyvin optimoitu ja kulutuksen suodatuksessa poistettua nitraattityyppiä kohden tulisi olla lähellä teoreettista minimitarvetta (n. 3 kg/kg(N)). Jos suodatuksessa halutaan poistaa kilomääräisesti vain vähän tyyppiä, osavirtaaman denitrifiointi tehokkaasti voi olla kannattavampaa kuin koko vesimäärän käsittely, jotta hapen osuus kulutetusta metanolista olisi mahdollisimman pieni. Vaihtoehtoisesti käyttöä voidaan jaksottaa, ottaen kuitenkin huomioon käynnistysvaiheen heikomman hyötysuhteen.

Metanolin kulutus on merkittävä kustannus laitoksella, ja sen johdosta mahdollisimman suuri typpireduktio aktiivilieteprosessissa jäteveden omalla hiilellä parantaa normaalisti typenpoiston kustannustehokkuutta kokonaisuutena selvästi.

28.5.2013

Denitrifikaatiosuodatin tarvitsee toimiakseen lyhytketjuisen hiilenlähteen, eli toisin kuin aktiivilieteprosessissa siinä ei voida hyödyntää mahdollisesti saatavilla olevia teollisuuden tms. pitkäketjuisempia jätehiilenlähteitä.

6.2 Energiankulutus

Energiatohokkuuteen voidaan hiekka- ja denitrifikaatiosuodatuksen osalta vaikuttaa ennen kaikkea sillä, ettei suodattimia pestä tarpeettomasti, vaan vasta painehäviön kasvaessa yli annetun rajan tai tuloksen heiketessä. Pesu- ja huuhteluvaiheiden kesto voidaan ohjata likaisen pesuveden sameuden avulla. Myös jatkuvatoimisten hiekkasuodatinten toimintaa voidaan jaksottaa, etenkin kuormituksen ollessa maltillista. Suodatinten likaantuminen kasvattaa kuitenkin painehäviötä ja voi joillain puhdistamoilla lisätä jäteveden pumppaustarvetta.

Suodattimen pesutarve riippuu ennen kaikkea käsiteltävästä kuormasta (sekä kiintoaine ja että nitraatti). Pesutarpeeseen voidaan hiekkasuodatinten osalta ainakin teoriassa vaikuttaa myös saostuskemikaalin annostelun kohdistamisella enemmän aiempiin prosessivaiheisiin, jolloin kiintoainekuormitus suodattimelle pienenee. Jälkiselkeytykseen syötettävän polymeerin osalta annostelun kasvattaminen todennäköisesti kasvattaa kemikaalikustannuksia enemmän kuin laskee energiakustannuksia. Syöttöpisteitä tai syötettäviä kemikaaleja muutettaessa on kuitenkin seurattava vaikutusta puhdistustulokseen.

Pesuvesimäärän tavoitearvona voidaan pitää keskimäärin alle 5 % käsiteltävästä virtaamasta. Korkea kiintoaine- tai nitraattikuormitus kuitenkin nostaa pesuveden tarvetta.

Flotaatolaitoksen osalta voi olla syytä harkita, kannattaako laitosta ajaa jatkuvasti, jos jälkiselkeytetyn veden laatu on hyvä ja reduktio flotaatiossa pieni.

6.3 Menetelmien potentiaali nykyistä vaativampien lupamääräysten saavuttamisessa

6.3.1 Yleistä

Lupamääräysten kiristyessä ohitusten suhteellinen vaikutus kasvaa entisestään.

Yksikin huono tulos voi helposti pilata jakson kokonaistuloksen, samoin merkittävä puhdistamo-ohitus, joten huippuvirtaamatilanteiden hallinta on olennaisen tärkeää ja mahdollinen ohitusvesien erilliskäsittely voi olla tarpeen. Flotaatolaitosten etuna on riittävä kapasiteetti käsitellä korkeampia kiintoainekuormia ja biologisen osan ohitusvesiä. Käsittelytulos on kuitenkin riippuvainen flotaatioon johdettavan veden laadusta ja sen vaihtelusta, ja merkittävät kuormituspiikit voivat aiheuttaa häiriöitä.

Seuraavassa on tarkasteltu tulosta prosessissa ottamatta kantaa siihen, kuinka suuri pelivara tuloksen ja lupamääräyksen välille tarvitaan ohitus- ja häiriötilanteiden kattamiseksi.

6.3.2 Fosfori

Useimmilla vertailussa mukana olleilla hiekkasuodatus- ja flotaatolaitoksilla on fosforin osalta lupamääräyksenä < 0,3 mgP/l puhdistustulos.

Toteutuneiden käsittelytulosten perusteella sekä hiekkasuodatuksella että flotaatiolla on hyvät mahdollisuudet saavuttaa prosessissa <0,2 mgP/l fosforitulos, kun hydraulinen kapasiteetti on riittävä ja lisäksi kemikalointi optimoitu. Lisäksi voi olla tarpeen järjestää kemikaaleille riittävä reaktioaika, samoin pH:n säätö voi nousta merkittäväksi.

28.5.2013

Kummankin jälkikäsitteilytyypin parhaat tulokset olivat vuosikeskiarvoina alle 0,1 mg/l.

Osalla DN-suodatinlaitoksista saavutettiin parhaina vuosina < 0,2 mgP/l fosforitulos ja < 0,05 mg(PO₄-P)/l liukoisen fosfaatin taso, mutta pääosin kokonaisfosforipitoisuudet olivat kaikilla laitoksilla vuosikeskiarvona yli 0,2 mgP/l. Kiintoainetta ei lähtevässä ole enempää kuin hiekkasuodatus- ja flotaatiolaitoksilla, mutta kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin määrä on suurempi.

6.3.3 Typpi

Aktiivilieteprosessissa saavutettavaan typpitulokseen vaikuttavat tulevan veden lämpötilavaihtelut, jäteveden hiili-typpisuhde ja mahdollisuus lisähiilen syöttöön. Tulevan jäteveden ollessa typen osalta laimeaa < 10 mg/l typpipitoisuus lähtevässä vedessä on saavutettavissa denitrifioivassa aktiivilieteprosessissa. Merkittävästi yli 80 %:n reduktion saavuttaminen esidenitrifikaatiosuodatusprosessissa on poikkeuksellista.

Hiekkasuodatuksen ja flotaation voidaan katsoa jossain parantavan mahdollisuuksia saavuttaa hyvä typpitulos, yhdistettynä tarvittaessa aktiivilieteprosessiin syötettävään metanoliin, sillä ne kompensoivat korkean lieteiän lisäämää kiintoaineen karkaamista.

Denitrifikaatiosuodatuksen avulla voidaan saavuttaa hyvin korkeatasoinen kokonaistyyppitulos. Suodatuksessa voidaan kuitenkin arvioida olevan mitoituksen väljyydestä riippumatta rajat sekä kilomääräiselle poistolle että käsitellyn veden nitraattipitoisuudelle. Kilomääräistä poistoa voivat rajoittaa sellaiset hivenaineet, jotka on kulutettu loppuun pääprosessissa. Näistä tunnetaan fosfori, jonka saostusta säädellään tai jota lisätään tarvittaessa esim. fosforihappona. Pitoisuuden alaraja määräytyy puolestaan karkaavan metanolin (ja fosforin) perusteella. Ohjaavien mittauksen luotettavuus on ratkaisevassa roolissa, kun tavoitellaan alhaista typpipitoisuutta. Vähintään n 2 mgN/l lähtevästä tyyppistä on muuta kuin nitraattityyppiä.

Vertailun tulosten perusteella selvästi alle 10 mgN/l typpipitoisuus on saavutettavissa vuosikeskiarvona denitrifikaatiosuodatuksessa, jos myös aktiivilieteprosessissa saavutetaan merkittävä typpireduktio. 90 %:n reduktion saavuttaminen voi olla haastavaa siinä tapauksessa, että tulevan veden typpipitoisuus on hyvin alhainen.

Typpitulokseen tai typenpoiston edellyttämään lisähiiliannosteluun vaikuttaa myös mahdollinen lietteen mädätys, joka aiheuttaa merkittävän sisäisen typpikuormituksen.

6.3.4 Muut käsitellyn veden laatua koskevat lupamääräykset

Alle 10 mg/l kiintoainetulos voi olla ajoittain haastava saavutettava kaikilla laitoksilla, jos joko maksimivirtaamat tai -kiintoainekuormat ovat merkittäviä. Toisaalta kuormituksen pysyessä maltillisena, ongelmia ei pitäisi olla. Flotaation osalta sopivan kemikaloinnin merkitys voi olla ratkaiseva.

Alle 5 mg/l BOD-tuloksen osalta DN-suodatuksessa on sama ongelma kuin fosforituloksessa: toisaalta kiintoaineen karkaaminen ja toisaalta typenpoistolle riittävän metanoliannoksen varmistaminen. Vertailussa mukana olevien laitosten käsitellyn veden BOD-arvot olivat vuosikeskiarvoina lähes poikkeuksetta yli 5 mg/l. Hiekkasuodatus- ja flotaatiolaitosten BOD-arvot olivat pääsääntöisesti alle 5 mg/l.

Kaikki jälkikäsitteilymenetelmät parantavat jäteveden mikrobiologista laatua poistamalla patogeeneja kiintoaineen mukana. Mikään menetelmä ei sen sijaan toimi varsinaisena hygienisointina.

28.5.2013

Kiintoainemuodossa olevia haitta-aineita voidaan arvioida poistuvan kiintoaineen mukana. Liukoisessa muodossa oleviin näillä jälkikäsitteilymenetelmillä ei todennäköisesti ole juuri vaikutusta. Jotain lisäsaostumista voi tapahtua, jos ennen tertiäärikäsittelyä käytetään eri saostuskemikaalia kuin prosessissa muuten.

6.4 Mittaukset

Jotta tertiäärikäsittelyn ja laitoksen ajoa ylipäätään voitaisiin optimoida, eri käsittelyvaiheiden vaikutus on tunnettava. Osalla laitoksista ei tutkita tertiäärikäsittelyyn menevän veden laatua ollenkaan. Osalla on-line mittaukset tai kenttämittaukset korvaavat osan analyyseistä, mikä voi olla pääosin riittävää, jos mittausten toiminnasta ja kalibroinnista huolehditaan.

Denitrifikaatiosuodatuksessa nitraattimittausten luotettavuus on olennaisen tärkeää, koska hiilen syöttö tapahtuu mittausten perusteella. Happimittaus on hyvä täydentävä tieto, etenkin jos happipitoisuus on korkea tai vaihtelee eri vuodenaikoina ja virtaamatilanteissa. Myös suodatukseseen menevän veden fosfori- ja fosfaattipitoisuus ja lähtevän veden fosfaattipitoisuusmittausten luotettavuus on tärkeää.

Jos puhdistamoiden energiatehokkuutta halutaan parantaa nykyisestä tasosta, energiaa tulisi mitata nykyistä enemmän myös prosessiyksiköittäin ja/tai laitteittain.

7 Menetelmän valinta ja mitoitus

7.1.1 Hiekkasuodatus

Valintaa puoltavia seikkoja:

- Erillinen ohitusvesien käsittely tai hyvä kapasiteetti pääprosessissa, eli maltillinen kiintoainekuorma jälkikäsitteilyyn
- Halu säätää tarkasti kemikaaliannostusta tai mahdollisesti olla ajoittain syöttämättä kemikaaleja ennen tertiääriä
- Tarve käyttää jälkikäsitteilyä DN-suodatuksena joko osan vuotta tai mahdollisesti tulevaisuudessa

Mitoituksen lähtökohdat:

- Pääprosessissa käsitelty vesi tai suodatuksen ohitus huippuvirtaamilla
- Varauduttava ohittamaan jälkiselkeytyksen vakavissa häiriötilanteissa

Vaihtoehtoiset prosessit (tilanteesta riippuen):

- Kiekkosuodatus, kalvosuodatus

7.1.2 Flotaatio

Valintaa puoltavia seikkoja:

- Kiintoainetta karkaa herkästi edeltävästä prosessista tai halutaan käsitellä myös pääprosessin ohitusvesiä Mitoituksen lähtökohdat:

- Pääprosessissa käsitelty vesi tai koko tuleva vesimäärä Vaihtoehtoiset prosessit (tilanteesta riippuen):

- Kiekkosuodatus, tehostettu laskeutus (esim. Actiflo)

28.5.2013

7.1.3 Denitrifikaatiosuodatus

Valintaa puoltavia seikkoja:

- Tarve merkittävään typpituloksen parantamiseen
- Merkittävä lisähiilen tarve johtuen tulevan veden laadusta
- Ei mahdollisuutta tai halua kasvattaa aktiivilietevaiheen kapasiteettia
- Fosforin lupamääräys ei vaativampi kuin 0,3 mg(P)/l
- Tarve denitrifikaation tehostukselle osan vuotta Mitoituksen lähtökohdat:
- Mitoitus typpikuorman mukaan normaalisti määräävä
- Pääprosessissa käsitelty vesi tai suodatuksen ohitus huippuvirtaamilla
- Fosforihapon syöttö voi olla tarpeen etenkin, jos suodatusta ohitetaan merkittävästi

Vaihtoehdot (tilanteesta riippuen):

- Aktiivilieteprosessin laajennus tai modifiointi

7.1.4 Huomautuksia

- Myös kiintoainetta poistavien menetelmien avulla voidaan parantaa kokonaistyppitulosta jossain määrin, koska ne mahdollistavat korkeamman lieteiän tai esim. esiselkeytyksen osittaisen ohituksen tai prosessin alussa tapahtuvan saostuksen vähentämisen
- Jos pääprosessin puhdistustulos on hyvä ja virtaamakapasiteetti korkea tai ohitusvesille on erilliskäsittely, tertiäärikäsittelyn ohitus huippuvirtaamilla ei välttämättä heikennä tulosta merkittävästi
- Ohitusvesien käsittely tai muu merkittävä kuormitusvaihtelu voi heikentää myös flotaation tulosta ajoittain selvästikin
- Laitoksen hydraulinen profiili voi vaikuttaa eri menetelmien energiankulutukseen jäteveden mahdollisen pumppaustarpeen takia

8 Yhteenveto

Hiekkasuodatuksella, flotaatiolla ja denitrifikaatiosuodatuksella on kaikilla etunsa ja rajoituksensa jäteveden tertiäärikäsittelymenetelminä.

Kaikilla kolmella jälkikäsittelymenetelmällä saavutettiin hyvä kiintoainetulos ja fosforinpoiston kemikaalikustannukset poistettua fosforikiloa (€/kgP) kohden korreloivat fosforituloksen (mg/l) kanssa siten, että parempi tulos kasvatti suhteellisia kemikaalikustannuksia. Arvoissa oli myös hajontaa.

Fosforitulokset olivat pääosin hyviä tai erinomaisia kaikilla laitoksilla. Denitrifikaatiosuodatuksen toimintaperiaate asettaa kuitenkin rajoituksia saavutettavalle fosforitulokselle.

Korkeatasoisia kokonaistyppireduktioita saavutettiin kaikilla DN-suodatuksella varustetuilla laitoksilla sekä useilla muilla laitoksilla. Ilman jälkidenitrifikaatiota saavutettavissa oleva typpitulo riippuu useista tekijöistä, kuten prosessilämpötiloista ja tulevan jäteveden laadusta.

28.5.2013

Typenpoiston kustannusten vaihtelu poistettua typpikiloa kohden oli suurta. Mitä korkeampi kokonaistyppireduktio saavutettiin pääprosessissa, sitä pienemmiksi jäivät kemikaalikustannukset. Sen lisäksi, että lisähiilenlähteen käyttökustannukset ovat

28.5.2013

korkeat, on huomattava, että jos pääprosessin kokonaistypenpoistoaste on alhainen, alkalointikemikaalin kulutus voi nousta merkittäväksi.

Puhdistamoiden kokonaisenergiankulutuksen vaihtelu oli suurta ja tertiäärikäsittelyvaiheen energiankulutus muodostaa siitä vain osan. Tertiäärivaiheen energiankulutustietoja oli käytettävissä rajallisesti.

Laitoksen sisäiset ohitukset vaihtelivat tertiäärikäsittelymenetelmän ja sen mitoituksen mukaan. Flotaatioon voidaan useilla laitoksilla johtaa pääprosessin ohitusvesiä, ei kuitenkaan aina ongelmitta. Hiekka- ja denitrifikaatiosuodatusten maksimikapasiteetit olivat useilla laitoksilla pienempiä kuin pääprosessin ja niitä ohitettiin maksimivirtaamalla. Pääprosessin tuloksen pysyessä hyvänä vaikutus puhdistustulokseen jäi kuitenkin pääsääntöisesti pieneksi. Koko laitoksen ohituksia tai verkosto-ohituksia ja niiden vaikutusta puhdistustulokseen ei käsitelty tässä vertailussa.

Tertiäärikäsittelyn ohjauksen optimointi puhdistustuloksen ja resurssien kulutuksen kannalta edellyttää riittävää tietoa käsittelyyn menevän veden laadusta ja energiankulutuksesta. Seurannan määrä ja laatu vaihtelivat voimakkaasti laitosten välillä.

Jälkidenitrifikaation kemikaalinsyöttö perustuu on-line analyysiin. Tuloksen optimoimiseksi on huolehdittava analysaattorien toiminnasta ja kalibroinnista. Yksi merkittävä tekijä kemikaalinkulutuksessa on suodatukseen johdettavan veden happipitoisuus, jonka merkitys korostuu, jos poistettava typpimäärä on pieni.

Tertiäärikäsittelyä edeltävän saostuskemikaaliannostelun ohjaustapaa ei tarkasteltu tässä vertailussa. Teoriassa optimaalista olisi syötön ohjaaminen käsittelyyn menevän ja halutun fosfaattipitoisuuden perusteella.

Suodatuksessa pesun tulisi perustua tarpeeseen. Poikkeuksen voi muodostaa laitos, jolla likaantumisen aiheuttama hydraulinen häviö johtaa jäteveden pumppaustarpeeseen. Resurssien kulutuksen minimoinnin kannalta voi olla perusteltua jaksottaa tertiäärikäsittelyn käyttöä, jos edeltävän käsittelyvaiheen vedenlaatu on hyvä.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Hyväksynyt:



Ari Niemelä
johtava prosessiantuntija, TkL

Laatinut:



Anna Kuokkanen
projektipäällikkö, TkL

Liite 1: Perustiedot ja tulokset taulukkomuodossa, keskiarvot jaksolta 2010-2012**Taulukko 1.** Laitosten perustiedot sekä vesiprosessissa käytetyt kemikaalit ja energia, keskiarvot 2010-2013

Laitos	AVL* hlö	Huom.	Saostuskem. pääprosessiin g/m ³	Saostuskem. tertiääriin g/m ²	Polymeeri yht. g/m ³	Alkalointikem. g/m ³	Metanoli g/m ³	Energia yht. kWh/m ³	Energia tertiääriin** kWh/m ³			
Hiekkasuodatus, perinteinen												
sA	340 000		Ferro	104	Ferro	11	1,7	Ca(OH) ₂	-	-	0,30	ei tunnetta
sB	150 000	(a)	PAC+PIX	140	-	-	0,04	-	-	-	0,38	ei tunnetta
Hiekkasuodatus, jatkuvatoiminen												
sC	9 000		PIX	160	PIX	40	0,3	NaOH	25	-	0,53	0,06
sD	67 000	(c)	PIX	130	PIX	80	-	Ca(OH) ₂	70	-	0,47	0,07
sE	2 200		PAC	170	PAC	10	1,1	CaCO ₃	40	-	2,18	0,19
Flotaatio												
fA	170 000		PIX	180	(PIX)	- (2)	0,2	-	-	-	0,78	ei tunnetta
fB	96 000	(b)	Ferro	150	PAC	25	0,5	CaCO ₃	180	-	0,71	0,13
fC	11 000		Ferro	140	ALF	45	0,1	Ca(OH) ₂	8	-	0,71	0,18
Denitrifikaatiosuodatus												
dA	900 000	(b)	Ferro	96	-	-	-	Ca(OH) ₂ (+ NaOH)	5	26	0,35	0,02
dB	150 000	(a)	PAC+PIX	120	-	-	-	Ca(OH) ₂	20	10	0,37	ei tunnetta
dC	41 000	(b)	Ferro	87	-	-	0,1	Ca(OH) ₂	120	79	0,30	ei tunnetta
dD	25 000	(c)	PIX	250	-	-	-	Ca(OH) ₂ (+ Na ₂ CO ₃)	70	24	1,6	0,07

* tarkastelujakson 2010-2012 keskimääräisestä kuormasta, 70 g/as/d

** tertiäärille kohdistetussa kulutusosuudessa mukana olevat osat vaihtelevat, osa on arvioita

28.5.2013

*** sama laitos, eri käyttötapa vuodenajan (jäteveden lämpötilan) mukaan

Huomautuksia:

- a) sB ja dB ovat sama laitos, jolla on eri ajotapa jäteveden lämpötilan mukaan
 b) Laitoksilla fB, dA ja dC on omat mädättämöt, mikä kasvattaa tarvittavaa typpireduktiota tulevaan kuormaan nähden.
 c) Laitoksilla sD ja dD on erillinen esikäsittely elintarviketeollisuuden jätevesille. Laitoksella dD elintarviketeollisuuden kuorma on huomattava.

Ferro = ferrosulfaatti, PIX = Ferrisulfaatti, nestemäinen, PAC = polyalumiinikloridi, nestemäinen, ALF/AVR = rautapitoinen alumiinisulfaatti

Tertiäärikäsittelyn vaikuttavuus ja käyttökustannukset_FBkorjattu2011-2012.docx

**Tertiäärikäsittelyn
vaikuttavuus ja**LIITE 1/2
käyttökustannukset**Taulukko 2.** Tulevan jäteveden pitoisuudet ja puhdistustulokset prosessissa (ilman ohituksia), keskiarvot 2010-2013.

Laitos	Fosfori			Liuk. fosfori	Kiintoaine			Typpi			BOD ₇ ATU		
	Tuleva (mg/l)	Käsitelty (mg/l)	Reduktio (%)	Käsitelty (mg/l)	Tuleva (mg/l)	Käsitelty (mg/l)	Reduktio (%)	Tuleva (mg/l)	Käsitelty (mg/l)	Reduktio (%)	Tuleva (mg/l)	Käsitelty (mg/l)	Reduktio (%)
Hiekkasuodatus, perinteinen													
sA	7,8	0,13	98	0,09	340	4,7	99	51	12	76	280	4,1	99
sB	9,9	0,17	98	0,06	400	4,2	99	60	47	23	270	6,4	98
Hiekkasuodatus, jatkuvatoiminen													
sC *	5,6	0,27	95	0,05	210	12	94	37	7,3	80	140	3,0	98
sD **	7,2	0,28	96	0,22	200	4,4	98	47	12	74	290	3,4	99
sE	8,6	0,08	99	ei tied.	240	4,1	98	56	39	29	210	5,9	97
Flotaatio													
fA	6,8	0,15	98	0,04	370	5,9	98	43	9,3	78	330	5,9	98
fB	9,5	0,25	97	ei tied.	430	3,2	98	55	26	52	330	3,2	99

28.5.2013

fC	7,4	0,08	99	ei tied.	280	2,4	98	48	17	63	220	2,4	99
Denitrifikaatiosuodatus													
dA	6,5	0,22	97	0,06	260	6,0	97	46	5,2	89	230	6,0	97
dB	9,1	0,19	98	0,07	400	5,0	99	54	13	77	240	5,0	98
dC ***	13	0,28	98	0,14	440	7,9	99	49	11	76	270	7,9	97
dD **	12	0,33	97	0,22	750	6,8	99	82	12	86	590	6,8	99

* yhden vuoden yksi näytekertta vaikuttaa lähtevän tulokseen merkittävästi, vrt. kuvaajat liite 1

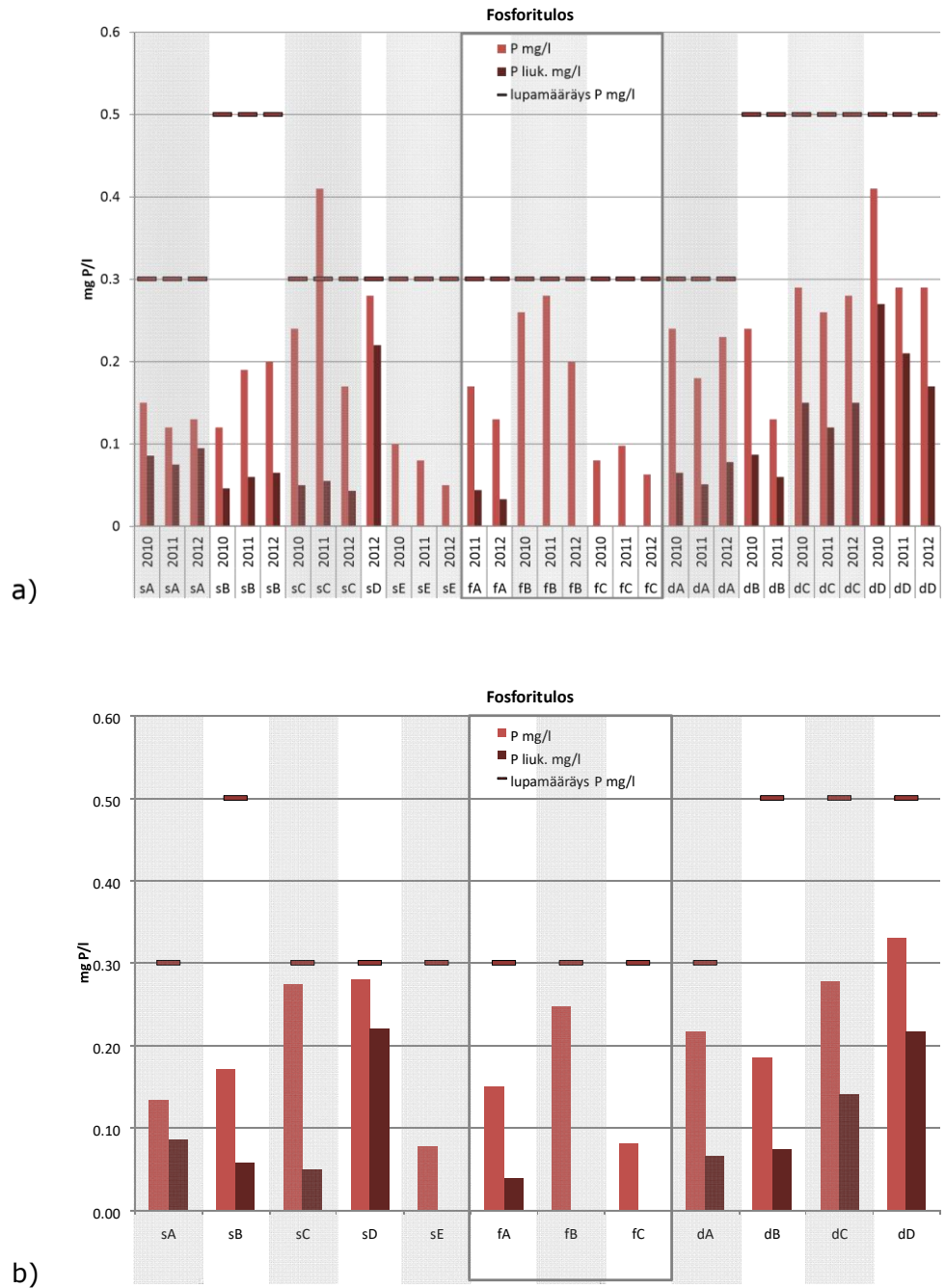
** merkittävä osuus kuormituksesta elintarviketeollisuudesta

*** tulokuormitus 2012 poikkeavan suuri, syynä mahd. osin epäedustavat näytteet

28.5.2013

Liite 2: Käsittelytulos puhdistamolla

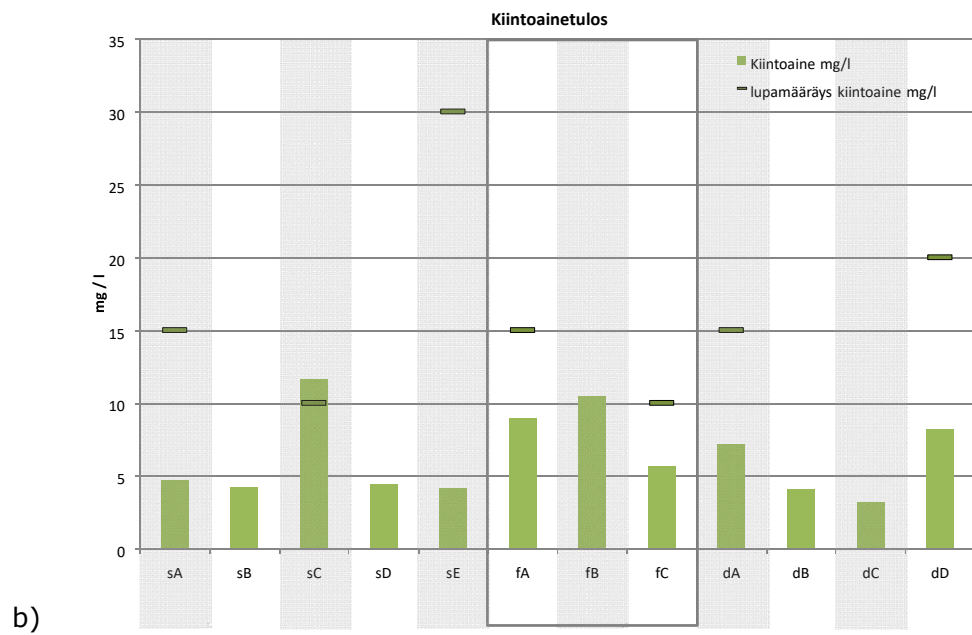
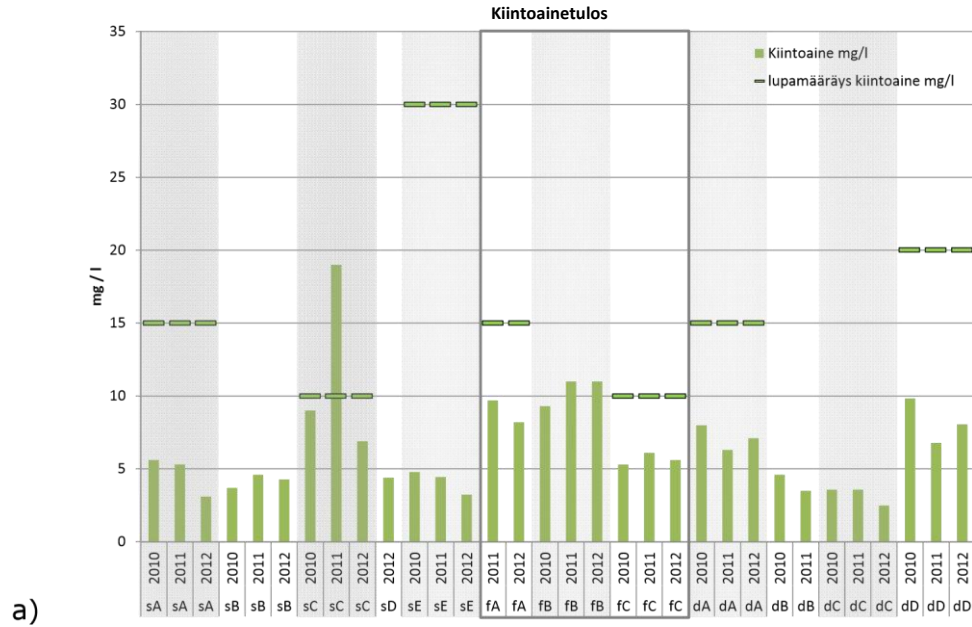
Puhdistustulokset on esitetty sekä vuosikeskiarvoina että kolmen vuoden keskiarvoina jotta yksittäiset voimakkaasti poikkeavat vuosikeskiarvot erottuisivat paremmin.



Kuva 3. Käsittelyn veden fosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot

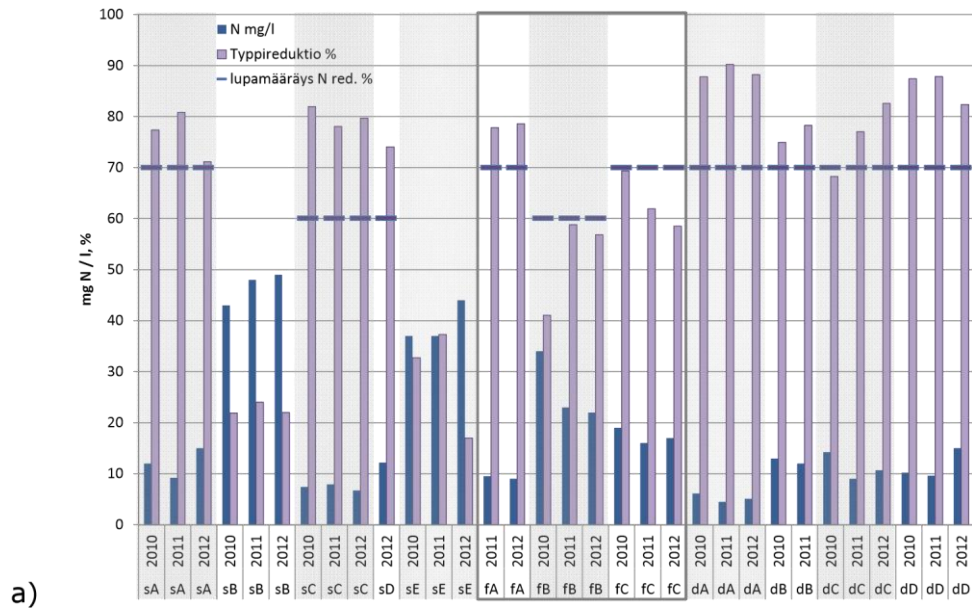
28.5.2013

Laitoksella - sC vuoden 2011 vuosikeskiarvon taustalla on yhden näytekeran poikkeavan huono tulos (kiintoaineen karkaaminen).

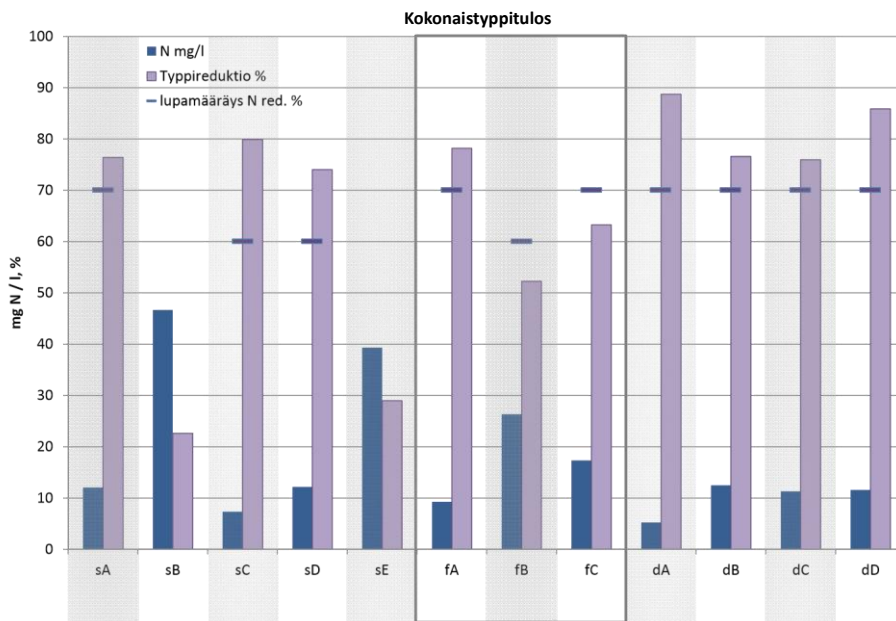


Kuva 4. Käsitellyn veden kiintoainepitoisuudet a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot.

Kokonaistyyppitulos



a)



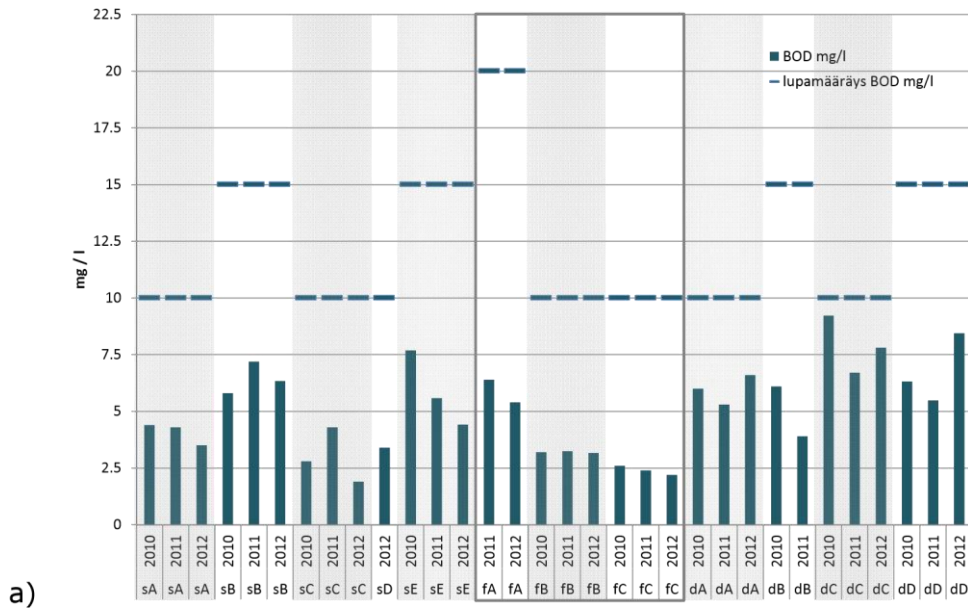
b)

Kuva 5. Käsitellyn veden kokonaistyyppipitoisuudet ja reduktiot puhdistamolla a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot.

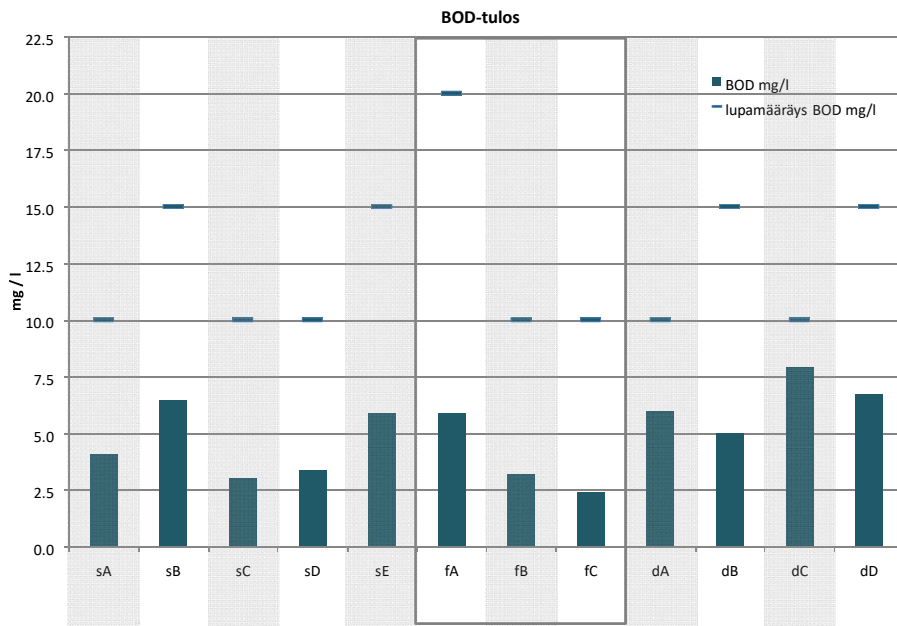
Laitoksen dC mitattu puhdistamolle tuleva kuormitus 2012 on todennäköisesti epäedustava, ja kokonaistyyppireduktio puhdistamolla mitattua pienempi.

28.5.2013

BOD-tulos



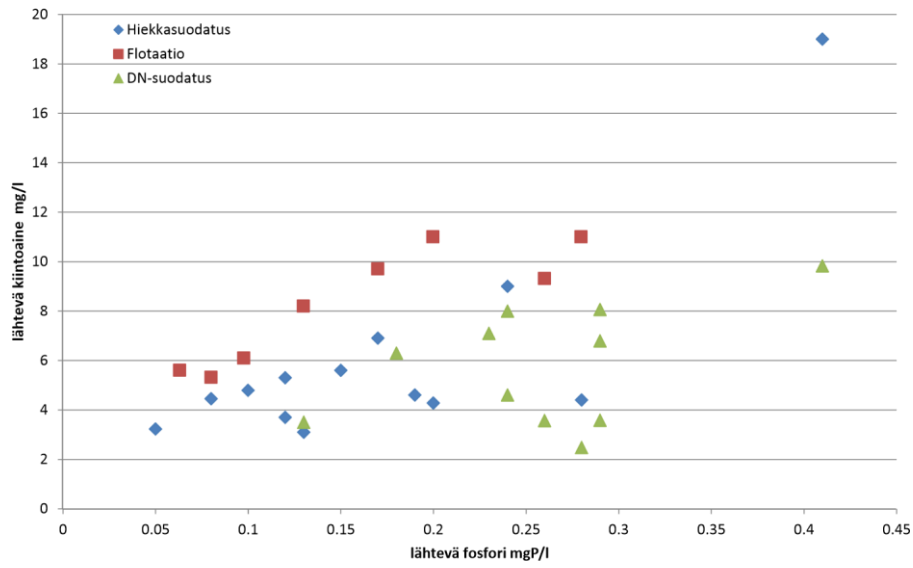
a)



b)

Kuva 6. Käsitellyn veden BOD_{7ATU}-pitoisuudet a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot.

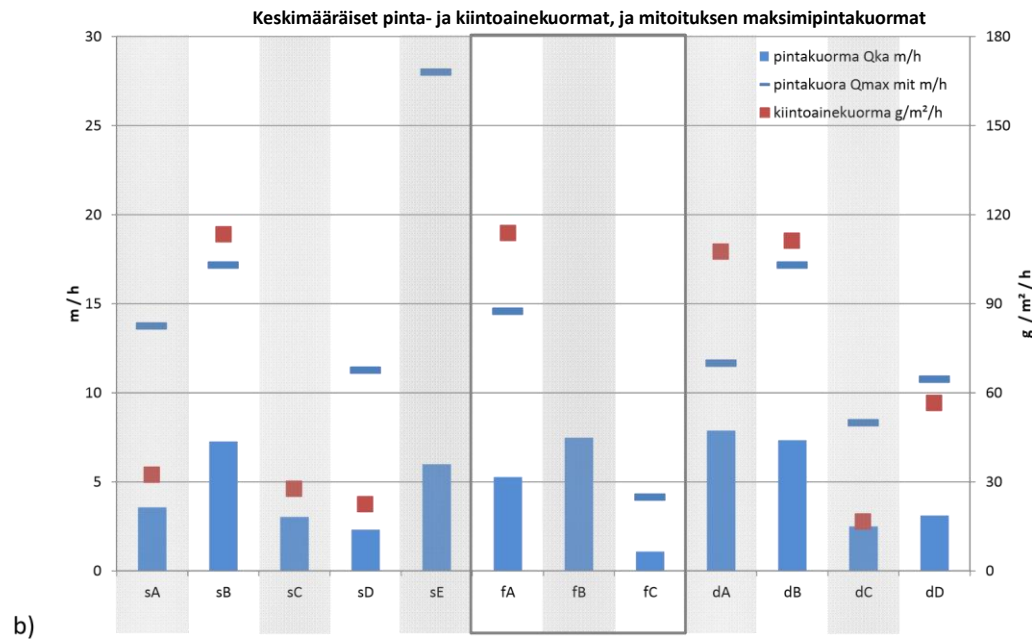
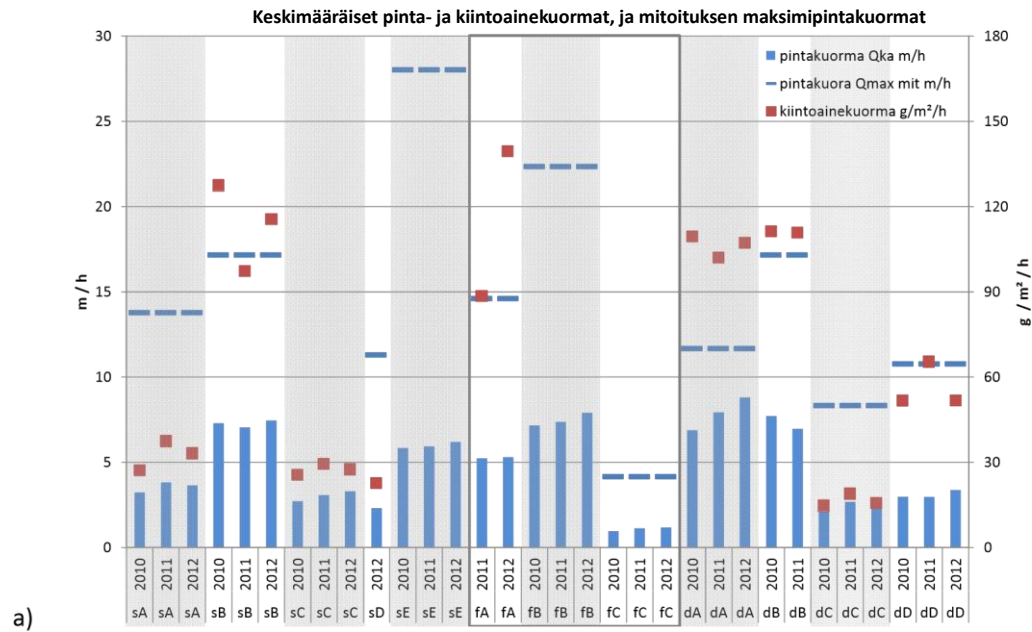
Kiintoainetulos vs. fosforitulos, laitosten vuosien 2010, 2011 ja 2012 keskiarvot



Kuva 7. Kiintoainetuloksen ja fosforituloksen suhde, vuosikeskiarvot

28.5.2013

Liite 3: Tertiäärikäsittelyn kuormitus

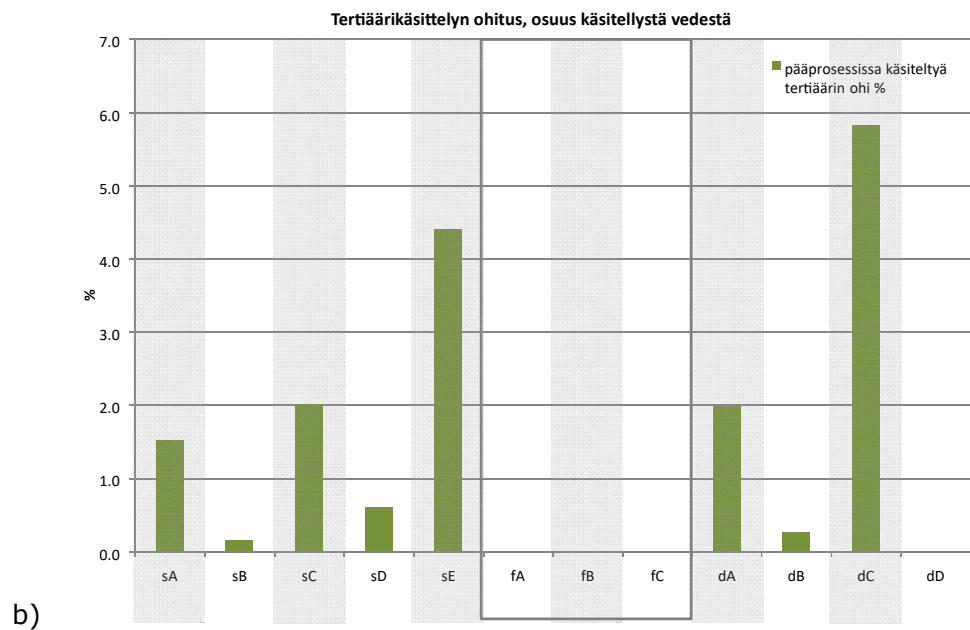
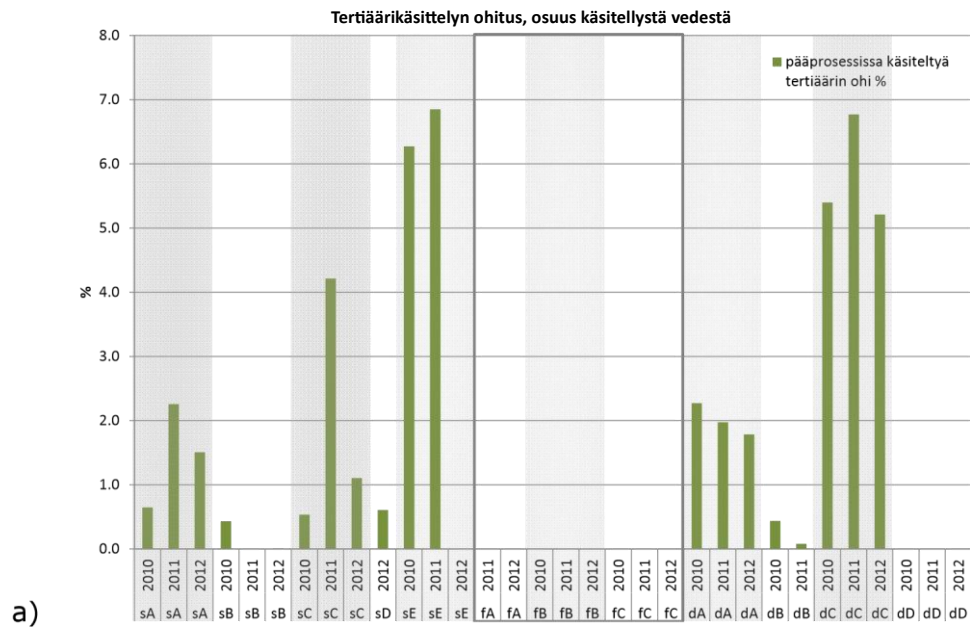


Kuva 8. Jälkikäsittelyn hydraulinen ja kiintoainekuormitus, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (laitos sE: Q_{max mit} on koko laitoksen mitoitusmaksimivirtaama, jälkikäsittely ohitetaan maksimivirtaamilla)

-

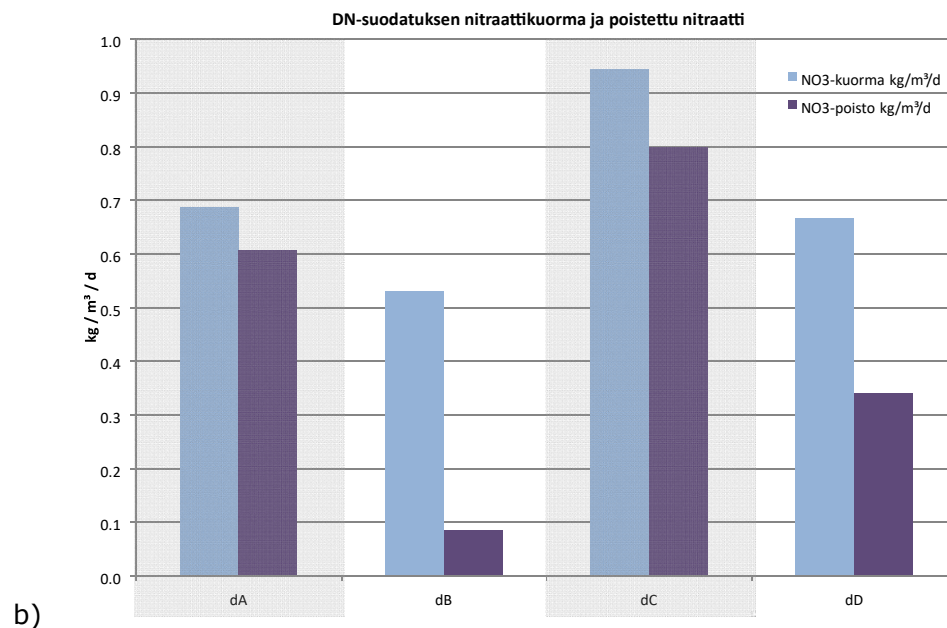
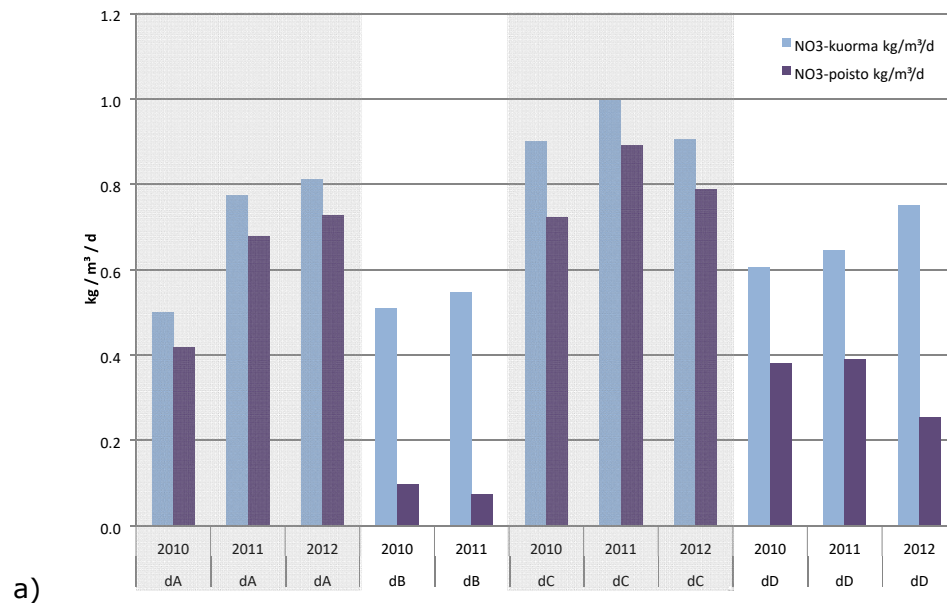
-

28.5.2013



Kuva 9. Osuus pääprosessissa käsitellystä vedestä, joka on johdettu tertiäärikäsittelyn ohi, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei ohitusta).

DN-suodatuksen nitraattikuorma ja poistettu nitraatti



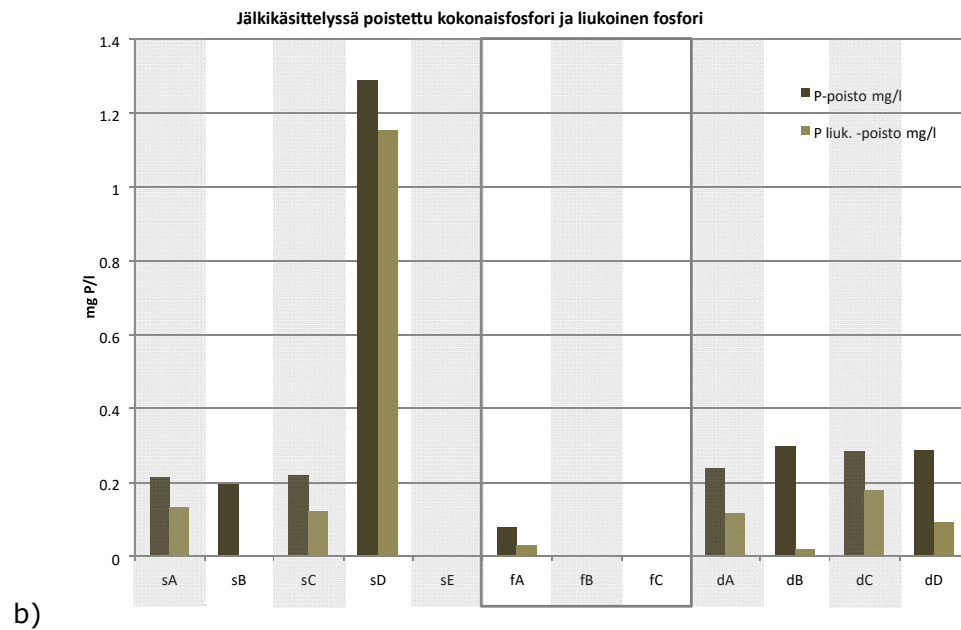
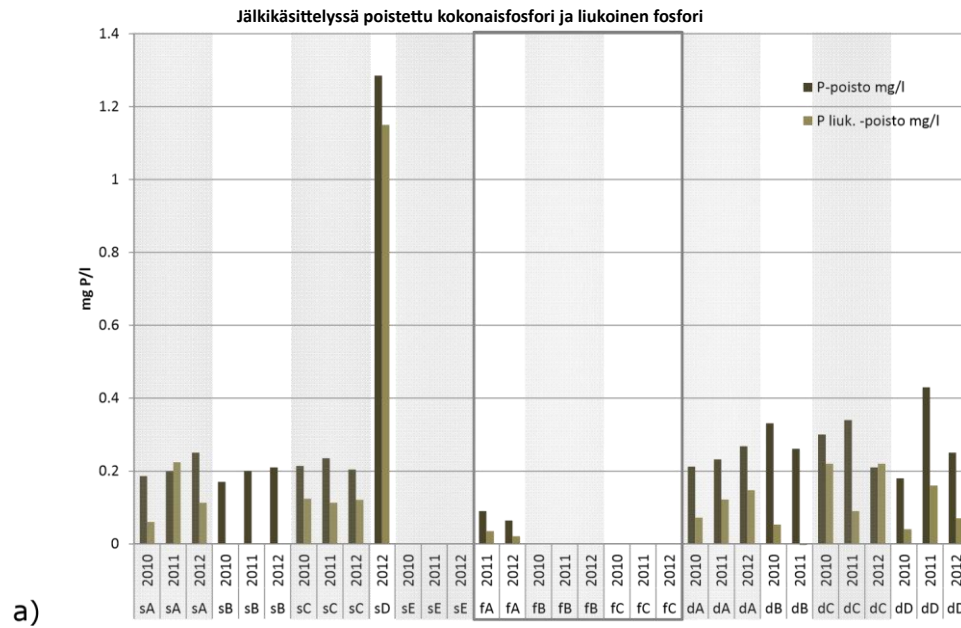
Kuva 10. DN-suodatuksen nitraattikuorma ja poistettu nitraatti, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. Mukana vain laitokset, joilla on DN-suodatus.

Liite 4: Reduktiot tertiäärikäsittelyssä

Tertiäärikäsittelyn veden laatu on käytetty ensisijaisesti laboratoriomääritysten arvoja ja niiden puuttuessa on-line mittausten arvoja. Tertiäärikäsittelyyn menevän veden laatua ei osalla laitoksista tutkita tai tutkitaan vain osittain.

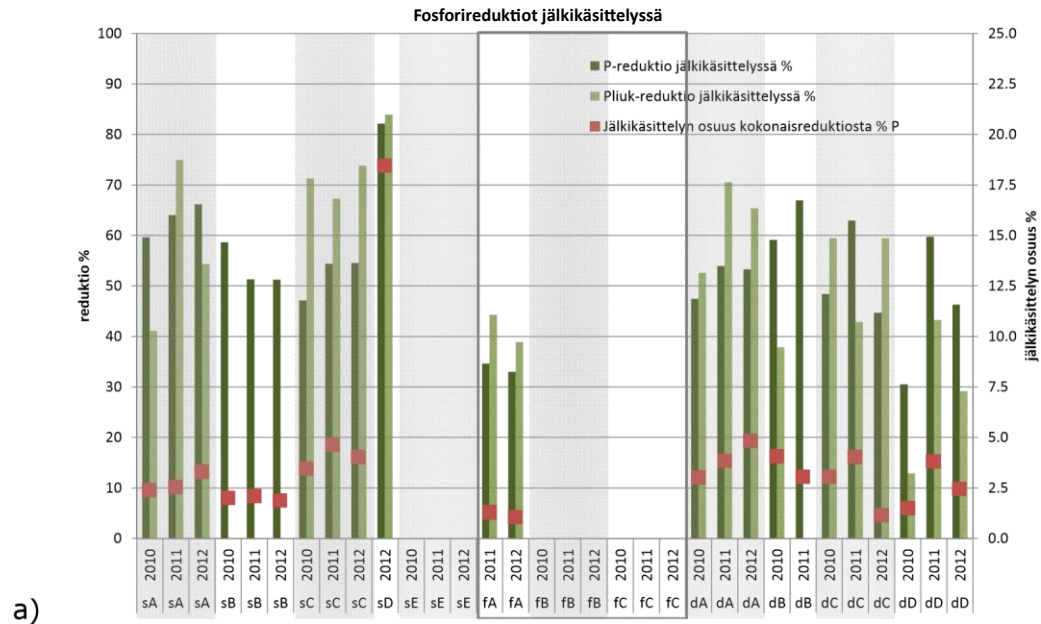
Laitoksen sC osalta tertiäärikäsittelyn kuormituksen ja reduktioiden tarkastelu tehtiin ilman yhtä vuoden 2011 näytekertaa, jolloin sekä jälkiselkeytetyn että tertiäärikäsittelyn veden laatu oli poikkeuksellisen heikko. Näytekerä on mukana laitoksen kokonaistuloksessa (liite 1).

28.5.2013

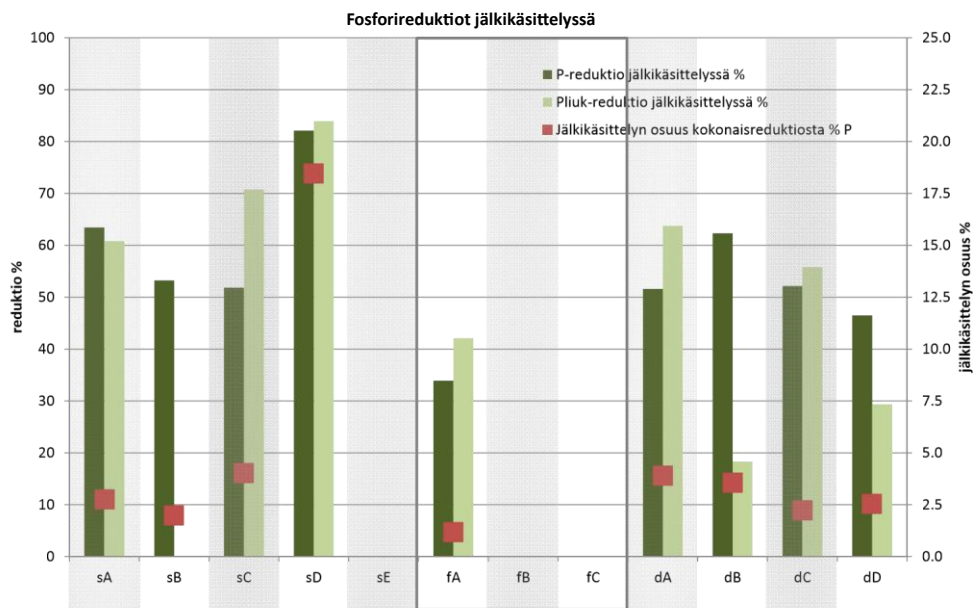


Kuva 11. Fosforin poisto tertiäärikäsittelyssä, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa)

28.5.2013



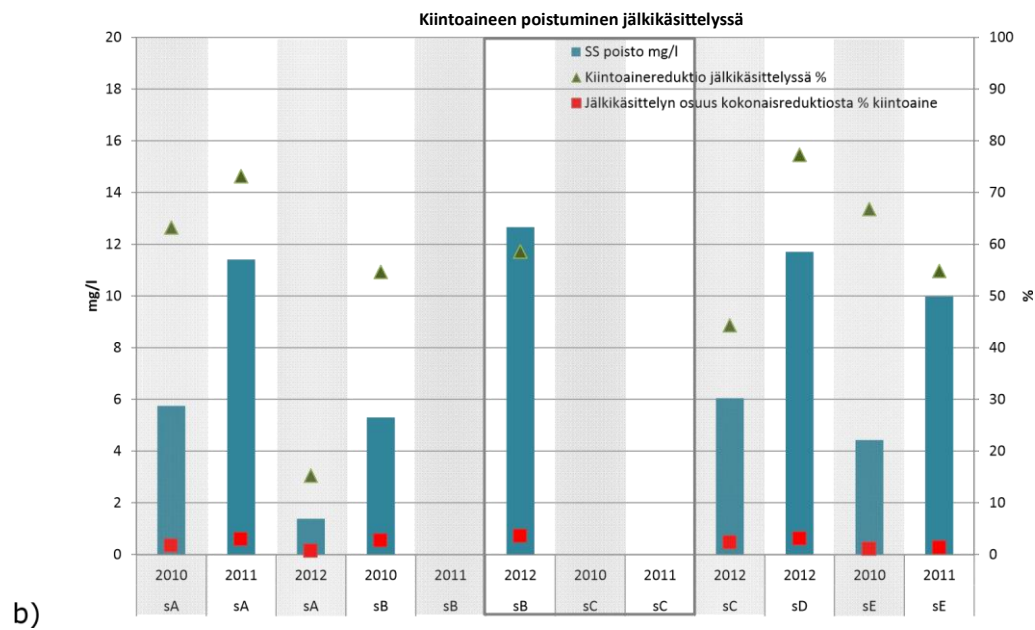
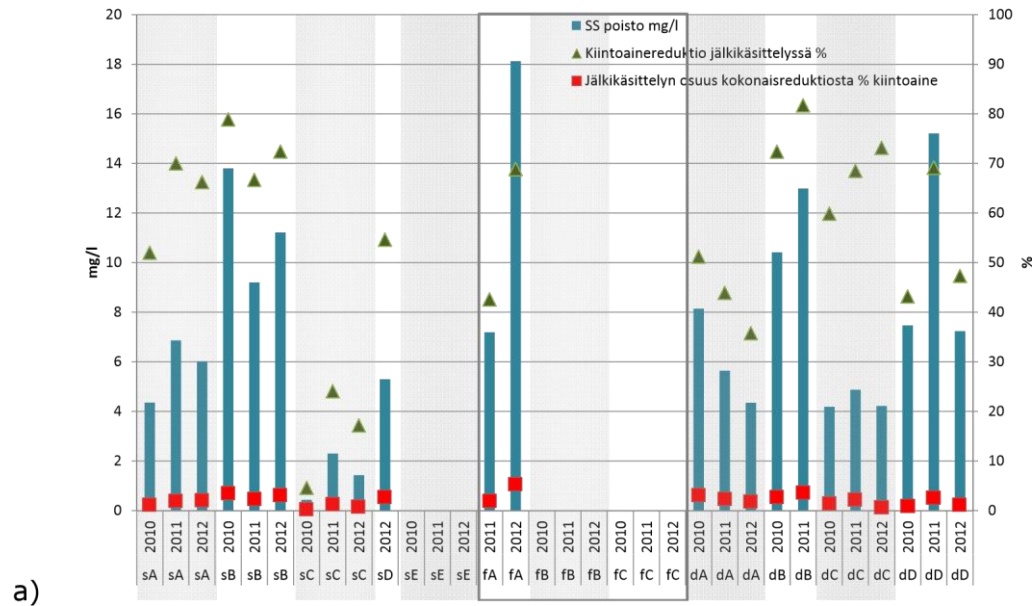
a)



b)

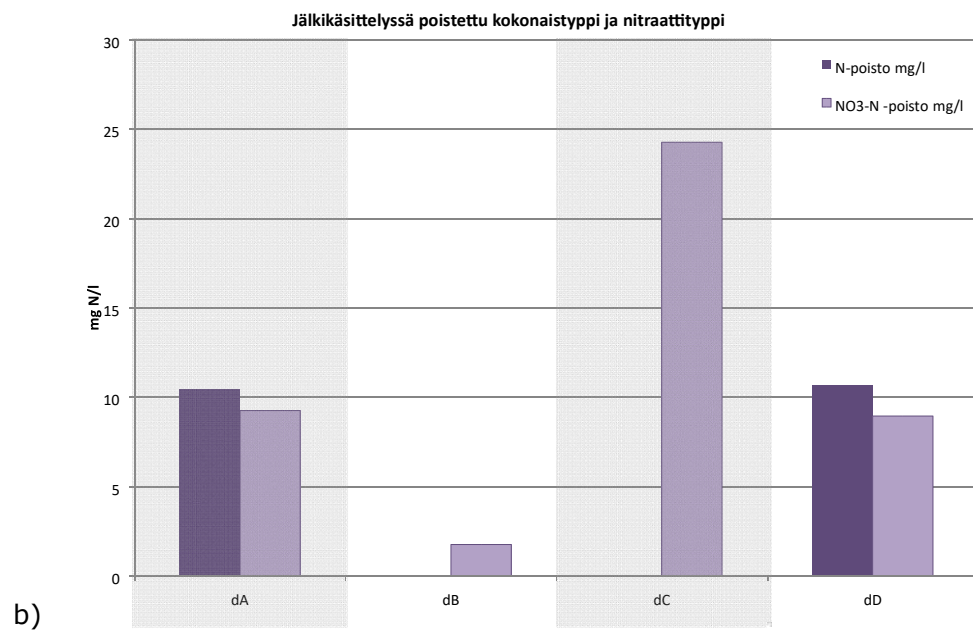
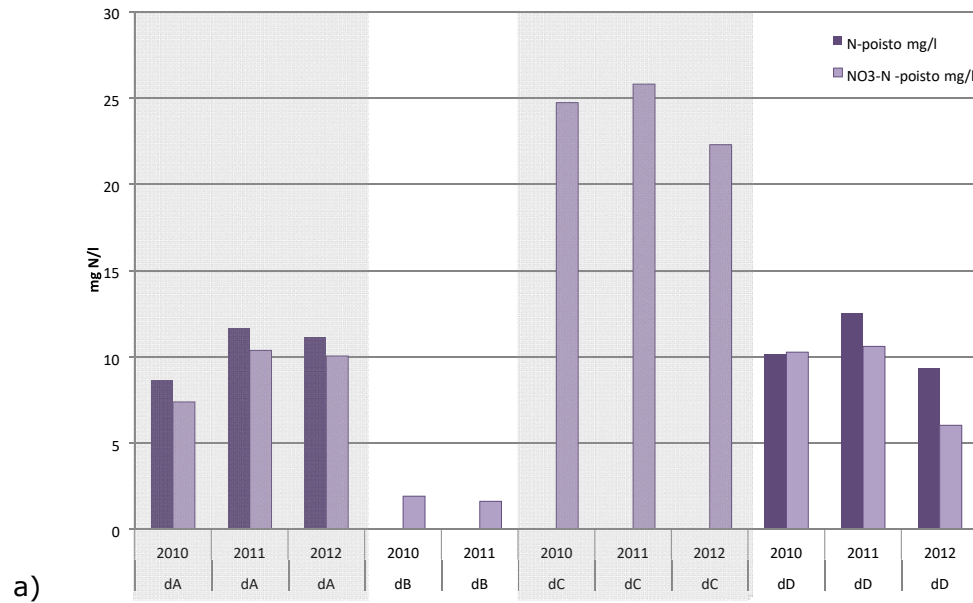
Kuva 12. Fosforireduktiot tertiäärikäsittelyssä ja tertiäärikäsittelyn osuus kokonaistuloksesta, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa)

Kiintoaineen poistuminen jälkikäsitellyssä



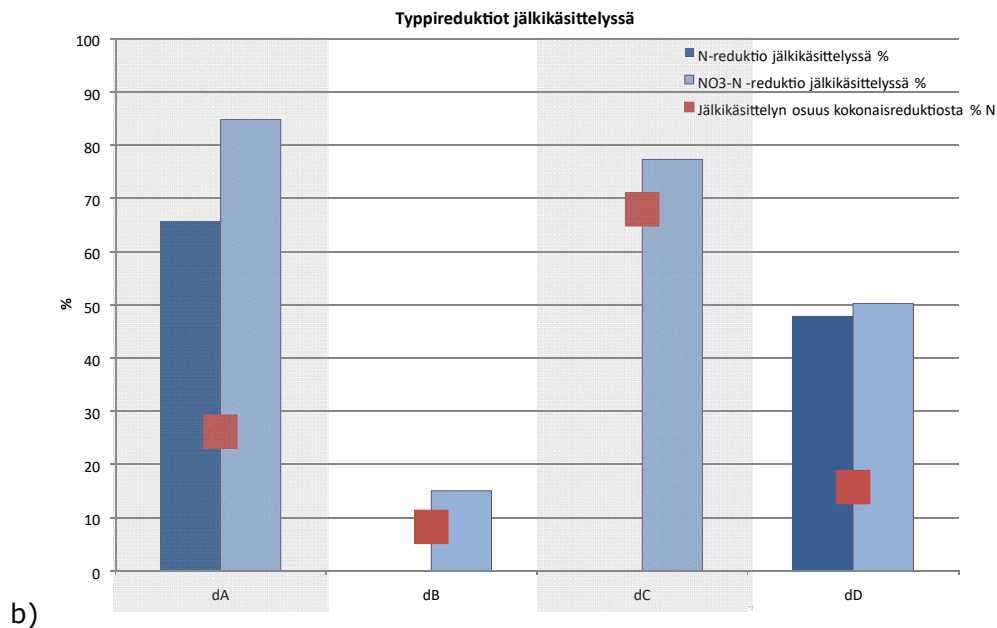
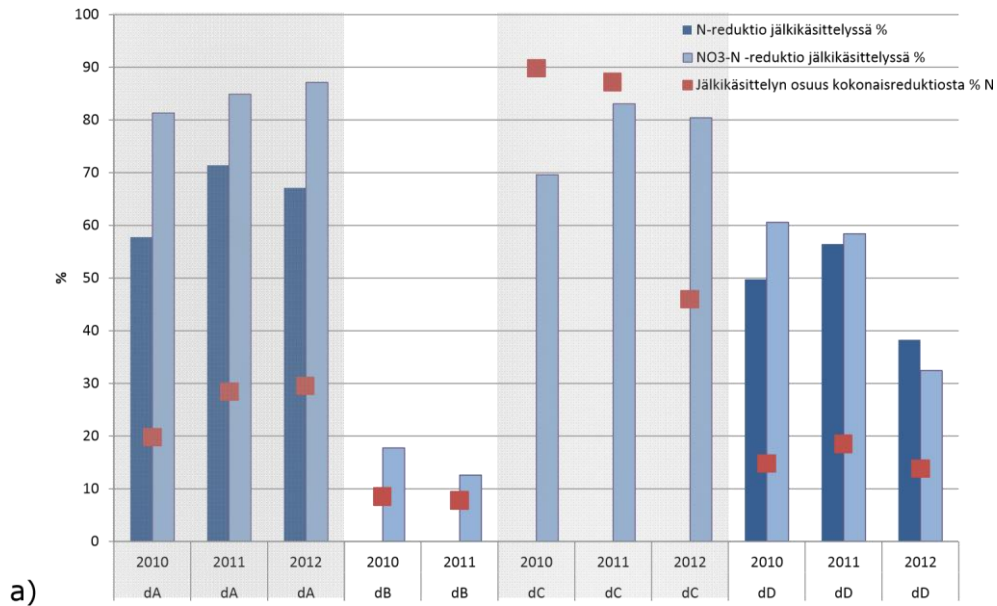
Kuva 13. Kiintoaineen poisto ja kiintoainereduktio tertiärikäsittelyssä, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa)

Jälkikäsittelyssä poistettu kokonaistyppi ja nitraattityppi



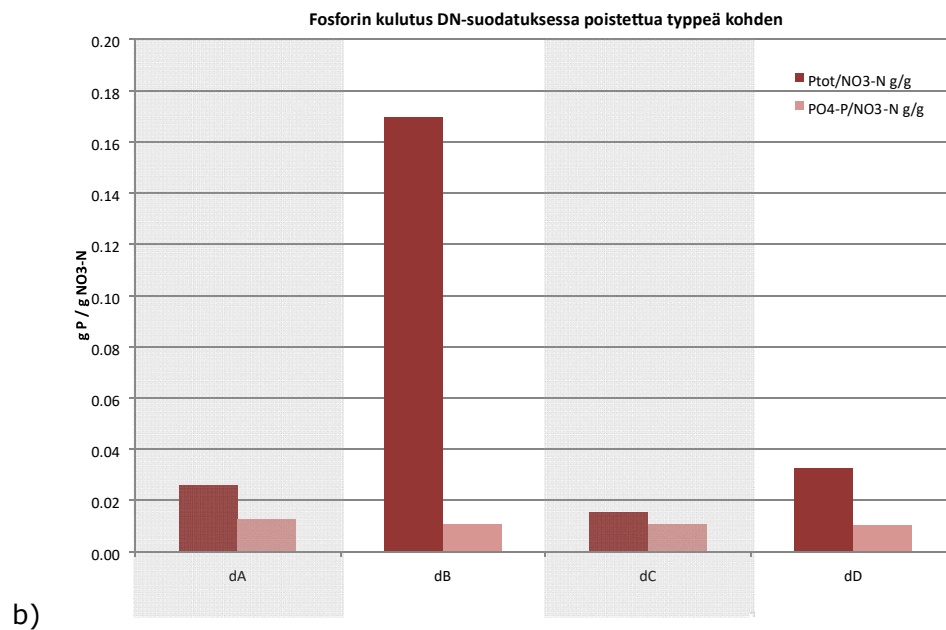
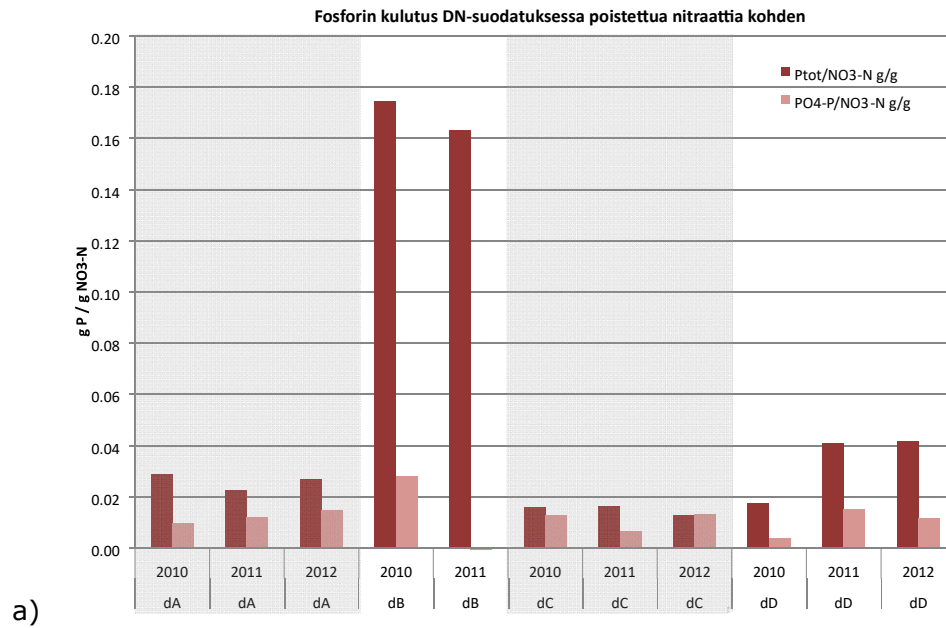
Kuva 14. Typen poisto tertiäärikäsittelyssä, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa)

Typpireduktiot jälkikäsittelyssä



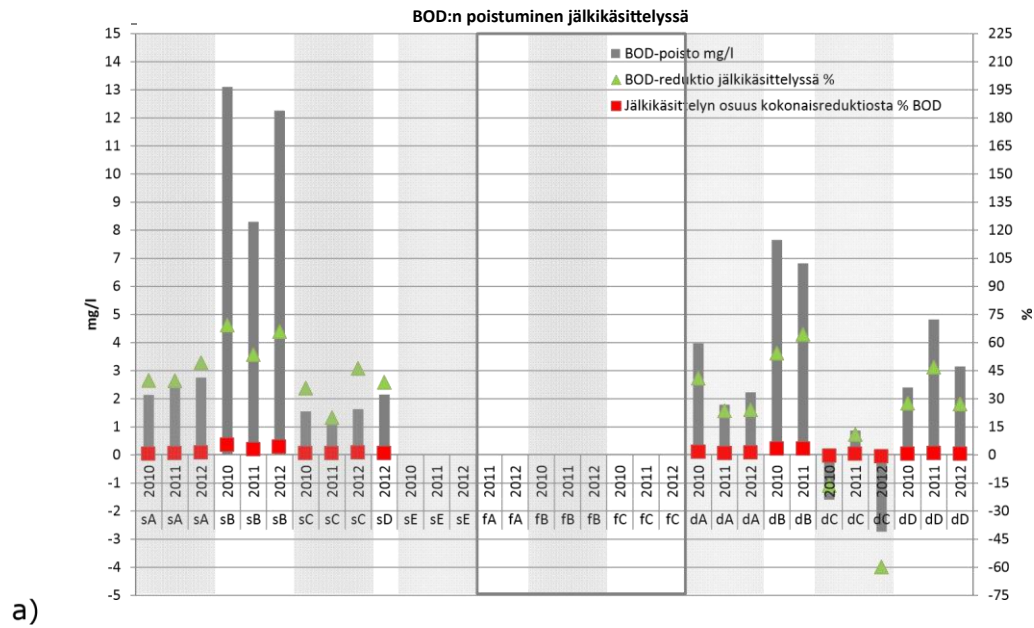
Kuva 15. Typpireduktiot tertiäärikäsittelyssä, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa)

Laitoksen dC mitattu puhdistamolle tuleva kuormitus 2012 on todennäköisesti epäedustava, ja kokonaistyppireduktio puhdistamolla mitattua pienempi.

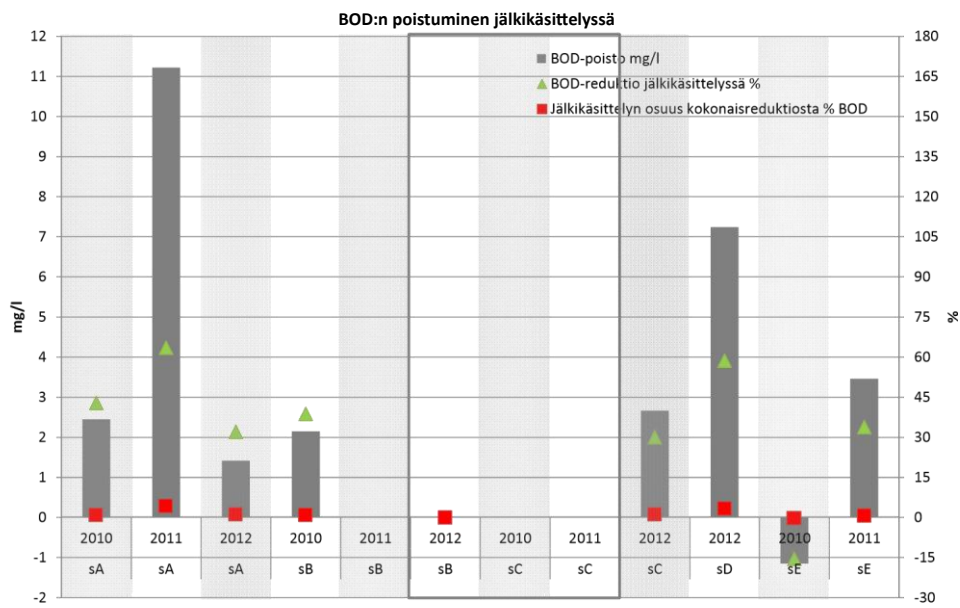


Kuva 16. DN-suodatuksessa poistettu kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori per denitrifioitu nitraatti a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (dC: kulutuksessa mukana lisätty fosforihappo)

28.5.2013



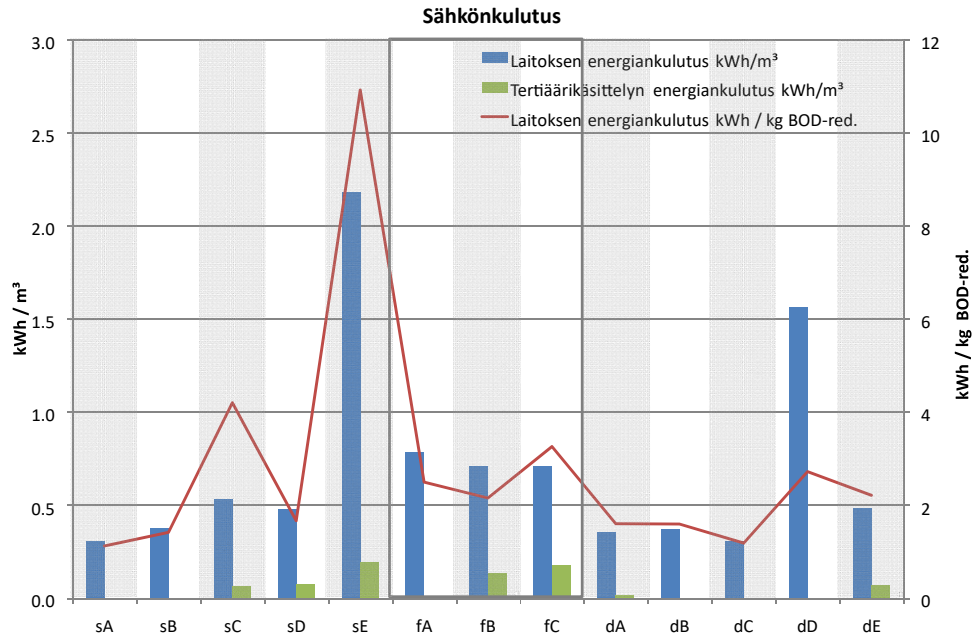
a)



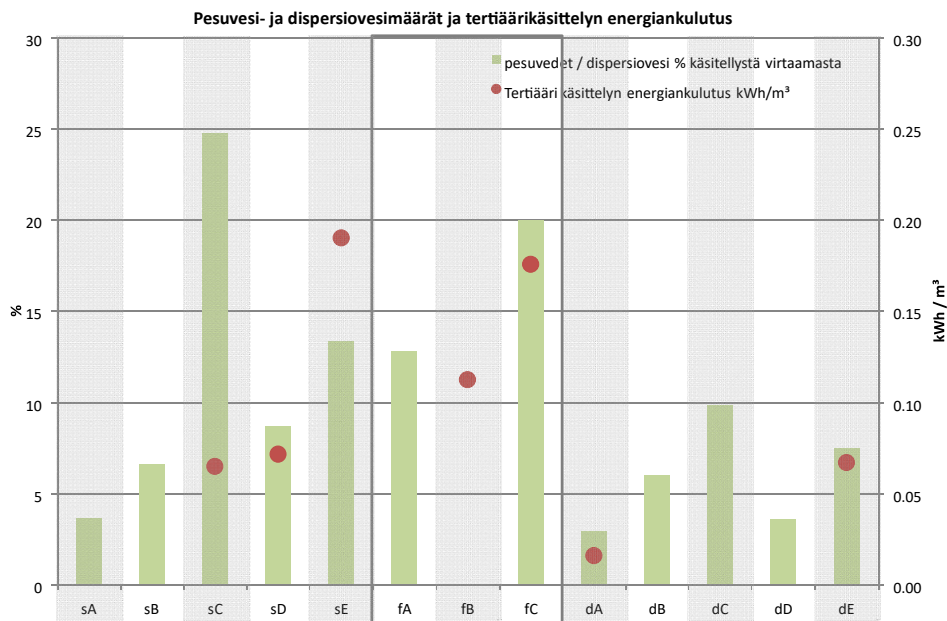
b)

Kuva 17. BOD_{7ATU}:n poisto ja reduktiot tertiäärikäsittelyssä, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa)

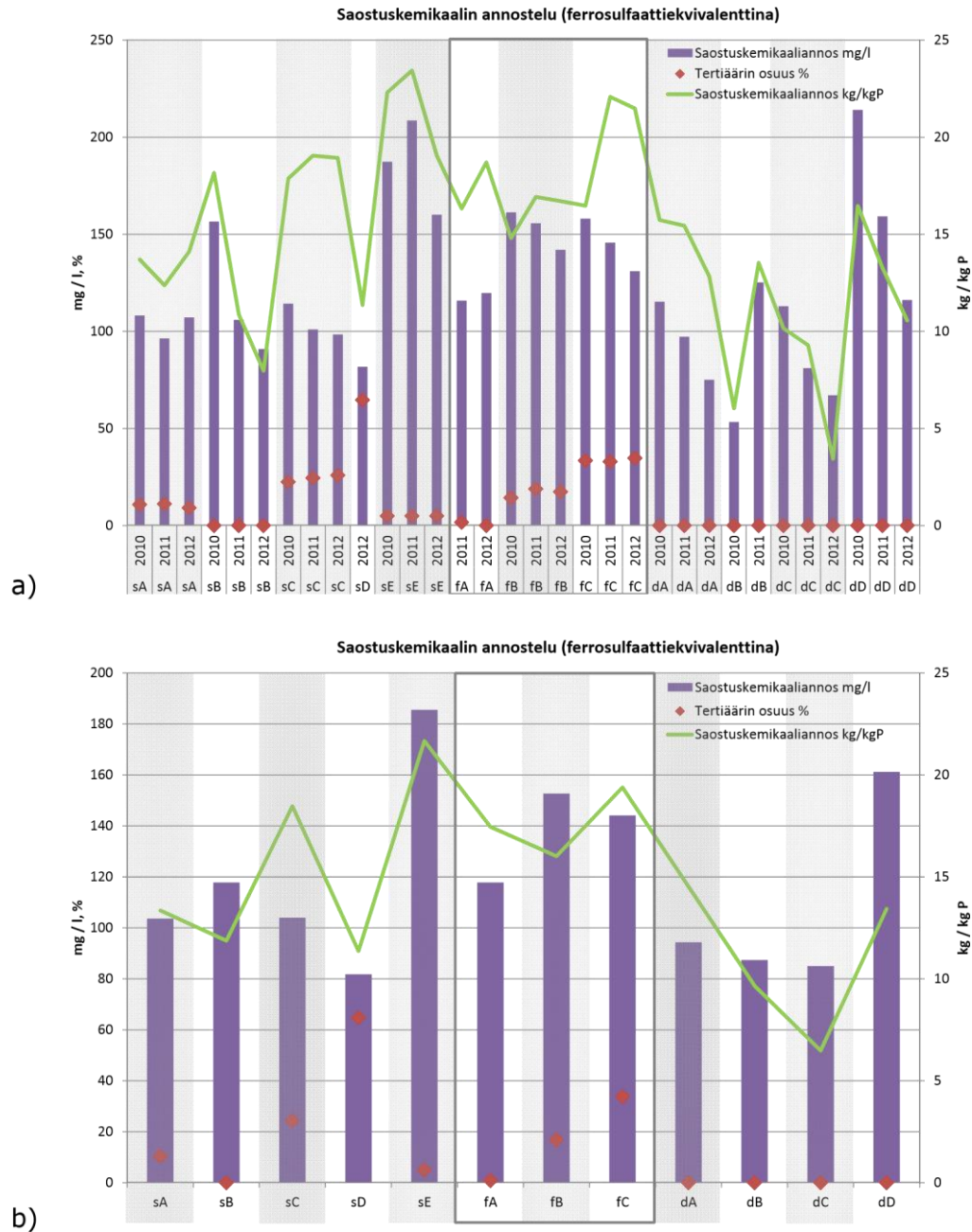
28.5.2013

Liite 5: Energian ja kemikaalien kulutus

Kuva 18. Energiankulutus laitoksella ja tertiäärikäsittelyssä. (ei arvoa = ei aineistoa; mukana puhdistamo dE, jonka muu aineisto ei ole mukana vertailussa)

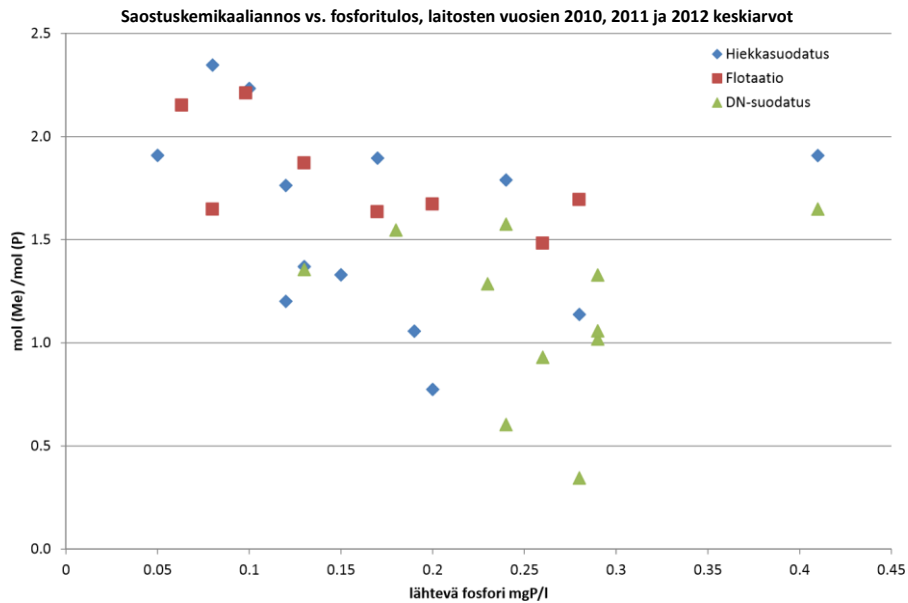


Kuva 19. Pesuvesimäärä ja tertiäärikäsittelyn arvioitu tai mitattu energiankulutus puhdistamoittain. (ei arvoa = ei aineistoa; mukana puhdistamo dE, jonka muu aineisto ei ole mukana vertailussa)

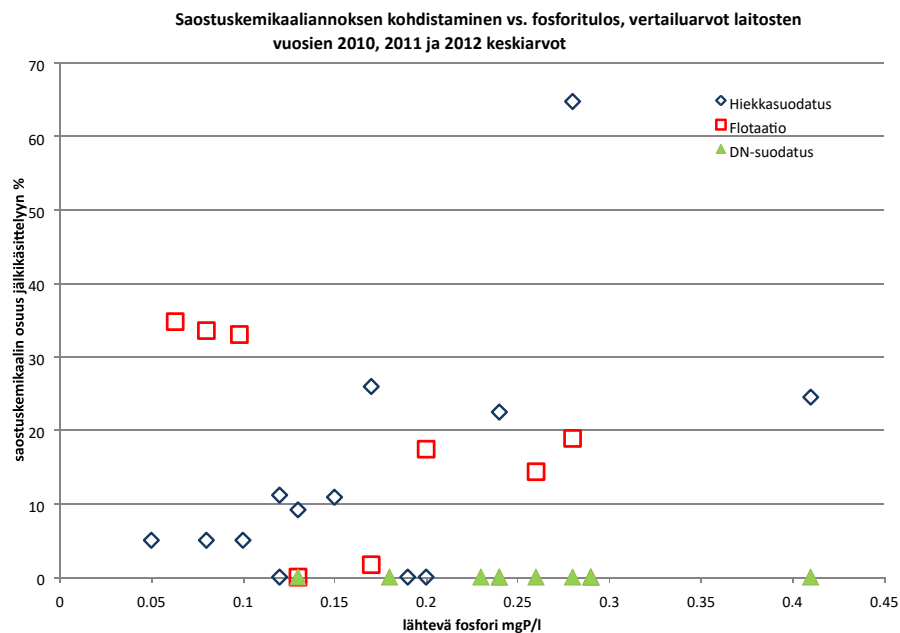


Kuva 20. Saostuskemikaalin annostelu mg/l ja kg/kgP(tuleva) ja tertiääriin syötetty osuus a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. (ei arvoa = ei aineistoa, saostuskemikaaliannos laskettu ferrosulfaatiksi kemikaalien metalli-ionipitoisuuksien suhteessa)

Laitoksen dC, 2012 tulokuorma epäuskottavan suuri, mikä vääristää kg/kg P -suhdetta.



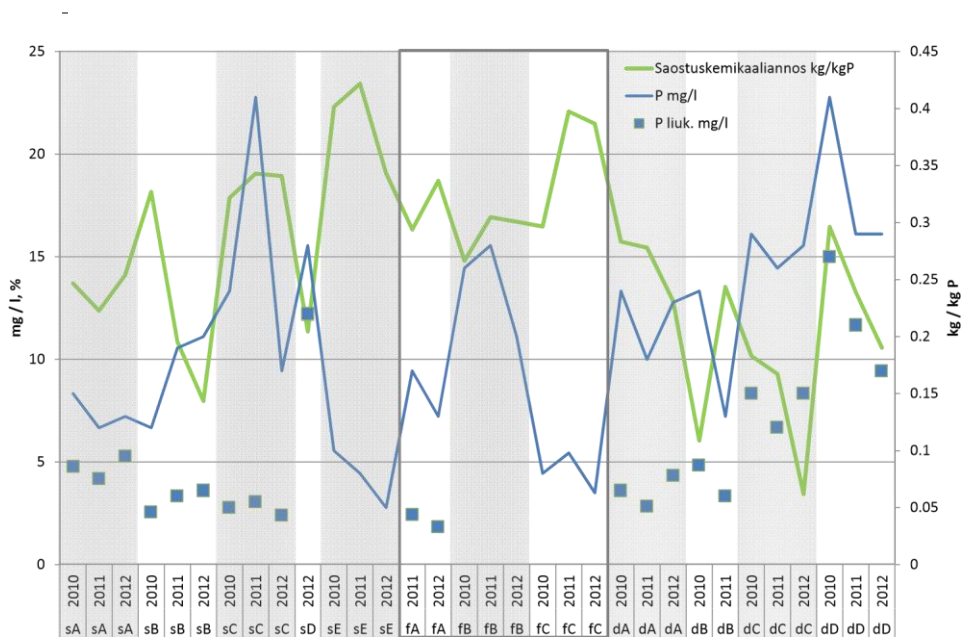
Kuva 21. Saostuskemikaalin annostelu tulevaa fosforikuormaa kohden ja käsitellyn veden kokonaisfosforipitoisuus, laitosten vuosikeskiarvot 2010, 2011 ja 2012.



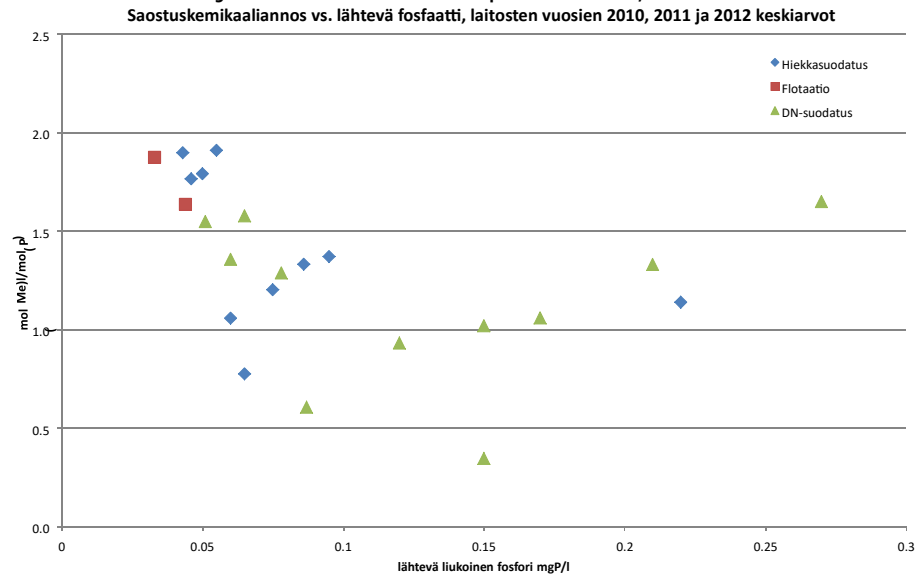
Kuva 22. Saostuskemikaaliannoksen kohdistaminen tertiäärikäsittelyyn ja käsitellyn veden fosforipitoisuus, laitosten vuosikeskiarvot 2010, 2011 ja 2012.

Saostuskemikaalin annostelu (ferrosulfaattiekvivalentina)

28.5.2013



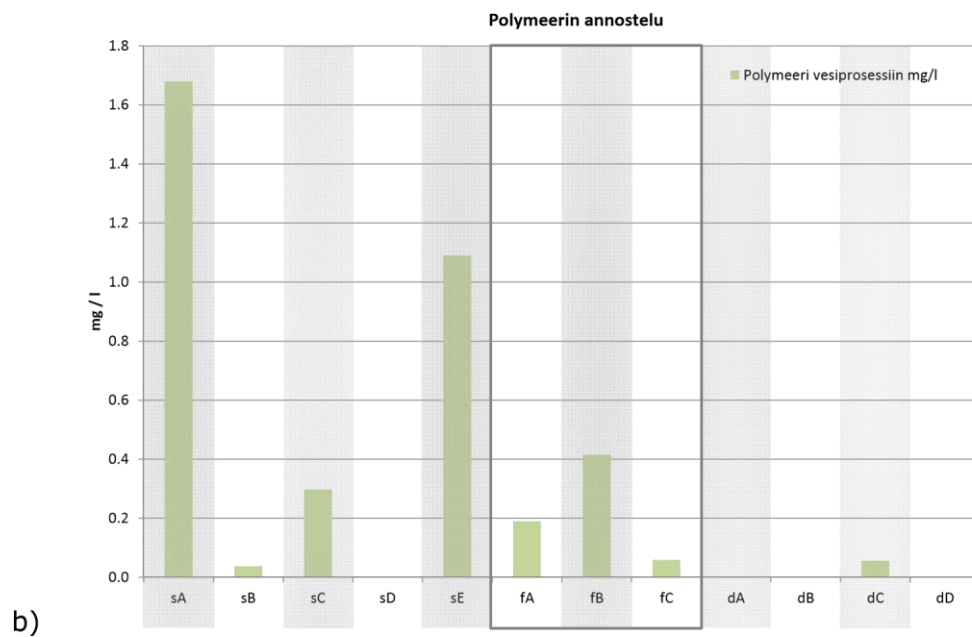
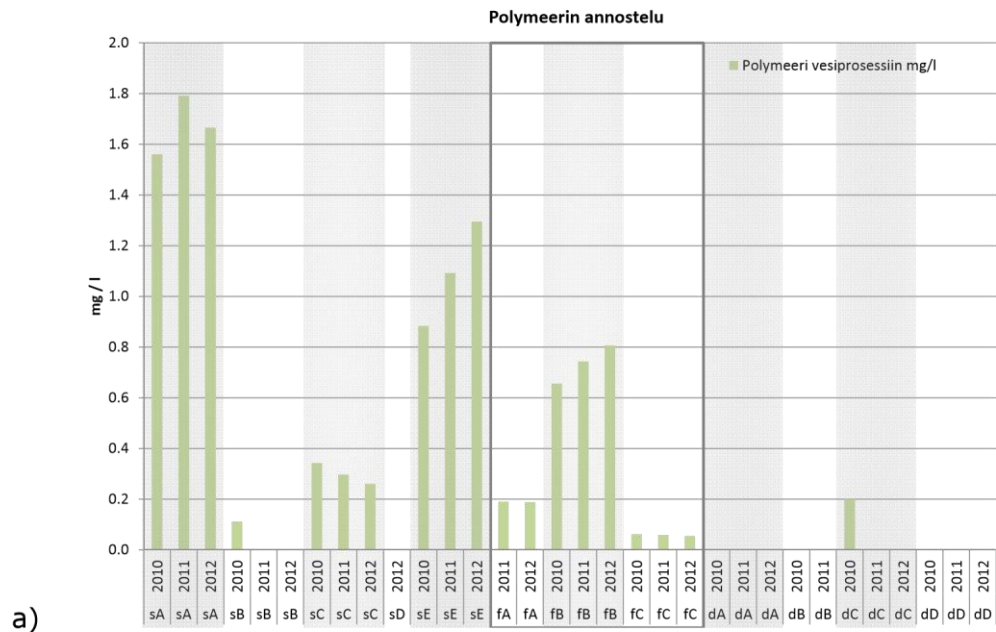
Kuva 23. Saostuskemikaaliannos tulevaa fosforikuormaa kohden, käsitellyn veden kokonaisfosfori- ja liukoisen fosforin pitoisuudet, vuosikeskiarvot.



Rajattu pois poikkeavan (epäuskottavan) alhaiset kemikaalinkulutusuhteet

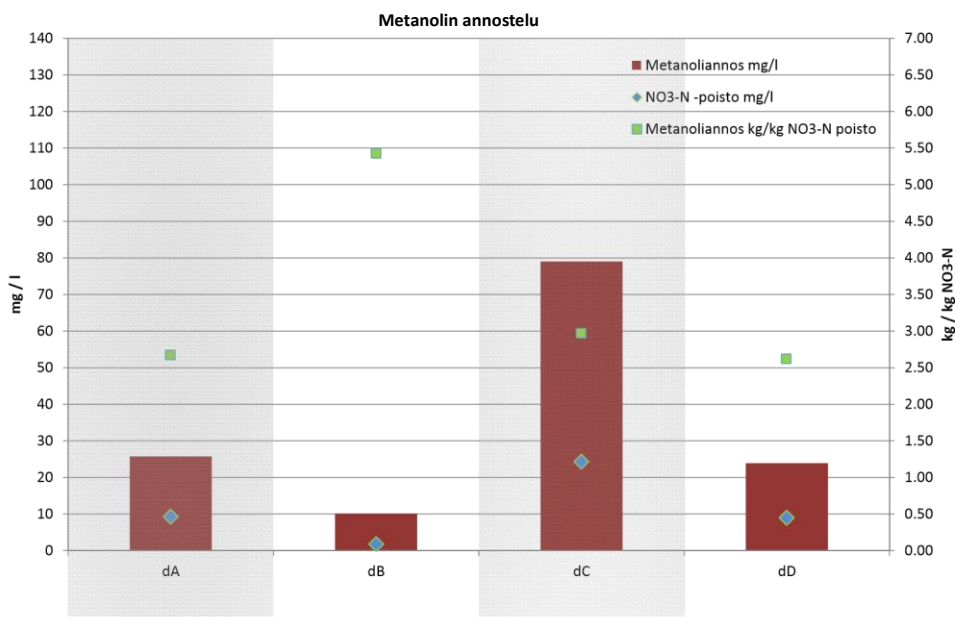
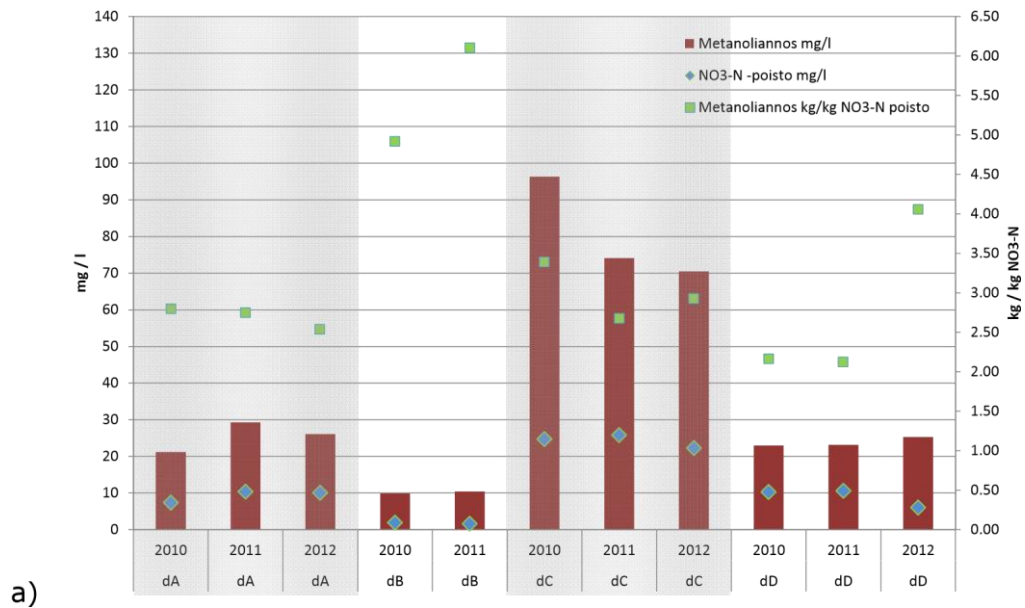
Kuva 24. Saostuskemikaalin annostelu tulevaa fosforikuormaa kohden ja käsitellyn veden liukoisen fosforin pitoisuus, laitosten vuosikeskiarvot 2010, 2011 ja 2012.

28.5.2013



Kuva 25. Polymeerin annostelu, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot (ei arvoa = ei annostelua vesiprosessiin)

Metanolin annostelu

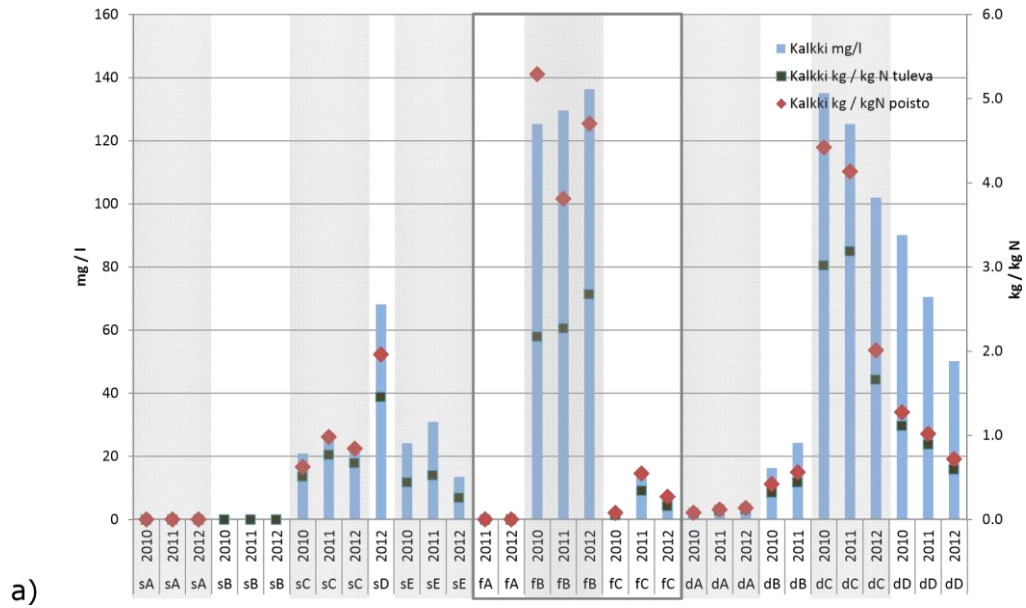


Kuva 26. Metanolin annostelu mg/l ja DN-suodatuksessa poistettua nitraattityppeä kohden, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot, vain DN-suodatinlaitokset.

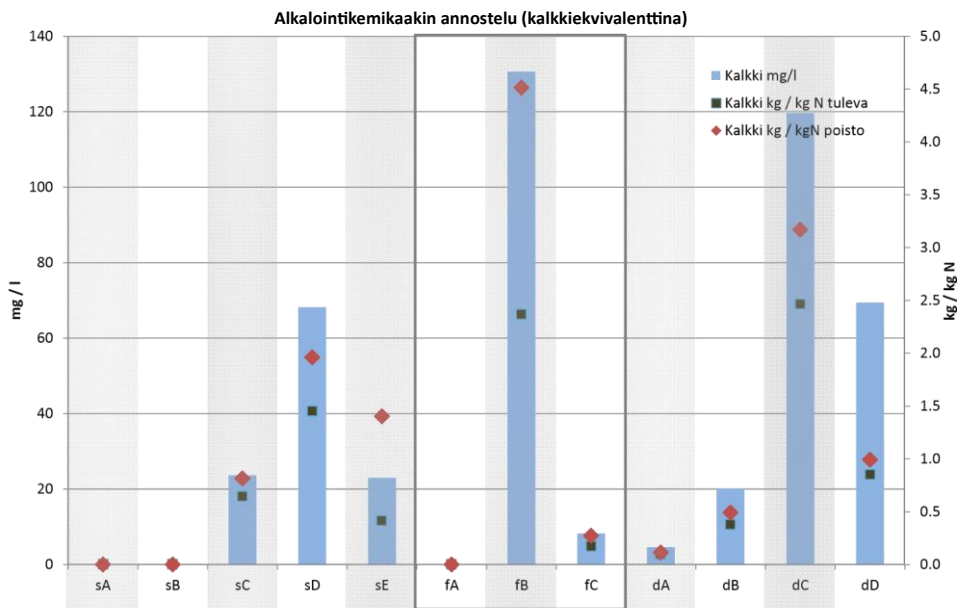
Laitoksella dD kokeltiin 2012 vaihtoehtoista hiilenlähdettä huonoin tuloksin, mikä heikentää kyseisen vuoden suhdetta. Lisäksi laitoksen kulutustieto on tulleiden kuormien mukaan, mistä voi tulla vääristymää eri vuosien välille (kuormien ajoittuminen).

Alkalointikemikaakin annostelu (kalkkiekviivalenttina)

28.5.2013



a)



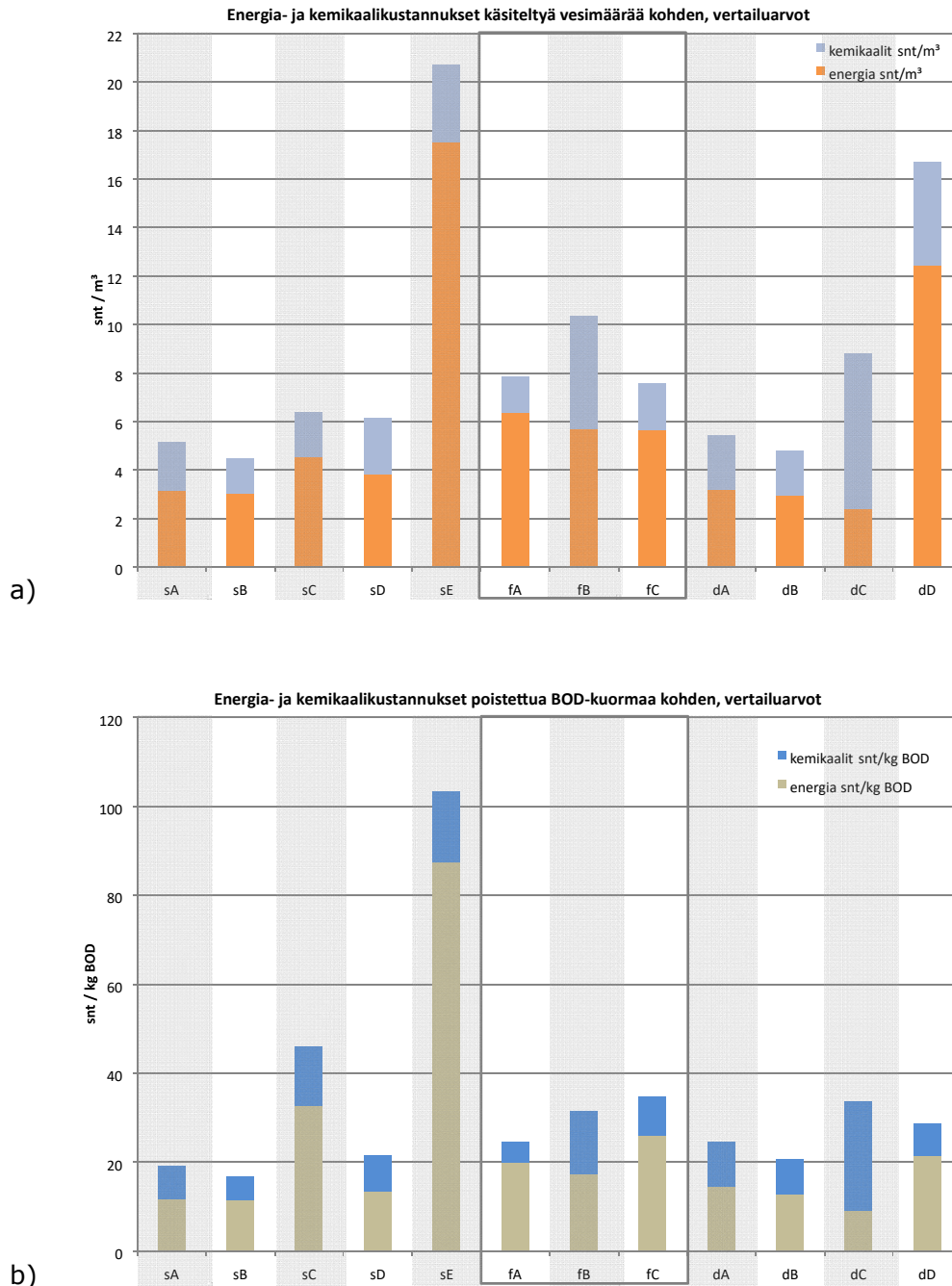
b)

Kuva 27. Alkalointikemikaalin annostelu, a) vuosikeskiarvot ja b) kolmen vuoden keskiarvot. Alkalointikemikaaliannos on laskettu kalsiumhydroksidiksi (sammutettu kalkki).

Liite 6: Energia- ja kemikaalikustannukset

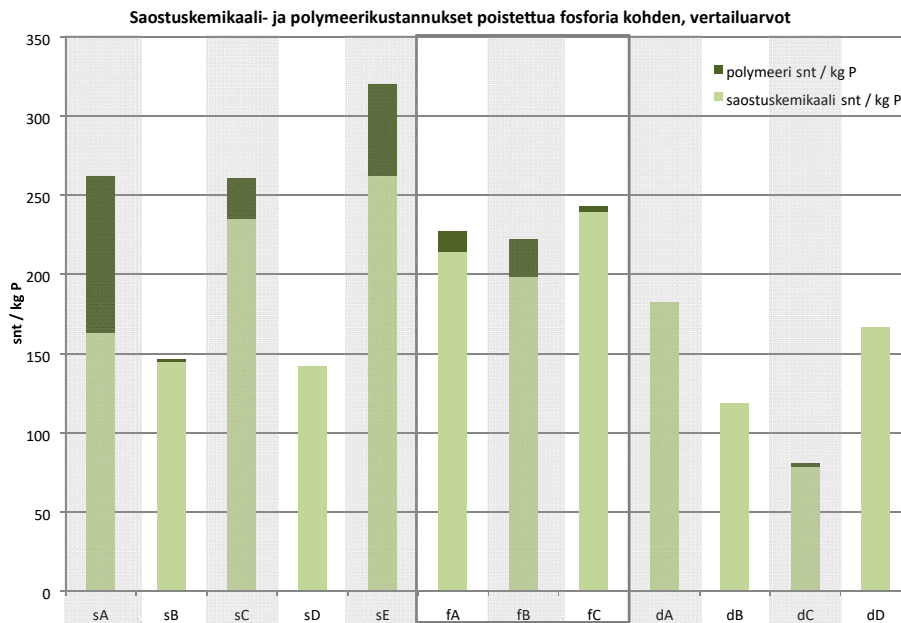
Kustannukset sisältävät vesiprosessiin annostellut saostuskemikaalit, alkalointikemikaalin, polymeerin ja metanolin sekä energiankulutuksen puhdistamolla tai prosessissa, jos se on tiedossa.

Teollisuusjätevesien esikäsittely-yksiköihin syötetty saostuskemikaali on otettu huomioon, mahdollisia pH:n säätökemikaaleja ei, ei myöskään pääprosessiin syötettyä glykolia tms. lisää.



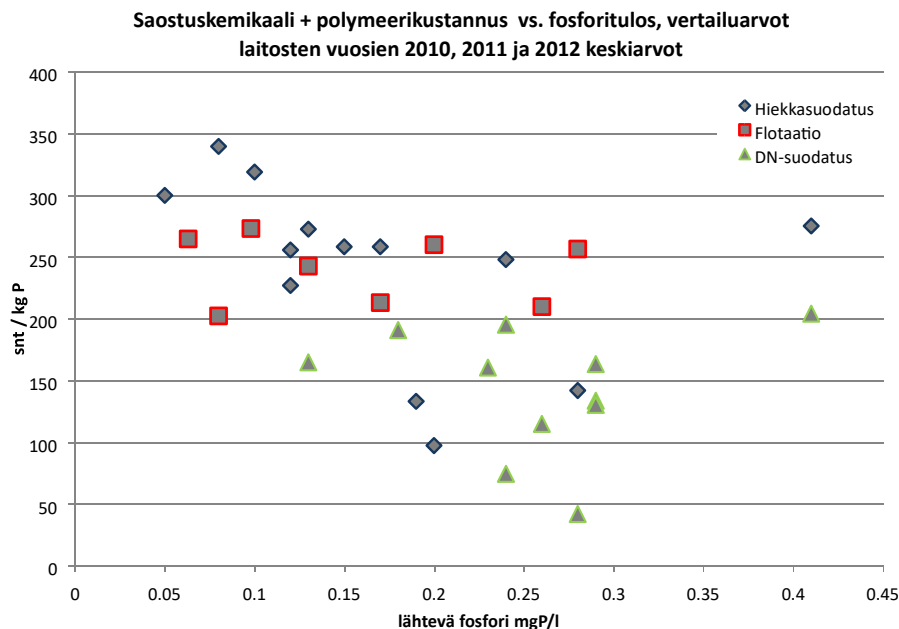
Kuva 28. Energia- ja kemikaalikustannusten vertailuarvot a) käsiteltyä vesimäärää kohden ja b) poistettua BOD-kiloa kohden, kolmen vuoden keskiarvot.

Laitos dE on merkittävästi muita pienempi. Laitoksen dD tuleva jätevesi on muita väkevämpää.

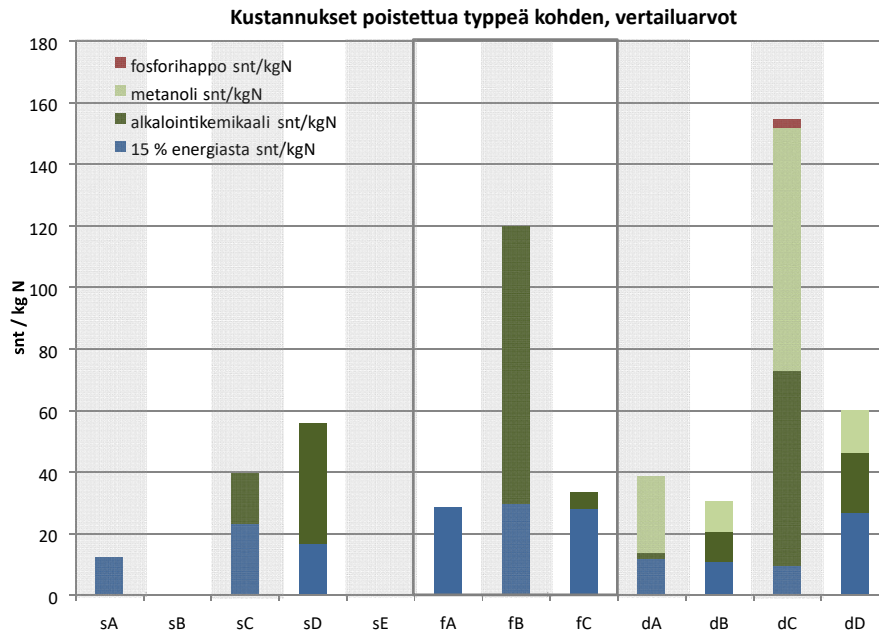


Kuva 29. Saostuskemikaali- ja polymeerikustannusten vertailuarvot poistettua fosforikiloa kohden, kolmen vuoden keskiarvot

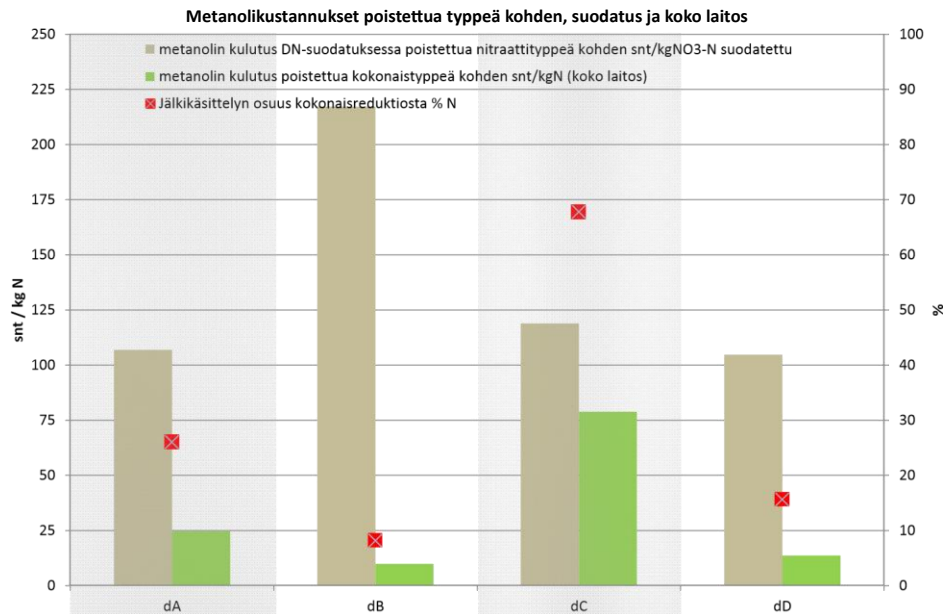
Laitos dC vuoden 2012 tulokuormituksessa todennäköisesti virhettä, joka laskee suhteellista kemikaaliannosta.



Kuva 30. Saostuskemikaali- ja polymeerikustannukset tulevaa fosforikuormaa kohden ja käsittelyn veden kokonaisfosforipitoisuus, laitosten vuosikeskiarvot 2010, 2011 ja 2012.

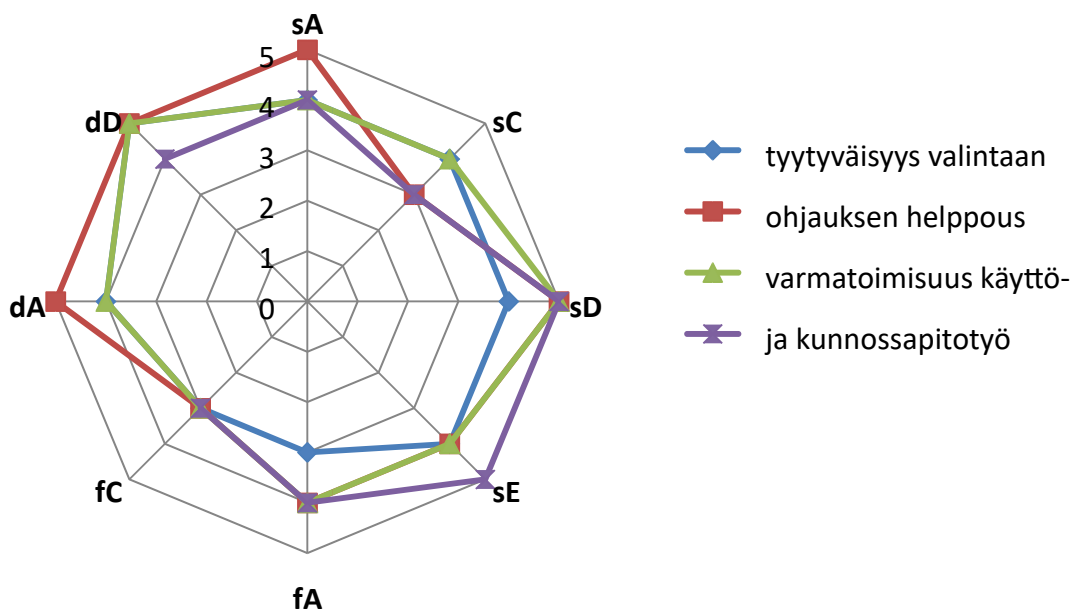


Kuva 31. Typenpoiston kemikaali- ja energiakustannukset laitoksella poistettua kokonaistyyppiä kohden, kolmen vuoden keskiarvot. Mukaan on laskettu 15 % kokonaisenergiankulutuksesta. Mukana laitokset, joilla on kokonaistypenpoistolle numeerinen velvoite.



Kuva 32. Metanolikulut jälkikäsittelyssä poistettua tyyppiä ja koko laitoksella poistettua tyyppiä kohden sekä jälkikäsittelyn osuus laitoksen kokonaistypenpoistosta, kolmen vuoden keskiarvot.

Liite 7: Tyytyväisyys tertiäärikäsittelyprosessiin



Kuva 33. Tyytyväisyysarvosanat kuvaajan muodossa. Paras arvosana kaikissa 5.

Kyselyssä käyttö- ja kunnossapitotyön asteikko oli 1 vähän työtä ja 5 paljon työtä. Asteikko ja vastaukset on käännetty siten, että kuvajassa 5 = vähän työtä ja 1 = paljon työtä.