

Jaakko Kulju

TALOUSVEDEN DESINFIOINNIN VARMISTUS OLKILUODON
YDINVOIMALASSA

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2018

TALOUSVEDEN DESINFIOINNIN VARMISTUS OLKILUODON YDINVOIMALASSA

Kulju, Jaakko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2018
Sivumäärä: 40
Liitteitä: 1

Asiasanat: Talousvesi, Desinfiointi, Vedentuotantolaitos, Vedenlaatu.

Teollisuuden Voima Oyj:lle tehdyssä työssä tutkittiin talousveden desinfiointia Olkiluodon ydinvoimalan käyttövedenpuhdistamolla. Kiinnostus työtä kohtaan heräsi ollessani kausityöntekijänä Olkiluodossa. Olkiluodossa on kaksi puhdasvesiallasta, joissa kummassakin varastoidaan talousvettä. Altaiden veden pitäisi olla keskenään tasalaatuista, mutta näin se ei kuitenkaan ole.

Työssä perehdyttiin talousveden valmistukseen, desinfiointiin ja varastointiin. Tavoitteena oli selvittää, mistä epätasaiset kloorianalyysien tulokset johtuvat ja miten arvot saataisiin tasaisiksi. Lisäksi selvitettiin, onko mahdollista varmistaa talousveden desinfiointi jollakin toisella menetelmällä.

Työssä kartoitettiin nykyisen desinfiointi järjestelmän toimivuutta aikaisempien laboratorio analyysien, sekä käytännön tutkimusten kautta. Tutkimuksissa havaittiin muutamia epäkohtia, joihin esitettiin ratkaisut.

Vesi on laitokselle tärkeä elementti, niin prosessi- kuin sammutusvetenä. Puhdistetun veden varastointi Olkiluodossa perustuukin hyvin pitkälle sammutusveteen. Nykyistä desinfiointijärjestelmää ei voi kokonaan unohtaa, koska käyttövedenpuhdistamo on pintavesilaitos. Sen rinnalle voidaan helposti asentaa veden desinfiointin varmentava laite.

DOMESTIC WATER DISINFECTION SECURITY AT OLKILUOTO NUCLEAR POWER PLANT

Kulju, Jaakko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction and Civil Engineering

October 2018

Number of pages: 40

Appendices: 1

Keywords: Domestic water, Disinfection, Waterworks, Water quality

In this thesis done at the Teollisuuden Voima Oyj the disinfection of domestic water was investigated in the waterworks of the Olkiluoto nuclear power plant. The interest to the work awakened, when I was working as a seasonal worker in Olkiluoto waterworks. In Olkiluoto there are two clean water tanks, which both contain domestic water. Water quality in clean water tanks should be identical in both tanks, but that is not the case.

In this thesis the production, disinfection and storage of domestic water were investigated. The goal was to clarify what causes the uneven chlorine analyze values, and how to get them even. Second goal was to study other possibilities to secure the disinfection of domestic water with some other method.

In this thesis the disinfection was surveyed by the functionality of the present system, with the earlier laboratory analyses, and through practical experiment. Investigations revealed several disadvantages.

Water is an important element for the power plant, both from the point of the process and of the extinguisher water. Storage of domestic water in Olkiluoto is very well based on extinguishing water. The current disinfection system cannot be completely bypassed, because the waterworks is a surface water plant. The current disinfection system can be easily up-dated with other devices.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Teollisuuden voima Oyj.....	6
1.2	Tehtävän kuvaus	6
2	VEDENVALMISTUSPROSESSI OLKILUODOSSA	9
2.1	Raakavedestä talousvedeksi.....	9
2.2	Käyttövedenpuhdistamo	10
3	TALOUSVESI	12
3.1	Talousvesi	12
3.2	Veden valmistusta koskeva lainsäädäntö.....	12
3.3	Talousvettä toimittavat laitokset.....	13
3.4	Talousvesi Olkiluodossa	13
3.5	Vedenkulutus Olkiluodossa	15
3.6	Puhdasvesialtaat	17
3.6.1	Olkiluodon puhdasvesialtaat T9 ja T30.....	17
4	VEDEN DESINFIOINTI	20
4.1	Desinfointi	20
4.2	Klooraus.....	20
4.3	Natriumhypokloriitti	22
4.3.1	Veden desinfiointi Olkiluodossa	23
4.4	Desinfioinnin varmentaminen UV-laitteistolla.....	26
4.4.1	UV-laitteisto	27
5	ANALYYSIT, MITTTAUKSET JA KOKEET.....	28
5.1	Altaiden toimenpiderajojen rikkomukset vuosina 2016-2017.....	28
5.2	Natriumhypokloriitin syöttömäärät.....	30
5.3	Seurantajakso T30 ja T9	31
5.4	Vedenkierrätys altaassa T9 siirrettävillä palovesikonteilla.....	34
5.4.1	Vedenkierrätyksen koejärjestelyt	35
5.4.2	Vedenkierrätyksen tulokset	36
5.5	Kemikaaliannostelupumppu Grundfos Alldos DDI 60–10.....	37
5.5.1	Annostelupumpun toiminnan koejärjestelyt.....	37
5.5.2	Annostelupumpun toiminnan tulokset.....	37
6	VAIHTOEHTOINEN JÄRJESTELY	39
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	40
	LÄHTEET	41

LIIETTEET

1 JOHDANTO

1.1 Teollisuuden voima Oyj.

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on suomalainen ydinvoimayhtiö, joka on tuottanut luotettavasti ja turvallisesti sähköä suomalaisille kohta jo 40 vuotta. Olkiluodon ydinvoimalaitosten (OL 1 ja OL 2) nettotuotantoteho on laitosyksikköä kohden noin 880 MW ja ne tuottavat kuudesosan Suomessa käytettävästä sähköstä. Yhtiön laitosyksiköt, OL1 ja OL2, sijaitsevat Eurajoella Olkiluodossa. Olkiluotoon tulee myös sijoittumaan rakenteilla oleva yksikkö Olkiluoto 3 (OL3). TVO:n suurin omistaja on Pohjolan Voima Oy, joka omistaa TVO:sta 58,5 prosenttia. TVO tuottaa sähköä omistajilleen Mankala-periaatteella. (Teollisuuden Voiman www-sivut 2018)

Mankala-periaate on malli, jossa useat toimijat yhdessä perustavat voittoa tavoittelemattoman osakeyhtiön yhteistä päämäärää varten. Energia-alalla tämä on yleinen käytäntö. Osakeyhtiöt rahoittavat rakennettavan laitoksen ja maksavat käytöstä aiheutuneet kustannukset. Korvaukseksi tästä laitos tuottaa omistajilleen sähköä omakustannehintaan. (Tieteen termipankin www-sivut 2018)

1.2 Tehtävän kuvaus

Työssä tutkittiin käyttöveden desinfiointia Olkiluodon ydinvoimalan käyttövedenpuhdistamolla. Vesilaitos sijaitsee Olkiluodon ydinvoimalan laitosalueella ja tuottaa sekä prosessi- että käyttöveden. Olkiluodon käyttöveden puhdistamo on tyypiltään pintavesilaitos, jonka vesi on lain mukaan desinfioitava kloorilla. Nykyinen desinfiointi tapahtuu natriumhypokloriitilla ennen puhdasvesialtaita. Olkiluodon veteen kohdistuu talousvesiasetuksen lisäksi myös muita laitoksen sisäisiä vaateita, jotka eivät niinkään ole laadullisia, vaan enemmänkin saatavuuteen ja määrää sidottuja arvoja.

Työ on luonteeltaan konstruktiiivinen tutkimus. Eli haluttu tavoite on tiedossa, mutta miten se saadaan saavutetuksi, on epäselvää. Konstruktiiivinen tutkimus käyttää hyödykseen olemassa olevaa pohjaa ja rakentaa uuden teorian sen ympärille. Sen hyvinä

puolina voidaan pitää sen kykyä luoda käyttökelpoisia käytännön hyötyjä ja uuden teorian sovittamista olemassa olevan käytännön rinnalle. Riskeinä voidaan pitää tutkimuksen esiin tuovia asioita, jotka voivat olla liian arkaluontoisia julkaistaviksi sekä kestäväntöntä kohdeorganisaation sitoutumista projektiin. (Lukka 2014) Yhtenä menetelmänä työssä on vertailuanalyysi eli bench-marking; vertailua muihin laitoksiin. Bench-marking -menetelmässä opitaan vertailukohteilta ja pyritään muiden toiminnan kautta tehostamaan omaa toimintaa. Vertailuja voidaan tehdä joko vierailemalla tai etsimällä tietoa eri käytännöistä eri lähteistä, kuten esimerkiksi kirjallisuus, artikkelit tai internet. (Itä-Suomen yliopiston www-sivut 2018)

Haastatteluissa menetelmän muoto on avoin haastattelu. Avoin haastattelu on vapaa-
muotoinen keskustelu tietystä aiheesta, jolloin haastattelija ei yleensä ohjaa keskustelua. Haastattelun etuina on, että kysymyksiä voi olla useita ja saadaan nopeita vastauksia. Haastattelun haittana voidaan pitää sitä seikkaa, että haastattelija pystyy johdattelemaan haastateltavaa kysymyksillään ja täten vaikuttamaan vastauksiin saadakseen tutkimuksen kannalta haluttuja vastauksia. (Kajaanin ammattikorkeakoulun www-sivut 2018)

Jokainen vedenkäsittelylaitos on yksilöllinen, vaikka prosessi olisikin samanlainen. Esimerkiksi käytettävä raakavesi ja laitoksen ajotapa vaihtelevat laitoksittain. Kirjallisuutta ja tietoa vesilaitostekniikasta löytyy, mutta veden varastoinnista ja sen vaihtuvuudesta ei kirjallisuutta löytynyt, mikä aiheutti suuren haasteen työlle. Koska vedenkäsittelylaitokset ovat yksilöllisiä, oppivat niitä käyttävät henkilöt ajan myötä tuntemaan laitoksen. Tästä syystä yhtenä tutkimusmenetelmänä käytetään henkilöhaastatteluja.

Vedenvalmistus poikkeaa paljon esimerkiksi sähköntuotannosta, joten esimerkiksi tehty muutos prosessiin voi näkyä vasta viikkojen päästä - jos silloinkaan. Veden puhdistuksessa ei ole olemassa vain yhtä selkeää ohjenuoraa, jota noudatetaan. Teollisuuden vesilaitokset kohtaavat erilaisia ongelmia kuin perinteiset kunnan vesilaitokset. Yksi syy tähän on käyttöveden kulutuksen niukkuus ja verkostossa olevat harvakäyttöiset linjat.

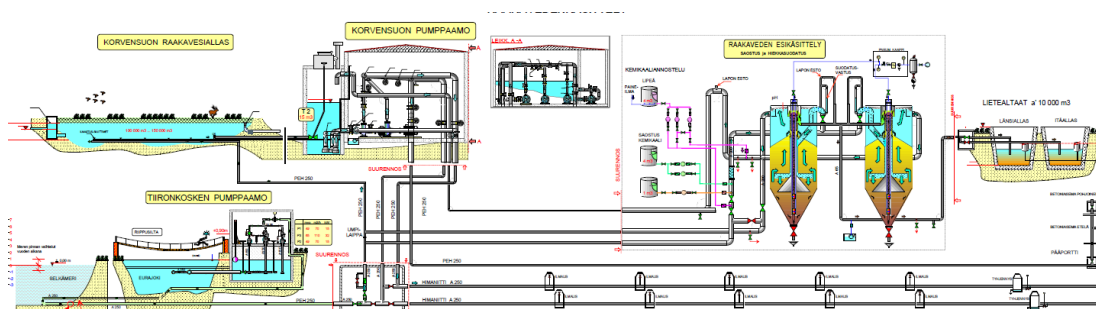
Epäkohtia desinfioinnin kanssa esiintyy erityisesti kesäisin lämpötilan ollessa korkealla. Epäkohdat tulevat ilmi tutkittaessa altaiden klooripitoisuuksia. Eri altaista samalla hetkellä otetut kloorianalyysit saattavat poiketa toisistaan huomattavasti. Myös päivittäin otettavat allaskohtaiset kloorianalyysit voivat vaihdella perättäisinä päivinä merkittävästi. Työssäni käsittelin asian ensin yleisellä tasolla, jonka jälkeen peilasin teoriaa Olkiluodon laitokseen sekä puutun havaittuihin epäkohtiin.

2 VEDENVALMISTUSPROSESSI OLKILUODOSSA

2.1 Raakavedestä talousvedeksi

Olkiluodon ydinvoimalan käyttövedenpuhdistamo käyttää raakavetenä Eurajoesta saatavaa jokivettä. Tiironkosken pumppaamo sijaitsee Eurajoella Linnamaan kylässä Eurajoen alajuoksun varrella. Tiironkoskella on käytössä kolme keskipakopumppua, joista vain yhtä käytetään kerrallaan. Pumput on käynnistettävä manuaalisesti paikan päällä. Pumpattavaa veden sähkönjohtavuutta valvoo johtokykymittari. Veden sähkönjohtokyky nousee korkeaksi, mikäli merivettä nousee jokeen. Tällöin automatiikka sammuttaa pumput, jolla estetään mahdollisen meriveden pumppaus prosessiin. Jokivettä pumpataan keskipakopumppujen avulla maan alla ja merenpohjassa kulkevaa raakavesiputkea pitkin kohti Korvensuon pumppaamo. (TVO 2016a)

Korvensuon pumppaamo sijaitsee Olkiluodossa ydinvoimalan läheisyydessä. Veden saapuessa pumppaamolle, vesi johdetaan hiekkasuodattimen (Dynasand) läpi Korvensuon raakavesialtaaseen. (TVO 2016b) Hiekkasuodatuksen tarkoituksena on poistaa tulevasta raakavedestä kiintoaineita ja muita epäpuhtauksia (Hyxon www-sivut 2018). Ennen suodatusta raakavesi saostetaan Kemwater PIX-322 kemikaalilla (ferrisulfaatti) ja tarvittaessa pH-arvoa voidaan säätää natriumhydroksidilla (NaOH) eli lipeällä. Saostukseen voidaan myös käyttää polyalumiinikloridia PAX-14. (TVO 2016b) Kuvassa 1. on esitetty raakaveden hankinta Eurajoesta korvensuon tekoaltaaseen.

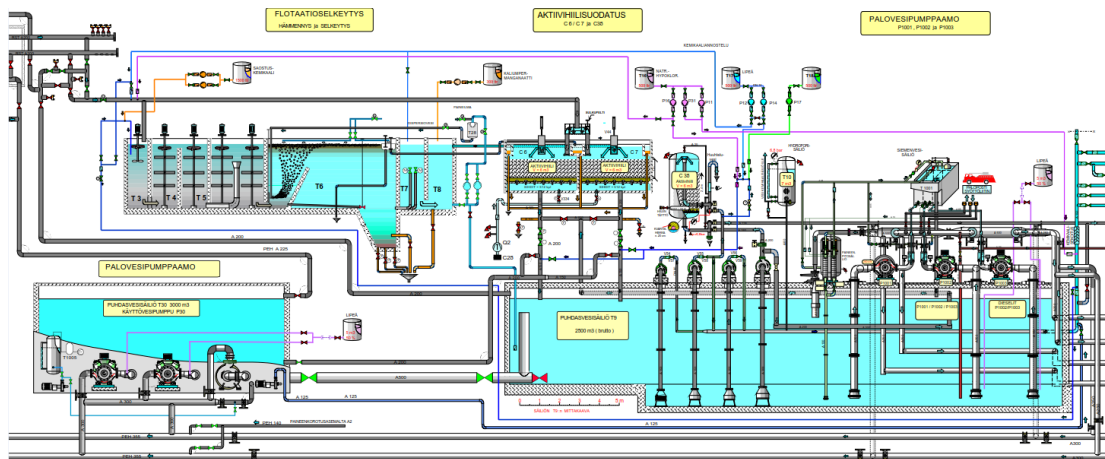


Kuva 1. Raakaveden hankinta (TVO 2016, Designer kuvat)

2.2 Käyttövedenpuhdistamo

Käyttövedenpuhdistamo (myöhemmin laitos) on pintavesilaitos, jonka toiminta on kuvattuna kuvassa 2. Laitos toimii automaattisesti vedenkulutuksen mukaan. Sitä ohjaa puhdasvesialtaiden (myöhemmin allas) T9 tai T30 pinnan mittaus, eli laitos käynnistää ja pysäyttää itsensä automaattisesti. Käydessään laitos toimii tasaisella virtauksella. Toiminta perustuu flotaatioselkeytykseen, jolloin saostuskemikaalina käytetään polyalumiinikloridia (PAX14). Veden saapuessa laitokselle siihen lisätään saostuskemikaali ja yhdiste sekoitetaan pikaisesti sekoittimen avulla. Tarvittaessa pH:ta säädetään natriumhydroksidilla. Tämän jälkeen vesi kulkee hämmennysaltaiden läpi selkeytykseen. Selkeytyksessä paineilma ja vesi sekoitetaan dispersiovesisäiliössä, jossa ilma liukenee veteen. Vedenpaine saadaan aikaan erillisellä paineenkorotuspumpulla. Johdettaessa vesi dispersiosuuttimien läpi käsiteltävän veden sekaan, paine alenee nopeasti ja muodostuu maitomainen mikroskooppisen pieniä ilmakuplia sisältävä pilvi. Koska sitoutunut ilma on vettä kevyempää, ilmakuplat sitoutuvat vedessä oleviin epäpuhtauksiin, jonka johdosta ne nousevat flotaatioaltaan pintaan. Altaan pintaan kertynyt flokkiliete poistetaan automaattisesti aika-ajoin vedenpinnan korkeutta nostamalla. Vaihetta tehostetaan altaiden reunassa olevilla suuttimilla, joihin vesi johdetaan paineella. Suuttimet ovat suunnattu ohjaamaan flokkiliete viemäriin. Lietteestä puhdistettu vesi johdetaan aktiivihiilisuodattimien C6 ja C7 läpi altaisiin T9 tai T30. Suodatuksen jälkeen vesi desinfioidaan natriumhypokloriitilla NaClO ja pH:n säätelyyn käytetään natriumhydroksidia.

Laitos tuottaa myös sähköntuotannossa tarvittavan prosessiveden, joka on täyssuolanpoistettua vettä. Täyssuolanpoistettua vettä saadaan, kun talousvesi johdetaan ioninvaihtimien läpi käänteisosmoosille. (TVO 2016c; RIL 124-2 Vesihuolto II, 98–100.)



Kuva 2. Laitoksen toimintaperiaate (TVO 2016, Designer kuvat)

3 TALOUSVESI

3.1 Talousvesi

Vesi lasketaan uusiutuvaksi elementiksi. Gravitaation ja auringonenergian johdosta se on maapallolla jatkuvasti kierrossa. Vesi on elämän edellytys maapallolla, meren pinta-ala on yli 70 prosenttia maapallon pinta-alasta, mutta silti vain noin kolme prosenttia maapallon vedestä on makeaa vettä. Siitäkin vain yksi neljäsosa on vapaasti virtaavaa ja loput ovat sitoutuneena lumeen ja jääkenttiin. (Keskitalo 2017, 15–16.)

”Talousvedellä tarkoitetaan kaikkea vettä, a) joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruuanvalmistukseen tai muihin kotitaloustarkoituksiin riippumatta siitä, toimitetaanko se jakeluverkon kautta tai, tankeissa, pulloissa tai säiliössä taikka käytetäänkö veden ottamiseen käyttäjän omia laitteita. b) jota elintarvikelaissa tarkoitettussa elintarvikehuoneistossa käytetään elintarvikkeiden valmistukseen, jalostukseen, säilytykseen ja markkinoille saattamiseen. Talousvetenä ei kuitenkaan pidetä luonnon kivennäisvettä, lääkinnällisiin tarkoituksiin käytettävää vettä, eikä vettä, jota käytetään yksinomaan pyykinpesuun, siivoukseen, peseytymiseen, saniteettitarkoitukseen tai muuhun vastaavaan tarkoitukseen.” (Terveysuojelulaki 763/1994, 5 luku 16 §.)

3.2 Veden valmistusta koskeva lainsäädäntö

Suomessa veden valmistusta säättää Sosiaali- ja terveysministeriön antama asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 683/2017 ”Talousvesiasetus” sekä talousvesiasetuksen soveltamisohje osat I, II ja III (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 683/2007).

Talousveden laadulle on asetettu sekä terveysperusteisia laatuvaatimuksia, että laatusuosituksia. Talousveden laatua koskevasta lainsäädännöstä vastaa sosiaali- ja terveysministeriö ja laadun valvonnasta vastaavat kuntien terveydensuojeluviranomaiset. (Terveyden ja hyvinvointilaitoksen www-sivut 2018)

3.3 Talousvettä toimittavat laitokset

Talousvettä saadaan valmistettua sekä pohja- että pintavedestä. Pohjavesi voidaan jakaa kahteen, tekopohjaveteen ja pohjaveteen. Vuonna 2015 pintavesilaitoksia oli 39, pohjavesilaitoksia 44,5 ja tekopohjavesilaitoksia oli 15 prosenttia Suomen laitoksista. (Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut 2018)

Suurten vesihuoltolaitosten vesi täyttää hyvin talousvesiasetuksen tavoitearvot. Suomessa suuria vesilaitoksia on 150, joiden jakeluverkon piiriin kuuluu noin 4,4 miljoonaa veden käyttäjää. Suurina vesilaitoksina pidetään niitä, jotka toimittavat vettä enemmän kuin 5000 käyttäjälle, tai toimitettavan veden määrä on yli 1000m³ päivässä. Keskisuurena voidaan pitää laitosta, joka toimittaa vettä enemmän kuin 50 käyttäjälle, tai toimittavat vettä yli 10m³ päivässä. Talousveden laatu keskisuurissa laitoksissa ei ollut niin korkealla tasolla kuin suurten laitosten talousveden laatu. Puutteita havaittiin talousveden laadussa liittyvien pH-, rauta- ja mangaanipitoisuuksien osalta. (Terveyden ja hyvinvointilaitoksen www-sivut 2018)

3.4 Talousvesi Olkiluodossa

Veden valmistusta Olkiluodossa ohjaa ja säätelee TVO:n Kemian ohjearvot -dokumentti, joka pohjautuu valtioneuvoston päätökseen 366/94 juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden laatuvaatimuksista sekä Sosiaali- ja terveysministeriön asetukset 461/2000 ja 442/2014 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Kemian ohjearvot -dokumenttia päivitetään syksyllä 2018 vastaamaan nykyistä lainsäädäntöä. Säteilyturvakeskus (STUK) ei aseta talousvedelle laatuvaatimuksia.

Taulukko 1. on laadittu TVO:n Kemian ohjearvot -dokumentin ja Talousvesiasetuksen soveltamisohjeen Osa III enimmäisarvojen perusteet pohjalta. Taulukosta käy ilmi poikkeavat arvot Olkiluodon ja talousvesiasetuksen välillä. Arvot ovat Olkiluodossa tiukemmat, kuin talousvesiasetuksessa annetut. Muilta osin Olkiluodon vedenvalmistus seuraa talousvesiasetuksen ohjeita ja määräyksiä. Olkiluodon tavoitearvojen alittuessa tai ylittyessä toimenpiderajoina pidetään talousvesiasetuksen tavoitearvoja. (TVO 2015)

Taulukko 1. Veden tavoitearvoja (Talousvesiasetuksen soveltamisohje Osa III enimmäisarvojen peruste; TVO 2015)

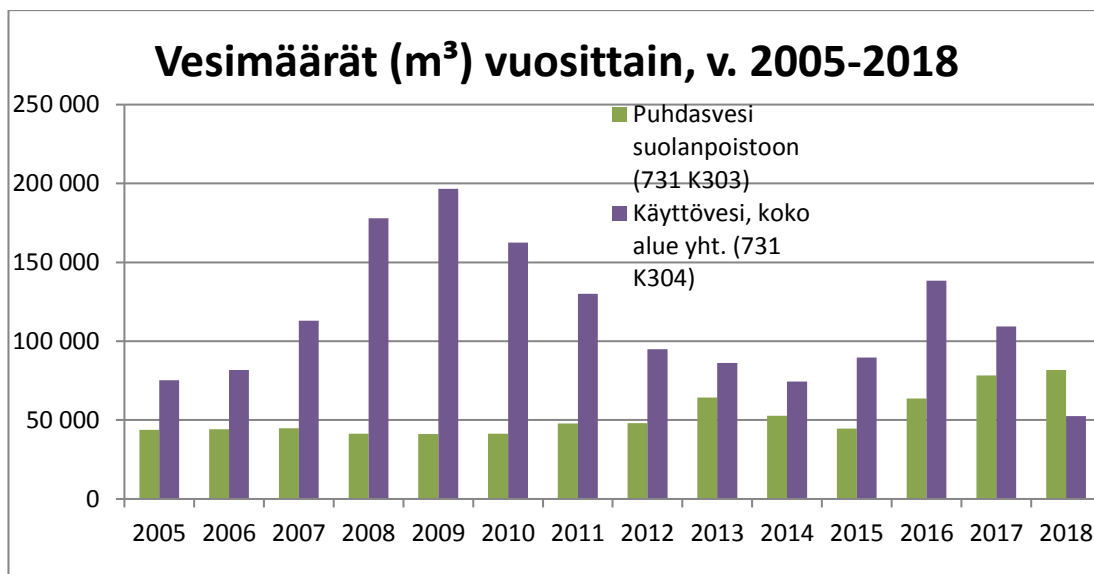
		Talousvesiasetus	Olkiluoto
Muuttuja	Yksikkö	Tavoitearvo	Tavoitearvo
KMnO ₄	mg/l	20	10
Väriluku	Pt-ast	Käyttäjän hyväksyttävissä	5
Johtokyky	µS/cm	2500	200
Alumiini	mg/l	0,2	0,1
Rauta	mg/l	0,2	0,05
Mangaani	mg/l	0,05	0,05
Kloridi	mg/l	<250	25
Sulfaatti	mg/l	<250	20
pH		4,5 - 9,5	6,5 - 8,8
Sameus	FTU	Käyttäjän hyväksyttävissä	0,5
Kokonaiskloori	mg/l	Ei yleensä ole annettu ohjearvoja	0,18
Fluoridi	mg/l	1,5	0,2
kokonaiskovuus	mmol/l	Ei arvoa	0,5
Pii	µg/l	Ei arvoa	4
Ammonium	mg/l	<0,5	< 0,2

3.5 Vedenkulutus Olkiluodossa

Olkiluodossa vettä kuluu lähinnä sähköntuotantoprosessiin ja käyttövedeksi. Veden kulutusta Olkiluodossa seurataan tarkasti. Lähes joka alueelle on oma vesimittari, jotka luetaan kuukausittain mahdollisten kulutuspoikkeamien löytämiseksi ja täten vikojen, kuten esimerkiksi putkirikko, paikallistamiseksi. (Ruusunen henkilökohtainen tiedonanto 16.8.2018)

Palovesijärjestelmien koekäytöstä aiheutuva veden käyttö on erittäin pientä, eikä sitä pysty eriyttämään käyttöveden kulutuksesta. Palovesijärjestelmien putket ovat täytetty täyssuolanpoistetulla vedellä korroosion estämiseksi. Palovesijärjestelmän aktivoituksessa palovesijärjestelmä käyttää talousvettä sammutusvetenä. (Ratamo henkilökohtainen tiedonanto 15.8.2018)

Vuosien 2001–2004 vedenkulutuksen keskiarvo on ollut 255 m^3 päivässä. Viimeisen kymmenen vuoden vedenkulutuksen keskiarvo on päivää kohden noin 490 m^3 . Nämä luvut sisältävät sekä talous-, että prosessiveden. Vuodesta 2005 vedenkulutukseen on vaikuttanut OL3:n työmaa. Käyttöveden määrä on verrannollinen ulkopuolisen työvoiman määrään OL3:lla. Työvoiman määrä OL3 työmaalla on vaihdellut runsaasti. Vuosina 2008–2010 henkilömäärä on ollut keskimääräisesti noin 4500 henkeä päivässä. Vuodesta 2011 vuoteen 2014 suunta on ollut laskeva noin 4200 henkilöstä 800 henkilöön päivässä. Vuodesta 2015 alkaen henkilömäärä on vakiintunut noin 2500 henkilöön. Käynnistyessään OL3 tulee työllistämään noin 100 henkeä, minkä jälkeen vedenkulutuksen oletetaan tasaantuvan noin $130\,000 \text{ m}^3$ vuodessa. Suolanpoistoon johdettu vesi on viime vuosina ollut koholla, johtuen OL3 käyttöönotto valmisteluista. Järjestelmiä on testattu ja linjoja huuhdeltu. Taulukosta 2. ja kuvasta 3. käy ilmi vuosittainen vedenkulutus sisältäen sekä talous- että prosessiveden. (TVO 2018a; TVO 2018c)



Kuva 3. Vesimäärät vuosittain 2005–2018, (TVO 2018a)

Taulukko 2. Vesimäärät vuosittain, 2005–2018, (TVO 2018a)

vuosi	Vesi suolanpoistoon (m ³)	Käyttövesi (m ³)	Talousvesi yhteensä (m ³)
2018	52 578	82 682	135 260
2017	78 199	109 319	187 518
2016	63 721	138 332	202 053
2015	44 647	89 608	134 255
2014	52 726	74 476	127 202
2013	64 256	86 239	150 495
2012	48 081	94 934	143 015
2011	47 820	130 037	177 857
2010	41 377	162 428	203 805
2009	41 127	196 687	237 814
2008	41 304	177 907	219 211
2007	44 810	112 906	157 716
2006	44 230	81 787	126 017
2005	43 863	75 236	119 099

3.6 Puhdasvesialtaat

Veden varastointi on tarpeen kulutushuippujen tasaamiseksi, sähkökatkojen aiheuttaman vedentuottohäiriöiden kattamiseksi ja sammutusvedeksi. Vedenkäsittelylaitoksilla on oltava vesisäiliötilavuutta sellainen määrä, että sitä käytettäessä on saavutettavissa vedenjakelujärjestelmän osittainen toimintavarmuus. Vesi varastoidaan puhdasvesisäiliöihin, joiden toiminnallisena jakona voidaan pitää ylä- ja alasäiliötä. Veden varastointi alavesisäiliöön sisältää eräitä heikkouksia. Varastointi maan alla sijaitsevassa säiliössä sekä monikertainen pumppaus aiheuttavat enemmän kontaminaatioriskejä kuin yläsäilövaihtoehdot. Säiliöiden ilmanvaihto on hygienian kannalta suunniteltava niin, että hyönteiset ja pöly eivät vedenkorkeuden alentuessa pääse korvausilman mukana säiliöihin. Säiliöiden tulee myös olla valolta suojattuja, koska valo saattaa edesauttaa haitallisten planktonlevästöjen kasvua. Säiliötila tulee suunnitella niin, että vedenvaihtuvuus on taattu kaikissa säiliön osissa. Taulukossa 3. on esitetty vesitilan jakamistarve säiliön koon mukaan. Säiliöiden jakaminen korostuu etenkin silloin, kun varastoidaan pintavettä, joka on kemiallisesti käsitelty. (RIL 124-2 Vesihuolto II, 331–337; Vesilaitostekniikka ja hygienia 2007, 29–30)

Taulukko 3. Vesitilan jakamistarve altaassa (RIL 124-2 Vesihuolto II, 335)

Säiliön tilavuus m ³	Vesitilan jakamistarve
< 1000	ei välttämätöntä
1000–3000	suositeltavaa
>3000	tarpeen

3.6.1 Olkiluodon puhdasvesialtaat T9 ja T30

Olkiluodon laitoksella puhdistettu vesi johdetaan altaisiin T9 tai T30. Vettä voidaan johtaa altaisiin erikseen tai molempiin altaisiin samanaikaisesti. Käytäntö veden jakelun osalta on ajaa vettä vuoroviikoin joko altaaseen T9 tai T30. Näin ollen pyritään varmistamaan kloorin tasainen jakautuminen altaisiin. Toimenpide veden johtamisen suhteen altaisiin on täysin manuaalinen. (TVO 2016c)

4 VEDEN DESINFIOINTI

4.1 Desinfiointi

Raakavesi saattaa sisältää patogeenejä, joten niistä pyritään desinfioinnin avulla pääsemään eroon. ”Talousveden desinfiointi ei ole veden sterilointia.” (Tuhkanen 2007, 12). Desinfioinnilla pyritään saavuttamaan lakien ja asetusten määrittämät laatuvaatimukset. Kaikkia vedessä olevia tautia aiheuttavia organismeja on vaikea tutkia, joten on päädytty valitsemaan indikaattoriorganismeja. Niitä löydettyä voidaan ajatella vedessä olevan muitakin taudinaiheuttajia. Kolibakteeri (*Escherichia coli*) on Suomen yleisin indikaattoribakteeri. (RIL 124-2 Vesihuolto II, 334.) Vesi pystytään desinfioimaan monella tapaa, mutta käyttövedenpuhdistamoille soveltuvia tapoja on silti vain muutama. Yleisin Suomessa käytetty desinfiointimenetelmä on klooraus. (Karttunen 1999, 65)

4.2 Klooraus

Klooraus on käytössä maailmanlaajuisesti sen helppouden ja tehokkuuden vuoksi. Sitä on käytetty veden desinfiointiin jo vuosisatoja. Kloorauksen etuina voidaan pitää klooripitoisuuden todentamisen helppoutta käsiteltävässä vedessä. (World Chlorine Council 2014) Klooraus on yleisin juomaveden valmistuksessa käytettävä desinfiointimenetelmä. Kloorausta hyväksikäyttäen on vesiperäisiä epidemioita pystytty vähentämään. Kun kloorauksesta puhutaan, tarkoitetaan menetelmiä, joissa käytetään klooripitoisia kemikaaleja talousveden desinfiointiin kuten esimerkiksi hypokloriittia, klooriamiineja, kloorioksidia ja kloorikaasua. Eri klooriyhdisteiden edut ja ongelmat tulevat ilmi taulukossa 4. (Isomäki & Valve 2007, 6)

Taulukko 4. Klooriyhdisteiden edut ja ongelmat (Isomäki & Valve 2007, 8)

Kemikaali	Edut	Ongelmat
Kloorikaasu	<ul style="list-style-type: none"> • Edullinen • Kemiallisesti pysyvä • Hyvä saatavuus • Soveltuu erinomaisesti suurille laitoksille 	<ul style="list-style-type: none"> • Työsuojeluriskit • Vaativa tekniikka • Vaatii koulutetun henkilökunnan • Vaatii tehokkaan valvonnan ja hälytysjärjestelmät • THM-yhdisteiden muodostuminen
Natriumhypokloriitti	<ul style="list-style-type: none"> • Yksinkertainen käyttää • Suhteellisen turvallinen • Yksinkertainen tekniikka • Voidaan syöttää suoraan kuljetussäiliöstään • Hyvä saatavuus • Soveltuu pienille laitoksille 	<ul style="list-style-type: none"> • Hajoaa ajan myötä säilytyksessä • Emäksinen ja syövyttävä • THM-yhdisteiden muodostuminen
Kalsiumhypokloriitti	<ul style="list-style-type: none"> • Pysyvä suljetussa säiliössä kiinteässä muodossa • Turvallinen käyttää • soveltuu parhaiten kertaluonteiseen klooraukseen 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaatii liuottamisen ennen käyttöä – monimutkaisempi käyttö kuin natriumhypokloriittiliuoksella. • Palo- ja räjähdysvaara • THM-yhdisteiden muodostuminen
Kloramiini	<ul style="list-style-type: none"> • Hyvä pysyvyys verkostossa • Käytetään lähinnä verkostojen bakteerikasvun hillitsemiseen • Ei muodosta helposti THM-yhdisteitä 	<ul style="list-style-type: none"> • Huono desinfiointiteho, ei toimi viruksiin • Tarkka säätö • Mahdollistaa nitriitin muodostumisen ja saattaa aiheuttaa haju- ja makuhaittoja
Klooridioksidi	<ul style="list-style-type: none"> • Erittäin tehokas, tuhoaa myös alkueläimet ja virukset • Yksinkertainen reaktori, helposti hallittavissa • Ei riipu happamuudesta • Ei muodosta THM-yhdisteitä • Ei aiheuta makuvirheitä • Voi käyttää esikloorauksessa 	<ul style="list-style-type: none"> • Valmistettava paikan päällä • Operointi ja hallinta vaativat tarkkuutta • Kloriitin muodostuminen • Riskialtis kemikaali

Vesi ja vedessä olevat aineet synnyttävät desinfioinnin kannalta yhdisteitä, jotka ovat tärkeitä desinfioinnin kannalta. Kloori liukenee ja reagoi veden kanssa heti. Kloorilla on suuri vaikutus veden pH-arvoon; se määrittää missä muodossa kloori vedessä esiintyy. (Karttunen 1999, 66)

Klooraustapoina käytetään joko tavallista kloorausta, tai yli- ja deklloorausta. Tavallinen klooraus ns. yksinkertainen klooraus suoritetaan yleensä natriumhypokloriitilla. Natriumhypokloriitti pystytään annostelevaan laitoksella haluttuun kohtaan kemikaali annosteluun sopivalla syöttöpumpulla. Syötettävän kloorin määrä valitaan niin, että aktiivisen kloorin määrä verkostosta saatavassa analyysissä on haluttu. Käytäntö aiheuttaa kuitenkin hankaluuksia tasaisten tulosten saamiseksi, koska pintavesissä orgaanisten aineiden pitoisuus vaihtelee, ne kuluttavat klooria eri määrän.

Ylikloorauksessa klooriannos nostetaan niin korkeaksi, että sen avulla saadaan vedestä hävitettyä makuja tai hajuja muodostavat epäpuhtaudet. Klooripitoisuus lasketaan haluttuun arvoon deklloorauksella, joka suoritetaan, kun kloorin vaikutusaika veteen on ollut riittävä.

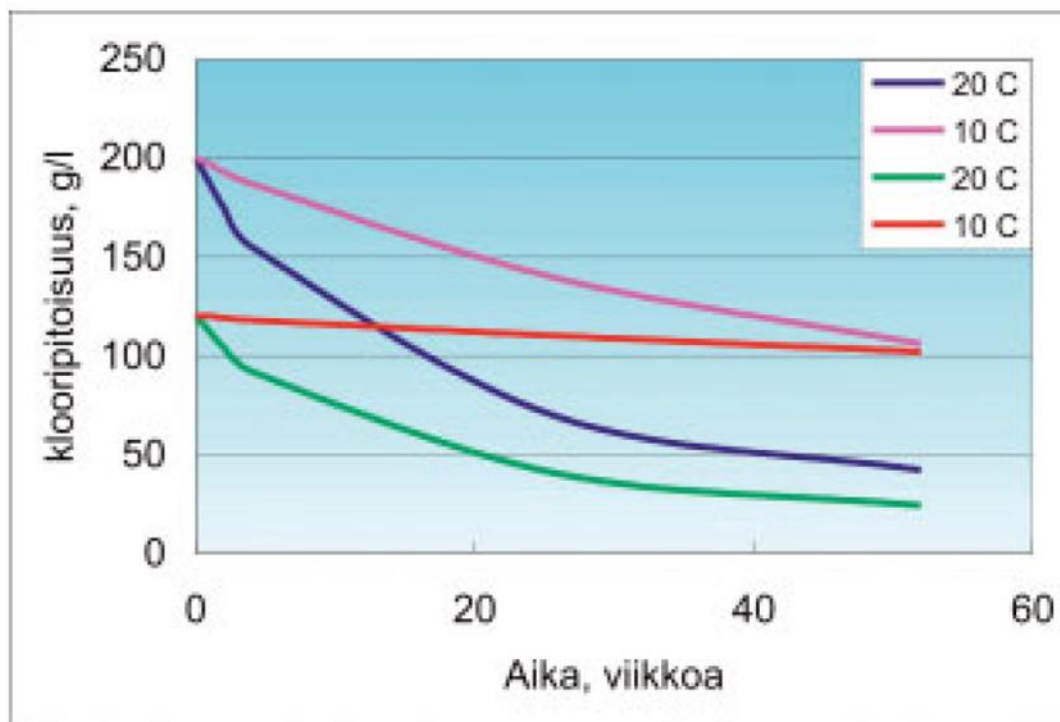
Vesi voidaan myöskin esikloorata, sitä käytettäessä vedestä tarkistetaan aktiivisen kloorin jäännösmäärä ennen veden johtamista verkostoon ja suoritetaan tarpeen vaatiessa joko deklooraus tai klooraus. (RIL 124-2 Vesihuolto II, 423–424)

4.3 Natriumhypokloriitti

Natriumhypokloriitti on koostumukseltaan vesiliukoista, emäksistä (pH on 12–14) ja erittäin hapettavaa. Se nostaa veden alkaliteettia, syövyttää metalleja heikosti ja liuottaa tekstiilejä, terästä sekä betonia. Liuotusvaiheessa natriumhypokloriitti hajoaa hypokloriitti-ioniksi ja natriumioniksi. Toimitettavan liuoksen kokonaiskloorin määrä on tuottajasta ja tilaustavasta riippuen 10 -15 prosenttia. Natriumhypokloriitin pitoisuus liuoksessa laskee ajan myötä; mitä vahvempi liuos, sitä nopeampi on pitoisuuden lasku. Myös pH:n alentuminen alle 11 jouduttaa pitoisuuden laskua. Altistaminen valolle ja lämmölle nopeuttavat liuoksen hajoamista. (Isomäki & Valve 2007, 6-7) Ku- vasta 6. käy ilmi klooripitoisuuden muutos eri tilanteissa.

Natriumhypokloriittia annostellaan laitoskohtaisesti, yleensä kokonaiskloorin pitoisuus käyttövedessä on alle 1 mg/l. Liuos aiheuttaa sen jakelupiirissä tukoksia, jakelupiirin toimintaa tulisi valvoa aktiivisesti ja tarpeen vaatiessa huollattaa.

Natriumhypokloriittin ja orgaanisten aineiden reagoidessa keskenään voi syntyä THM-pitoisuuksia (trihalometaani) se on eliöille myrkyllistä ja saattaa aiheuttaa syöpää. (Talousveden klooraus 2006, 7,10,14–15)



Kuva 6. Natriumhypokloriittiliuoksen klooripitoisuuden muutos ajan funktiona 10 ja 20 °C:ssa kahdella eri lähtöpitoisuuden (200 g/l ja 120 g/l) arvolla. (Isomäki & Valve 2007, 6-7)

4.3.1 Veden desinfiointi Olkiluodossa

Olkiluodon laitoksella veden desinfiointi on järjestetty yksinkertaisena kloorauksena, joka toteutetaan natriumhypokloriitilla. Natriumhypokloriitti, jonka klooripitoisuus on kymmenen prosenttia, tuodaan laitokselle 35 kg astioissa. Kloori laimennetaan noin 3,5 prosenttiseksi liuokseksi 500 litran astiassa sekoittamalla 140 kg NaClO liuosta veteen niin että kokonaismääräksi syntyneelle liuokselle tulee 400 litraa. Yhdistämisen jälkeen syntynyt seos sekoitetaan paineilmalla. Paineilma johdetaan astian pohjaan, joka saa liuoksen kuplimaan. Tämän jälkeen liuos on valmis käytettäväksi. Kemikaaliannostelupumppuna toimii Grundfos Alldos DDI 60–10, jota logiikka ohjaa. Sääto-parametrin pumppu saa raakaveden virtauksesta, joka normaalitilanteessa on 15 l/s. Natriumhypokloriittia annostellaan kahteen eri pisteeseen aktiivihiilisuodatuksen jälkeen. Aktiivihiilisuodattimista C6 ja C7 lähtee kummastakin putki, johon kemikaali annostellaan. Putket johtavat puhdasvesialtaisiin T9 ja T30. (TVO 2018d; TVO 2018e)

Olkiluodon laitoksella ei klooriannostelun jälkeen ole mekaanista sekoitusta, tai erillistä sekoitusallasta, joka varmistaisi kloorin sekoittumisen veteen. Vesihuolto II kirjassa olevien esimerkkiteutusten kohdalla kloorin annostelun jälkeen on sekoitus, jossa vesi ja kloori sekoitetaan mekaanisesti. (RIL 124-2 Vesihuolto II, 422)

Vesihuolto II kirjassa todetaan myös seuraavasti:

”Kloori sekoituksen kloorausaltaassa on oltava tehokas.” (RIL 124-2 Vesihuolto II, 420).

”Kloorin tasainen sekoittuminen on eräs tärkeimpiä tekijöitä onnistuneelle klooraukselle.” (RIL 124-2 Vesihuolto II, 421).

Kloorin sekoittuminen ei tutkimustulosteni mukaan toteudu hyvin Olkiluodon laitoksella. Altaista T9 ja T30 otettiin näyte päivittäin viikon ajan eri syvyyksistä, kesällä 2018. Näytteestä analysoitiin kokonaiskloori, tulokset vaihtelivat keskenään erittäin paljon.

Kemikaaliumpulta annostelupisteeseen kulkee kudosvahvistetusta letkusta valmistettu syöttöputkisto. Putkiston alkupäässä, pumpun läheisyydessä kemikaalin virtausta tehostetaan syöttövedellä, jonka määrä on 2 l/min. Saattovesi ei vaikuta liuoksen pitoisuuteen, koska se otetaan samasta altaasta, johon se palautuu. Natriumhypokloriittia annostellen 25–70 ml/m³ laitoksen omavalvonnasta saatavien kloorianalyysien pohjalta. Näytepisteenä toimii laitoksen keittiön hana, joka on lähtevän veden verkostossa ensimmäinen kulutuspiste. Näyte otetaan joka päivä, ja analysoidaan välittömästi Hach Pocket Colorimeter II laitteella. Saadun analyysituloksen mukaan ohjaillaan kloori syöttöä laitoksella.

Ongelmaksi muodostuu saada klooripitoisuudeltaan tasaista vettä molempiin altaisiin T9 ja T30, koska altaiden yhteenlaskettu vesimäärä on 5500 m³. Keskimääräinen veden päiväkulutus kymmenen viimevuoden aikana on ollut 490 m³. Keskimääräinen veden vaihtuvuus on kokonaisvesimäärään suhtautettuna noin yhdeksän prosenttia.

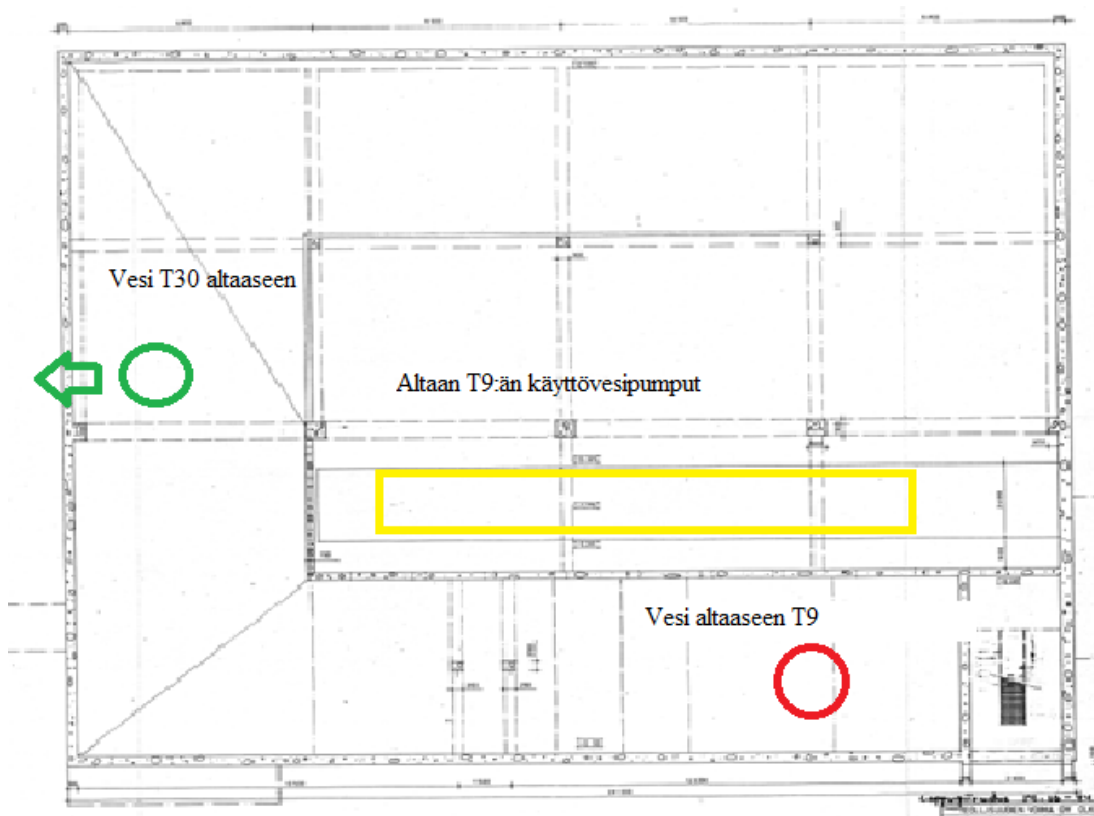
Bench-marking käynnillä Rauman vedessä, joka laitoksena on hyvin samanlainen, kuin Olkiluodon laitos selvisi, että heidän altaansa veden vaihtuvuus, josta vesi johdetaan laitoksen käynnin aikana, joko suoraan verkkoon tai vesitorniin oli monikertainen verrattuna Olkiluodon laitokseen.

Käytönhoitaja M Heikkilän mukaan (henkilökohtainen tiedonanto 23.8.2018) Olkiluodon suurin ongelma desinfioinnin suhteen on veden kulku altaissa. Vettä ei pakoteta kulkemaan ohjattua reittiä pitkin altaassa T30 niin, että voitaisiin varmistua koko vesimassan vaihtuvuudesta. Kun vesi kulkee altaasta T9 altaaseen T30, vesi ei kierrä kuin osan matkaa altaassa T9. Kuvasta 7. käy ilmi veden saapumiskohta altaaseen T9 ja yhdysputken paikka altaaseen T30. Lisäksi Heikkilä pitäisi elintärkeänä saada reaaliaikaista tietoa aktiivisen kloorin osalta ennen veden altaisiin menoa; tähän soveltuisi esimerkiksi kloorianalysaattori Hach CL 17.

Kloorianalysaattori ei itsesään parantaisi desinfioinnin laatua, vaan antaisi reaaliaikaista tietoa verkostoon lähtevän veden kloorimäärästä. Tämä puolestaan poistaisi tarpeen mitata kloori laitoksen hanasta päivittäin ja poistaisi näin inhimillisen virheen mahdollisuuden.

Käytönhoitaja M. Heikkilän mukaan (henkilökohtainen tiedonanto 23.8.2018) 2000-luvun alussa prosessiveden takia altaissa olevaan veteen ei saanut lisätä lipeää pH:n säätelyä varten. Lipeä lisättiin suoraan käyttövesiverkostoon lähtevän talousveden joukkoon. Sen johdosta veden pH:n arvo seilasi 6,5–10. Valituksia saippuaisesta vedestä tuli paljon. Syy tähän oli veden kulutuksen vaihtelevuus verkostoon lähtevässä vedessä (2-16 l/s) sekä verkoston tietyissä osissa oleva veden viipyyvyys, jonka johdosta pH tasapainoa ei saatu pidettyä yllä.

Mietittäessä jälkikloorausta vesilaitokselta lähtevässä vedessä, sama ongelma syntyy todennäköisesti kloorinkin suhteen.



Kuva 7. Veden kulku altaasta T9 altaaseen T30. (TVO 1974, Laitoksen kuva-arkisto)

4.4 Desinfioinnin varmentaminen UV-laitteistolla

Desinfioinnin varmentaminen onnistuisi UV-valolla. Laitteisto olisi helppo liittää osaksi nykyistä laitteistoa. UV-laitteisto varmistaisi desinfioinnin verkkoon lähtevässä vedessä. Nykyiseen prosessiin se ei vaikuttaisi mitenkään. Vaadittavat muutokset kohdistuisivat lähinnä putki- ja sähkötöihin, sekä ydinvoimalan edellyttämään dokumentaatioon.

Liitteessä 1. on Filterit Oy:ltä saatu tarjous UV-laitteistosta, joka on laskettu Olkiluodon vedelle ja sen virtaamamäärälle. Asennuspaikaksi sopisi laitoksen alakerrassa oleva putkitunneli. Laitteisto on mitoitettu 70 m³/h virtaukselle, veden UV-läpäisevyyden ollessa 94 % /10 mm. Laite on tyypiltään AQUAFIDES 3 AF300 T, joka on varustettu kolmella matalapainelampulla. Laitteen voi asentaa pystyyn tai vaakaan ja se on valmistettu haponkestävästä teräksestä.

4.4.1 UV-laitteisto

UV-desinfiointi menetelmä perustuu kemikaalittomaan desinfiointiin. Se tuottaa UV-valolla vaikutukseen, mikä estää mikrobeita lisääntymästä. UV-valo ei muuta käsiteltävän veden koostumusta. UV-säteily hajottaa bakteerien, virusten ja alkueläinten DNA:ta niin että niiden lisääntyminen pysähtyy. UV-desinfiointia hyödynnetään veden puhtaan laadun turvaamiseksi.

UV-desinfioinnin edut: (Filterit Oy:n [www-sivut](#) 2018)

- Kemikaaliton desinfiointimenetelmä ilman yliannostusriskiä
- Tehoa klooria kestäviin taudinaiheuttajien (esim. *Cryptosporidium*)
- Tehokkuus riippumaton veden pH-arvosta ja lämpötilasta
- Ei tunnettuja vaarallisia sivutuotteita
- Veden maku-, haju- ja pH-arvo säilyvät ennallaan
- Säilyttää veden sisältämien mineraalien koostumuksen
- Helppokäyttöinen
- Erittäin taloudellinen

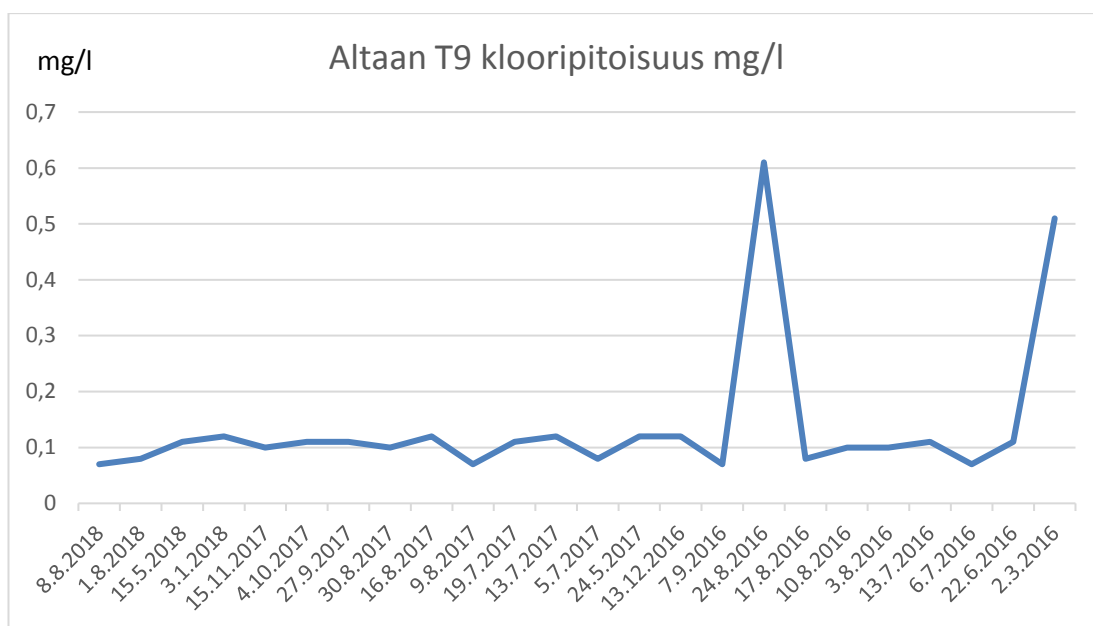
Laitteiston mitoituksen pääkriteerit ovat veden maksimi virtaama, ja veden UV-läpäisevyyden (UV-transmittanssi) huonoin tulos. Näiden kahden tiedon avulla saadaan laskettua tarvittava valomäärä laitteistolle. UV-läpäisevyys määritetään laboratoriossa spektrofotometrillä. Veden sisältämät orgaaniset aineet sekä rauta- ja mangaani vaikuttavat veden UV-läpäisevyyteen. Suurin hyöty UV-desinfioinnista saadaan aallonpituuden ollessa 254 nm. Desinfiointitehoa heikentävät UV-valoa absorboivat sidokset, sekä kiinteät partikkelit. (Filterit Oy:n [www-sivut](#) 2018)

5 ANALYYSIT, MITTTAUKSET JA KOKEET

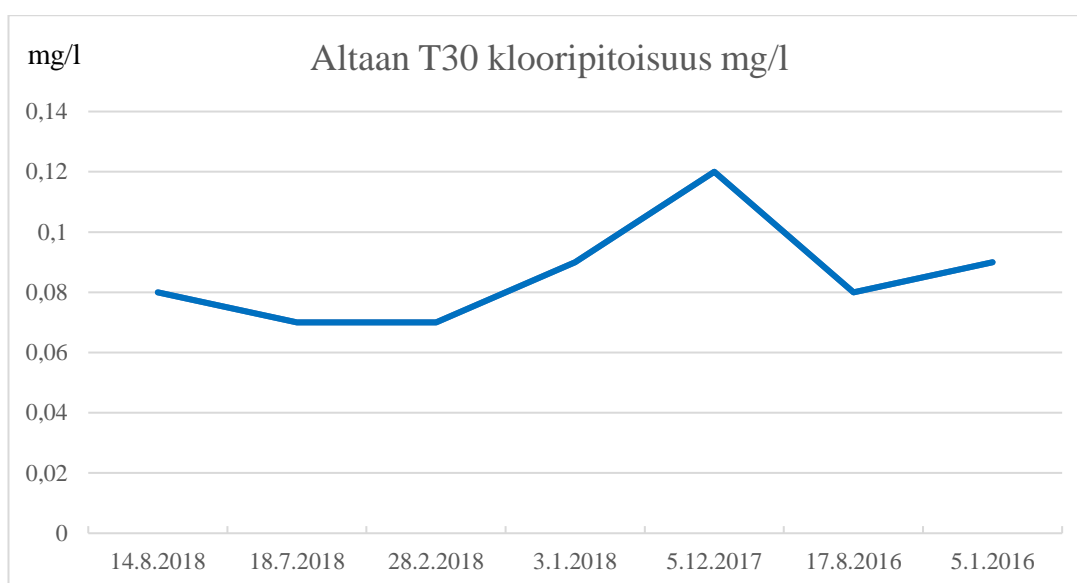
Olkiluodon verkostoon lähtevä käyttövesi analysoidaan omavalvonnassa viikoittain, kuten myös altaan T9 vesi. Altaan T30 vesi analysoidaan kuukausittain. Nämä edellä mainitut analyysit suorittaa laboratorion henkilökunta. Altaiden analyysituloksia käytän vuosilta 2016–2018, toimenpiderajoja rikkovien arvojen osalta. Laitoksella suoritetaan päivittäin omavalvontaa laitoksen hanasta kokonaiskloorin suhteen. Laitoksen hana on käyttövesiverkostossa ensimmäinen kulutuspiste. Vuoden 2017 tulokset on otettu arkistoista. Lisäksi suoritin altaiden analyysseja itse, jolloin näytteitä otettiin altaiden eri kohdista ja syvyyksistä. Veden kierrätystä ja kemikaalipumpun toimintaa mittaava koe on myös itse järjestetty.

5.1 Altaiden toimenpiderajojen rikkomukset vuosina 2016-2017

Kuvista 8. ja 9. käy ilmi altaiden omavalvonnassa todetut toimenpiderajojen ylitykset ja alitukset. Altaan T9 toimenpiderajojen rikkomukset ovat lähinnä kokonaiskloorin toimenpiderajan 0.18 mg/l alituksia. Kaksi ylitystä johtuu todennäköisesti suurennetusta klooriannostelusta, jolloin kloori ei ole sekoittunut kunnolla veteen, vaan on niin sanotusti lauttana veden siinä kohtaa. Altaan T30 klooripitoisuus on selvästi alhaisempi kuin altaan T9. Tämä todennäköisesti johtuu altaan T30 vesitilan jakamattomuudesta, eli vesi ei vaihdu altaan kaikissa osissa.



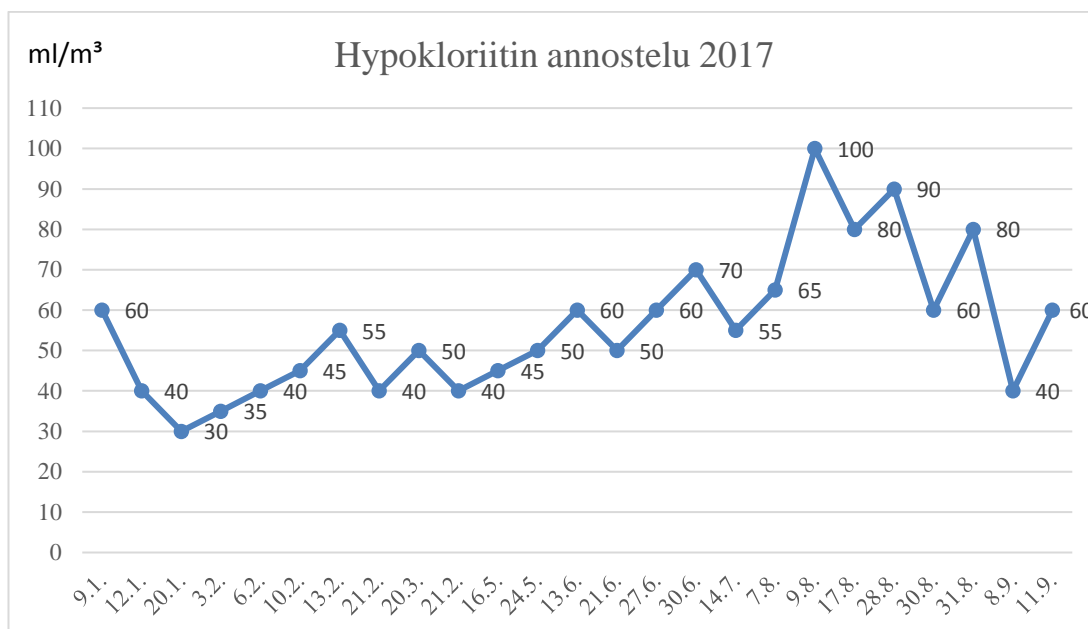
Kuva 8. Toimenpiderajojen ylitykset ja alitukset vuosina 2016–2018. (WilabLIMS 2018)



Kuva 9. Toimenpiderajojen ylitykset ja alitukset vuosina 2016–2018. (WilabLIMS 2018)

5.2 Natriumhypokloriitin syöttömäärät

Kuvassa 10. arvonpisteen kohdalla oleva arvo on se määrä natriumhypokloriittia, joka on annosteltu aikavälillä seuraavaan arvopisteeseen.

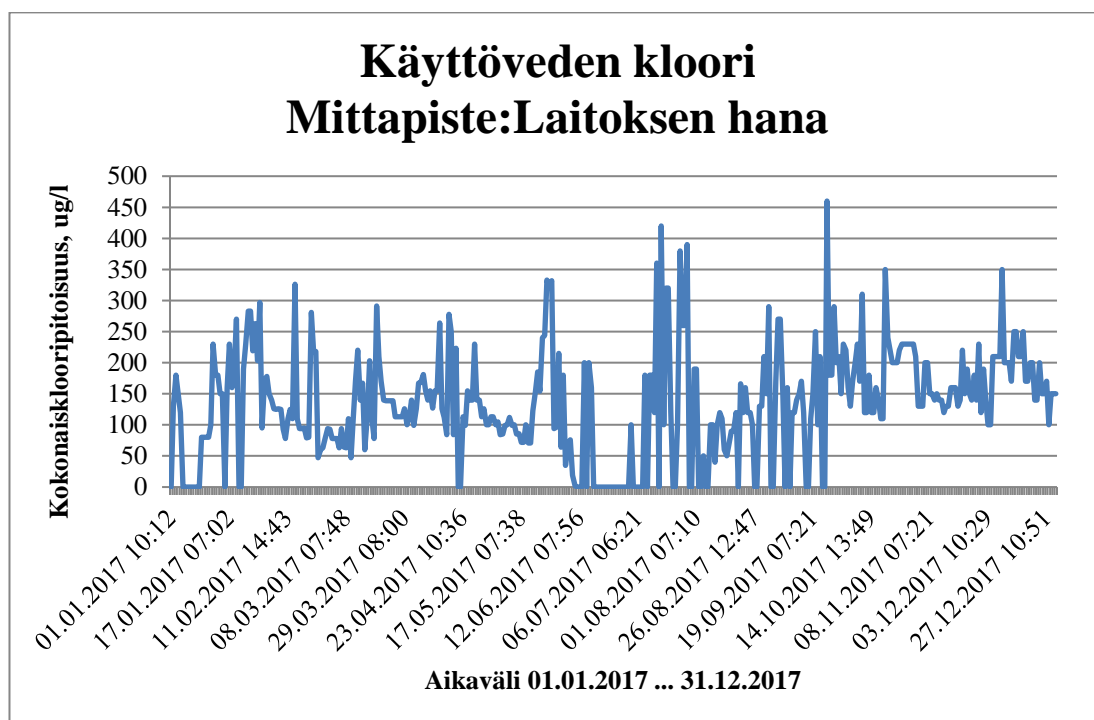


Kuva 10. Natriumhypokloriitin annostelumäärät 2017. (TVO:n vesilaitoksen päiväkirja, 2017)

Kuvasta 11. näkee kokonaiskloorin määrän laitoksen hanasta mitattuna. Verrattaessa kuvien 10. ja 11. tietoja keskenään, niin yhtäläisyyksiä ei helposti löydy. Täysin luotettavasti kloori syötön vaikutusta altaissa olevaan veteen ei pysty selvittämään, koska ei saada selville, mihin altaaseen vesi on johdettu, tai mistä altaasta laitoksen hanasta saatava näyte on otettu.

Vaikka työ oli rajattu vesilaitokselta lähtevään veteen, oli silti hyvä tuoda esille päivittäiset vaihtelut suhteessa annosteltuun määrään. Vesi-massa on niin iso altaissa, että annostellun määrän vaikutus koko vesimassassa ei voi näkyä seuraavan päivän näytteessä. 17.7.2017 otetussa näytteessä klooripitoisuus on ollut 0,42 mg/l, hypokloriitin annostelu on ollut tuolloin 55 ml/m³. Hypokloriitin syöttöä on seuraavaksi muutettu 7.8.2017. Aikavälillä 17.7.–7.8.2017 kloorin määrä vaihtelee 0,42–0,00 mg/l välillä, vaikka syötetty kloori määrä on ollut sama koko ajanjaksolla. Tämä sama toiminta

toistuu useaan otteeseen vuoden 2017 aikana. Tästä päätellen kloori ei sekoitu tasaisesti koko vesimassaan.



Kuva 11. Kloori-analyysit päivittäin 2017. (Kupi 2018)

5.3 Seurantajakso T30 ja T9

Kokeen tarkoituksena on seurata altaiden T9 ja T30 klooripitoisuutta viikon ajan. Kuvista 13. ja 14. sekä taulukosta 5. saadaan tietoa, miten kloori on altaisiin sekoittunut. Mittauksia ei tarkoituksella suoritettu altaissa samaan aikaan, altaan T9 tutkimus suoritettiin kesällä lämpötilan ollessa korkealla, altaan T30 tutkimus suoritettiin loppukesästä lämpötilan ollessa matalampi. Näytteet otettiin kolmesta eri syvyydestä neljästä ja kahdesta metristä, sekä pinnasta kuvassa 12. olevalla vesinäytteen ottimella.

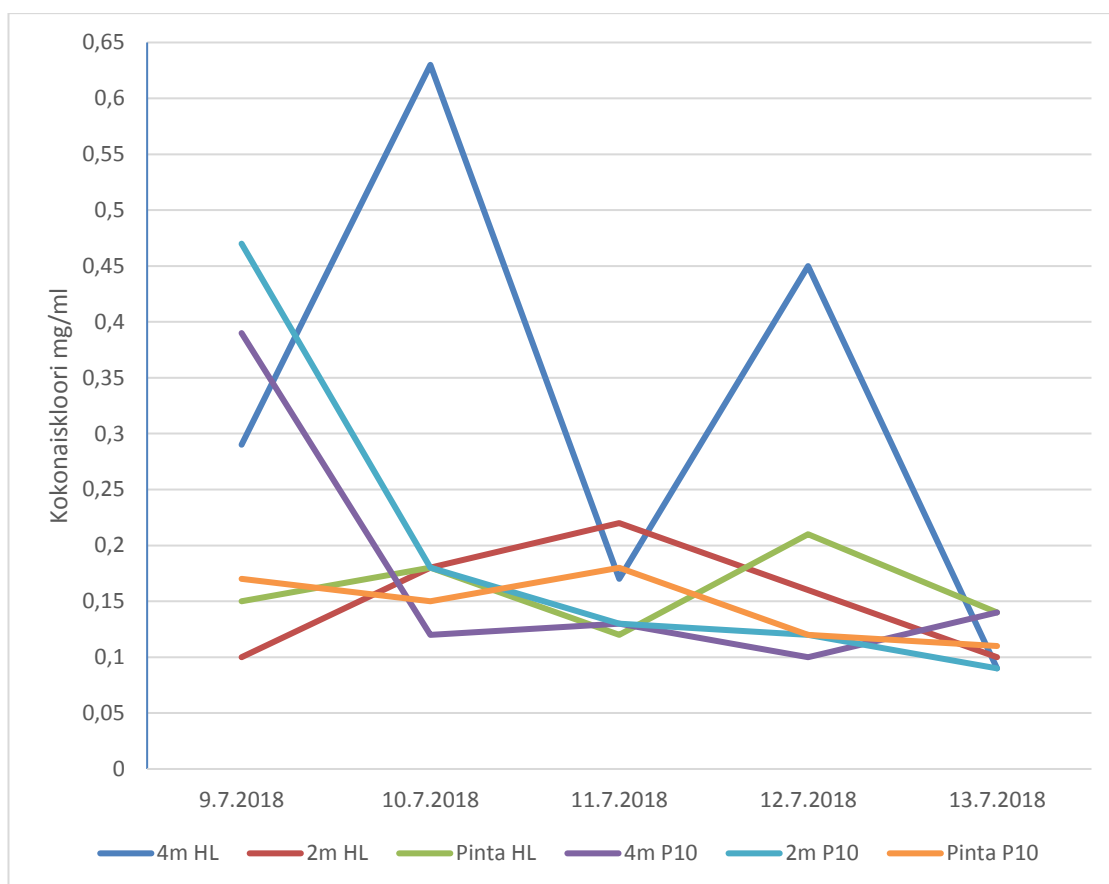
”Näytteenotin laskeutuu haluttuun vesisyvyyteen täysin avoimena - näytesäiliön sivulle saranoidut kannet avautuvat pystysuoraan ja pysyvät pystysuorassa asennossa, varmistaen estää näytteenottimen sulkeutumisen vahingossa. Noudin laukaistaan vaijeria pitkin pudotettavalla laukaisupainolla. Alakansi painautuu tiiviisti rungon alaosaan

sijaitsevaa tukijalkaa vasten, joten näytteen pullottaminen onnistuu vaivatta myös yksin työskenneltäessä.” (GWM-engineering www-sivut, 2018)

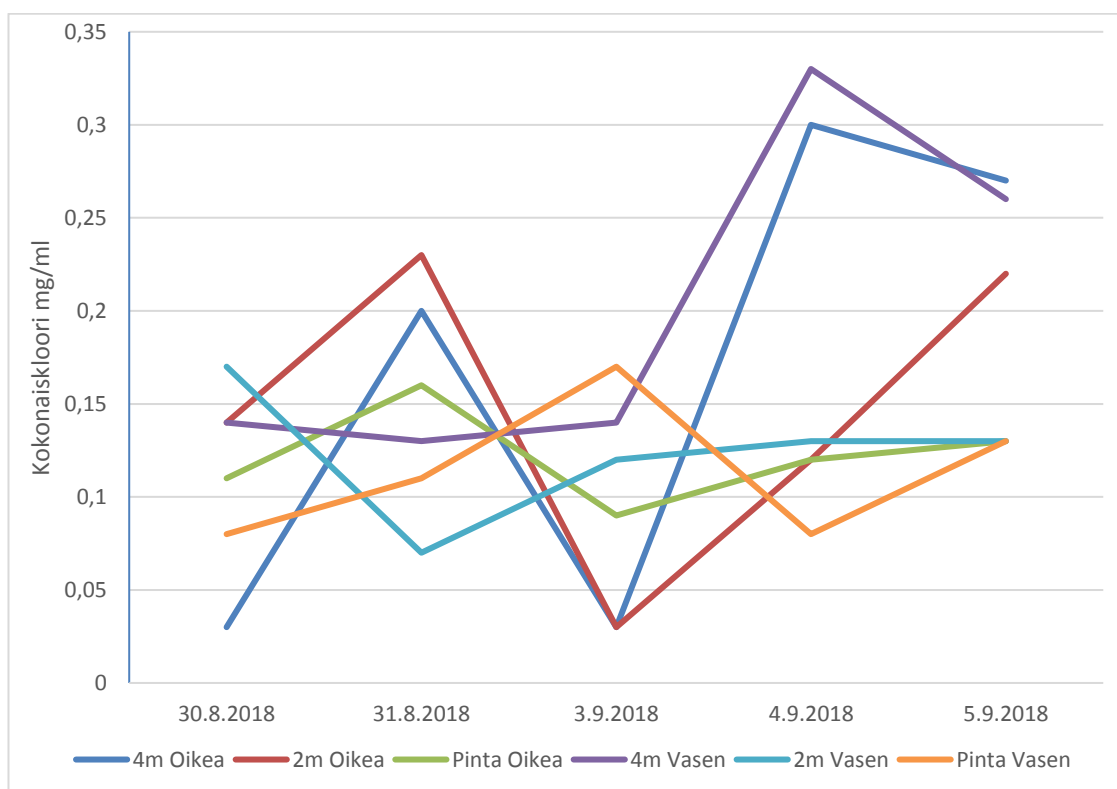


Kuva 12. Vesinäytteenotin (kuva Kulju Jaakko)

Altaan T9 näytepiste HL on kuvassa 7. vihreän ympyrän kohdalla, näytepiste P10 sijaitsee kuvassa 7. keltaisen alueen keskikohdalla. Altaan T30 näytepisteet ovat vasen ja oikea, pisteet sijaitseva neliömäisen altaan äärireunoissa.



Kuva 13. Altaan T9 viikon seurantajakso (9.7–13.7.2018)



Kuva 14. Altaan T30 viikon seurantajakso (30.8.–5.9.2018)

Taulukko 5. Kokonaiskloorimäärät altaissa T9 ja T30

Näytepisteet	Päivämäärä					Yksikkö
Allas T9	9.7.	10.7.	11.7.	12.7.	13.7.	
4m HL	0,29	0,63	0,17	0,45	0,09	mg/ml
2m HL	0,10	0,18	0,22	0,16	0,10	mg/ml
Pinta HL	0,15	0,18	0,12	0,21	0,14	mg/ml
4m P10	0,39	0,12	0,13	0,1	0,14	mg/ml
2m P10	0,47	0,18	0,13	0,12	0,09	mg/ml
Pinta P10	0,14	0,15	0,18	0,12	0,11	mg/ml
Allas T30	30.8.	31.8.	3.9.	4.9.	5.9.	
4m Oikea	0,03	0,2	0,03	0,3	0,27	mg/ml
2m Oikea	0,14	0,23	0,03	0,12	0,22	mg/ml
Pinta Oikea	0,11	0,16	0,09	0,12	0,13	mg/ml
4m Vasen	0,14	0,13	0,14	0,33	0,26	mg/ml
2m Vasen	0,17	0,07	0,12	0,13	0,13	mg/ml
Pinta Vasen	0,08	0,11	0,17	0,08	0,13	mg/ml

Tuloksista näkee eriarvoisuudet selvästi. Kumpikaan allas ei näytä noudattavan mitään tiettyä säännönmukaista kaavaa, eikä yhteneväisyyksiä keskenään. Suurin pitoisuuskään ei aina löydy pohjasta. Samasta syvyydestä, eri pisteistä saadut analyysit vaihtelevat keskenään. Osittain suuria pitoisuusarvoja voi selittää siihen kohtaan annosteltu suurempi kloorimäärä. Altaissa kloori ei silti tunnu sekoittuvan, vaikka myös suuria pitoisuuksia löytyi tuloksista. Altaan T9 neljästä metristä otettu näyte (10.7.2018) sisälsi klooria 0.63 mg/ml, kun taas kahdesta metristä ja pinnasta löytyi vain 0,18 mg/ml.

5.4 Vedenkierrätys altaassa T9 siirrettävillä palovesikonteilla

TVO:lla on kaksi siirrettävää pumppukonttia 0.861 A4 ja A5. Pumppu-kontit on varustettu Esteri D240 palopumpulla ja Sisu diesel moottorilla. Pumppukonttien avulla on tarkoitus pumpata vettä mahdollisissa onnettomuustilanteissa Korvensuolta tulevista linjoista tai muusta vesilähteestä tarvittaessa suojarakennusten ja polttoainealtaiden vesitäyttöön tai muuhun tarvittavaan kohteeseen. Käyttövoimansa kontit saavat polttoöljystä. Koekäyttö suoritetaan kerran vuodessa. (TVO 2016f) Pumppujen koekäytön yhteydessä oli mahdollisuus tutkia kloorin käyttäytymistä puhdasvesialtaassa T9 ennen ja jälkeen koekäytön.

5.4.1 Vedenkierrätyksen koejärjestelyt

Vesinäytteet otettiin kahdesta eri kohtaa allasta, reunassa sijaitsevasta huoltoluukusta (HL) ja noin altaan puolivälistä käyttövesipumpun P10 (P10) imuputken aukosta, kolmesta eri syvyydestä pinnasta, kahdesta metristä ja käyttövesipumppujen imupinnan kohdalta, neljän metrin syvyydestä. Lisäksi näyte otettiin vesilaitoksen käyttövesihastasta. Kummastakin pisteestä otettiin näyte ennen ja jälkeen kontin koekäyttöä. Näytteet analysoitiin kuvassa 15. olevalla Hach Pocket Colorimeter II laitteella ja tulokset kirjattiin ylös.



Kuva 15. Hach Pocket Colorimeter 2 (Hyxon www-sivut 2018)

Ennen koekäyttöä desinfioitiin kaikki puhtaan veden kanssa tekemisissä olevat osat vahvalla klooriliuoksella. Kontin imupuoli laskettiin veteen puhdasvesiluukusta noin kolmen metrin syvyyteen (imupuoli). Pumpulta vesi johdettiin paloletkuja pitkin altaan toiseen päähän (paineapuoli), jolloin saatiin aikaan vedenkierto altaassa. Vettä kierrätettiin neljä tuntia, tilavuusvirran ollessa ensimmäisessä sekoituksessa 3200 l/min ja toisessa 3600 l/min. Vedenkierto suhteessa kokonaisvesimäärään altaassa (2500 m^3) oli noin 30–35 %.

5.4.2 Vedenkierrätyksen tulokset

Veden kierrätyksen tulokset ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Koekäyttöjen tulokset (12.7.2018/17.7.2018)

Päivämäärä	12.7.2018	Ennen sekoitusta		Sekoituksen jälkeen	
Näytepiste	HL	Lämpötila °C	Pitoisuus mg/l	Lämpötila °C	Pitoisuus mg/l
Syvyys	4 m	17,0	0,45	17,0	0,16
Syvyys	2 m	17,1	0,16	17,0	0,16
Syvyys	Pinta	17,9	0,21	17,6	0,21
Näytepiste	P10				
Syvyys	4 m	17,0	0,10	17,1	0,15
Syvyys	2 m	17,0	0,12	17,0	0,19
Syvyys	Pinta	17,7	0,12	17,0	0,20
Näytepiste	Hana	-	0,07	-	0,11
Päivämäärä	17.7.2018				
Näytepiste	HL				
Syvyys	4 m	16,0	0,21	16,5	0,30
Syvyys	2 m	16,2	0,16	16,5	0,55
Syvyys	Pinta	16,6	0,15	16,6	0,55
Näytepiste	P10				
Syvyys	4 m	16,0	0,16	16,5	0,22
Syvyys	2 m	16,0	0,17	16,5	0,22
Syvyys	Pinta	16,4	0,16	16,5	0,27
Näytepiste	Hana	-	0,16	-	0,17

Tuloksista päätellen kloori on sekoittunut veteen epätasaisesti, sillä sen pitoisuus vaihtelee altaan eri syvyyksissä ja kohdissa. Tarkasteltaessa tuloksia ennen ja jälkeen sekoituksen, on tuloksissa havaittavissa selvä muutos. Kloori kerrostuu selvästi, mutta tulosten mukaan se ei käyttäydy mitenkään säännönmukaisesti. Yksi syy voi kloorin epätasaiseen jakautumiseen olla kunnon sekoituksen puute annostelupisteen jälkeen. Veden lämpötilasta päätellen sekoitus tasaa kerrostumista. Pientä tasoittumista on havaittavissa myös kloorin suhteen.

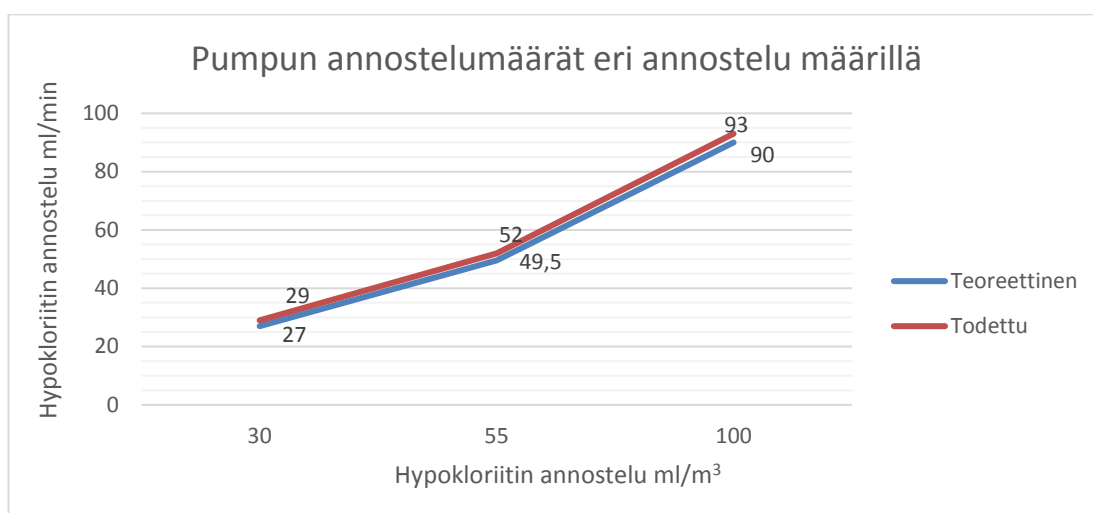
5.5 Kemikaaliannostelupumppu Grundfos Alldos DDI 60–10

5.5.1 Annostelupumpun toiminnan koejärjestelyt

Klooriannosteluastian vieressä sijaitsee nesteen korkeuden näyttävä mittari, josta selviää annosteltu määrä imupuoella. Annostelu ajettiin kolmella eri annostelumäärällä 30, 55 ja 100 ml/m³. Laitoksen teho oli 15 l/s. Annostelupisteessä kelloitettiin 60 sekuntia, jonka aikana mittalasiin laskettiin liuosta. Ajan kuluttua mittalasi luettiin. Tämä toistettiin kullakin asetusarvolla kolme kertaa: näin muodostettiin keskiarvo, jota tuloksissa käytetään.

5.5.2 Annostelupumpun toiminnan tulokset

Imupuoella pumpun syöttämä määrä jakelupisteille oli yhteneväinen annostelupisteiden kanssa. Annostelupisteissä kloorin pitäisi jakautua tasaisesti: näin ei ollut, vaan kokeen aikana havaittiin annostelun tapahtuvan vain toiseen pisteeseen. Tämä johtuu todennäköisesti aktiivihiilisuodattimien läpi laskettavasta vedestä, jonka määrää ohjaavat automaattiset venttiilit. Altaan C7 venttiili oli 16 prosenttia enemmän auki kuin altaan C6, jolloin virtaama putkessa C7 jälkeen oli suurempi annostelupisteen kohdalla ja on aiheuttanut imupaineen annostelukohtaan. Tämä ei aiheuta kovin suurta riskiä desinfioinnin suhteen, koska vesi lasketaan molemmista putkista samaan altaaseen. Kloorin sekoittumisen kannalta tämä todennäköisesti aiheuttaa epätasaisuutta altaassa. Kuva 16. osoittaa pumpun syöttämän kloorin määrän kullakin annostelumäärällä.

Kuva 16. Natriumhypokloriitin annostelu määrillä 30, 55 ja 100 ml/m³

Vaaka-akselilla on ilmoitettu natriumhypokloriitin annostelu, laitoksen tehon ollessa 15 l/s. Asetusarvoiksi muutettiin 30, 55 ja 100 ml/m³. Pystyakselilla on ilmoitettu natriumhypokloriitin annostelun tulokset. Teoreettiset arvot ovat suhteutettu annostelun osalta arvoon ml/min, laitoksen tehon ollessa 15 l/s. Natriumhypokloriitti annostelun ollessa 30, 55 ja 100 ml/m³ teoreettiset arvot ovat 27, 49,5 ja 90 ml/min, kokeen tulosten ollessa 29, 53 ja 93 ml/min.

6 VAIHTOEHTOINEN JÄRJESTELY

Altaan T9 ja T30 erotus toisistaan voisi olla yksi vaihtoehtoinen järjestely. Altaan T30 erotus laitoksen talousvesiprosessista on teknisesti mahdollista toteuttaa, sillä altaan voisi asettaa toimimaan vain sammutus- ja prosessivesialtaana. Ainoa talousvettä altaasta T30 pumppaava pumppu on P30, joka on helppo asettaa vain suolavapaan veden valmistusprosessia palvelevaksi pumpuksi. Pumppu erotettaisiin käyttöveden pump-pauksesta. Käyttövesi johdettaisiin verkostoon vain altaasta T9.

Allas T30 täytettäisiin jatkossakin vain talousvedellä, joka tulisi lappona altaasta T9. Tämä järjestely edellyttäisi yhdysputken rakenteen muuttamista niin, että vesi kulkisi vain altaasta T9 altaaseen T30. Järjestely on mahdollista toteuttaa yksisuunta venttiilien avulla. Tämän johdosta voitaisiin altaan T9 vesi pitää pelkästään käyttövetenä. Järjestelyn johdosta olisi huomattavasti vähemmän vesimassaa, jonka laadusta pitäisi huolehtia. Laskennallisesti 10 vuoden keskimääräisellä päiväkohtaisella käyttövedenkulutuksella 345 m^3 pääsisi noin 14 prosentin veden vaihtuvuuteen altaassa T9. Altaassa T30 veden kulutus olisi keskimääräisesti 144 m^3 päivässä, ja veden vaihtuvuus päivässä olisi noin viis prosenttia. Nykyisen mallin (molemmat altaat käytössä) veden vaihtuvuus päivässä on noin yhdeksän prosenttia. Lukujen valossa altaan T9 vedenvaihtuvuus paranisi noin kuudella prosentilla, kun taas altaan T30 vaihtuvuus laskisi noin neljä prosenttia. Altaan T9 veden laadun voidaan olettaa paranevan, suuremman veden vaihtuvuuden johdosta.

Altaan T30 veden vaihtuvuuden pientyminen ja veden ohjauksen puute voivat aiheuttaa veden laadun heikkenemistä altaassa. Tämän takia järjestelyn riskeiksi voidaan lukea veden sekoittuminen altaasta T30 altaaseen T9. Tästä syystä altaan T30 vesi tulisi analysoida useammin kuin kerran kuussa, myös bakteerien osalta. Jos ei-toivottua sekoittumista tapahtuu, niin tiedettäisiin sekoittuvien vesien laatu. Tulipalon sattuessa on odotettavissa altaan T9 äkillinen pinnan lasku, mitä laitoksen tuotto ei pysty kattamaan. Tällöin joudutaan avaamaan yhdysputki ja yhdistämään altaat. Se, mitä tämä aiheuttaisi talousveden laatuun ja sitä kautta käyttövesiverkostoon, tulisi selvittää tarkemmin.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Nykyinen desinfiointijärjestelmä toimii pääsääntöisesti hyvin. Muutamalla parannuksella siitä voisi saada toimivamman, esimerkiksi sekoittajan asennus klooriannostelun jälkeen. Yhtenä vaihtoehtona voisi myöskin pitää altaisiin asennettavaa sekoitinta, joka pitäisi veden jatkuvasti liikkeellä, esimerkiksi pumppu tai mekaaninen moottorisekoitin. Tämä voi auttaa kloorin tasautumista altaassa. Olkiluodon vesi on ollut laadultaan talousvesiasteuksen kriteerit täyttävää hyvää talousvettä, ja laadun voisi helposti varmentaa UV-laitteistolla, joka olisi helppo asettaa laitokselta lähtevään putkeen. Näin pystyttäisiin varmistamaan desinfiointi, vaikka kloori olisikin epätasaisesti sekoittunut altaissa olevaan veteen. Veden vaihtuvuuden parantamiseksi altaan T30 erotusta käyttövesiprosessista kannattaisi tutkia tarkemmin. Tosin tämä järjestely voi aiheuttaa haasteita, sillä tasalaatuista vettä on helpompi puhdistaa nykyisellä prosessilla vain yhteen altaaseen.

Tämä opinnäytetyö onnistui kokeiden osalta hyvin ja tulokset olivat johdonmukaisia ja oletettuja. Mielenkiintoista olisi ollut vielä tutkia tarkemmin altaat kohdissa, joihin vesi saapuu laitokselta, sekä tutkia altaiden T9 ja T30 yhdistävän putken toiminta. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista ilman että rakenteita olisi rikottu. Altaasta T30 näytteen ottaminen muualta kuin altaan reunoista on mahdotonta järjestää ilman pintojen alle menemistä. Altaan T9 tutkiminen kokonaisvaltaisesti eri kohdista olisi ollut helpompaa, tosin tämäkin olisi edellyttänyt rakenteiden avaamista.

Opinnäytetyön tekeminen on kehittänyt kykyäni ymmärtää asiakokonaisuuksia paremmin, sekä teorian ja käytännön yhteensovittamista. Ammatillista osaamistani on parhaiten edistänyt asioiden kokeminen käytännön kautta.

Veden puhdistaminen on ymmärrystä ja ammattitaitoa vaativaa työtä. Tehdyt muutokset prosessiin näkyvät hitaasti ja prosessin alkupäässä tehdyt muutokset voivat haitata loppupään prosessia. Koko prosessi tulee ymmärtää alusta loppuun.

LÄHTEET

Asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 6.10.2017/683.
Viitattu 20.8.2018.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170683>

Filterit Oy:n www-sivut 2018. Viitattu 30.8.2018.

<https://www.filterit.fi>

Gwm-Engineeringin www-sivut 2018. Viitattu 27.8.2018.

<https://gwm-engineering.fi/fi/tuoteryhmat/vesinaytteenottimet/limnos/>

Heikkilä, M. 2018. Käytönhoitaja, Olkiluodon ydinvoimala. Eurajoki. Henkilökohtainen tiedonanto 23.8.2018.

Hyxon www-sivut 2018. Viitattu 5.6.2018.

<http://www.hyxo.fi>

Itä-Suomen Yliopiston www-sivut 2018. Viitattu 17.9.2018.

<https://www.uef.fi/benchmarking>

Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Kajaanin Ammattikorkeakoulun www-sivut 2018. Viitattu 17.9.2018.

<https://www.kamk.fi/fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Aineiston-keruumenetelmat/Haastattelu>

Keskitalo, J. 2017. Rajaton vesi, rajalliset vesivarat. Helsinki: Gaudeamus

Kupi (Version 12.0). 2018. Oracle

Lukka, K. 2014. Konstruktiivinen tutkimusote. Viitattu 17.9.2018.

<https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>

Maa- Ja Metsätalousministeriön www-sivut 2018. Viitattu 20.8.2018.

<https://mmm.fi>

Ratamo, N. 2018 Palomestari, Olkiluodon ydinvoimala. Eurajoki. Henkilökohtainen tiedonanto 15.8.2018.

Ruusunen, M. 2018 Jäte- ja vesilaitosvastaava, Olkiluodon ydinvoimala. Eurajoki. Henkilökohtainen tiedonanto 16.8.2018.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2004, Vesihuolto II 124-2

Teollisuuden Voiman www-sivut 2018. Viitattu 13.8.2018.

<https://www.tvo.fi>

Terveystensuojelulaki 11.11.2016/942. Viitattu 20.8.2018.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen www-sivut 2018. Viitattu 25.8.2018.
<https://thl.fi>

Tieteen termipankin www-sivut 2018. Viitattu 17.8.2018.
<http://www.tieteentermipankki.fi>

Tuhkanen, T., Isomäki, E. & Valve, M. 2007. Desinfektio. Vesitalous, 4-6,8,14. Viitattu 26.8.2018. <https://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2010/02/4-2007.pdf>

TVO. 2015. OlkiDock asiakirja, 100389 Kemian ohjeavot

TVO. 2016a OlkiDock asiakirja, 119583 Eurajoen pumppaamo

TVO. 2016b OlkiDock asiakirja, 119584 Korvensuon pumppaamo

TVO. 2016c. OlkiDock asiakirja, 119585 Käyttöveden puhdistamo

TVO. 2016d. OlkiDock asiakirja, 119591 Kemikaaliliuosten valmistus

TVO. 2016e. OlkiDock asiakirja, 119593 Kemikaalisyöttöjen tarkistus

TVO. 2016f. OlkiDock asiakirja, 164450 Pumppukonttien dieselmootoreiden ja aggregaattien tarkastus- ja koestusohje

TVO. 2016. Designer kuvat

TVO. 2018a. Vedenkulutuksen vuosiraportti

TVO. 2018b. OlkiDock asiakirja, 100929 TTKE luku 3 - Ehdot ja rajoitukset käytölle, käyttötilat 2-5

TVO. 2018c. OL3 Project Manpower on site, TVO & CFS

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 2006. Talousveden klooraus. Helsinki.

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 2007. Vesilaitostekniikka ja hygienia. Helsinki.

WilabLIMS Version (4.2). 2018. 1988-2009 WHITELAKE SOFTWARE POINT OY.

World Chlorine Council 2014. Drinking water chlorination. Viitattu 20.8.2018.
<https://worldchlorine.org/wp-content/uploads/2014/03/onepager.pdf>

Ydinturvallisuusohjeet 15.11.2013/ YVL B.8

LIITE 1.

Filterit Oy**Palvelut**

Suodatus

UV-desinfointi

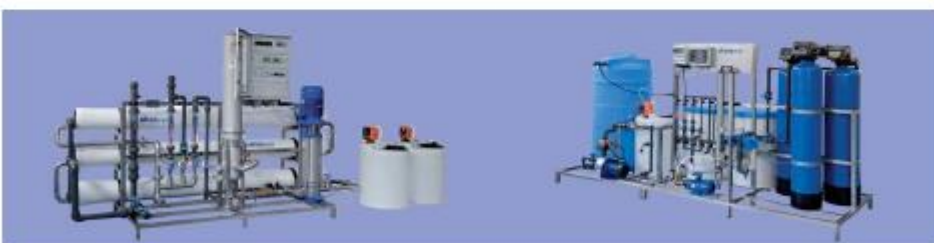
Vedenkäsittely

**Tuotteet**

Aktiivihiliisuodattimet
Itsepuhdistuvat suodattimet
Kaarisihdit
Keskipakoerottimet

Kori- ja tuplakorisuodattimet
Patruunasuodattimet
Pussisuodattimet
Raudan ja mangaanin poisto

RO-laitteistot
Rumpusuodattimet
UV-desinfointilaitteet
Vedenpehmentimet

**Yhteystiedot**

Filterit Oy
Karjalankatu 2
00520 HELSINKI

Tel 010 229 0630
Fax 010 229 0639

info@filterit.fi
www.filterit.fi

FILTERIT®

AQUAFIDES UV-desinfiointilaitteet



UV-desinfiointi on käytännöllisin ja turvallisin menetelmä veden hygieenisen laadun turvaamiseen. UV-desinfiointi perustuu UV-säteilyn kykyyn vaurioittaa mikro-organismien (bakteerit, virukset ja alkueläimet) DNA sekä estää niiden lisääntyminen. UV-säteily ei vaikuta veden muihin ominaisuuksiin (makuun, hajuun, mineraaleihin) millään tavalla.

Tehokkain UV-desinfiointi saavutetaan AQUAFIDES UV-lamppujen käyttämällä aallonpituudella 254 nm. AQUAFIDES UV-desinfiointilaitteet tuhoavat jopa 99,99% vaarallisista mikrobeista. Laitteet täyttävät tiukimmat DVGW-, ÖVGW- ja SVGW-sertifiointivaatimukset.

AQUAFIDES UV-desinfiointilaitteissa käytetään matalapainelamppuja. Matalapaine UV-lamppujen energiankulutus on alhainen ja ne eivät alhaisen lämpötilansa johdosta polta epäpuhtauksia kvartsiputkien pintaan.

Laitteet voidaan asentaa vaakasuoraan tai pystysuoraan. Lamput voidaan vaihtaa kummasta päästä laitetta tahansa. Nämä mahdollisuudet vähentävät tilantarvetta ja putkistojen muutostarvetta.

Tuotetiedot

Materiaali	AISI 316L
Käyttöpaine	max 16 bar
Yhteet	DN25 – DN300
Tilavuusvirroille	max 1500 m³/h
Sertifiointi	ÖVGW, DVGW, SVGW, CE-merkitty

Ominaisuudet ja edut

- Matalapainelamput – ei polta epäpuhtauksia suojaavien kvartsiputkien pintaan sekä pieni sähkönkulutus
- Asennus joko pysty- tai vaakasuoraan sekä lamppujen vaihto kummasta päästä laitetta tahansa – tilaa säästävä rakenne
- Desinfiointi aallonpituudella 254 nm – tehokas ja luotettava desinfiointi
- Suomenkielinen ohjauspaneeli sekä koko maan kattava huoltopalvelu – luotettava ja käyttövarma ratkaisu

Käyttökohteet

Elintarviketeollisuus
Lääketeollisuus

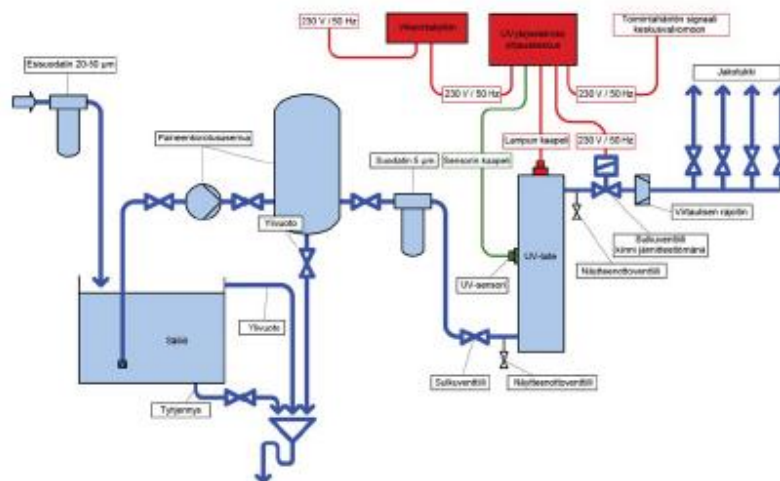
Prosessivedet
Uima-altaat

Vesilaitokset

FILTER IT

AQUAFIDES asennuskytkennot

UV-järjestelmä jossa on paineenkorotusasema



UV-järjestelmä jossa on vikatilannetta varten magneettiventtiili

