

31.8.2022

# Ylivuotojen vähentäminen jätevesipumppaamoiden automaatiotietojen ja vesitaselaskennan avulla



**Sisällysluettelo**  
TIIVISTELMÄ

1.	JOHDANTO .....	1
2.	LÄHTÖTILANNE .....	1
3.	TAVOITE .....	3
4.	JÄTEVESIPUMPPAAMOIDEN YLIVUOTOJEN HALLINTA JA ENNUSTAMINEN .....	4
4.1	Jätevesipumppaamoiden astiamittaus sekä ylivuotolaskenta .....	4
4.2	Ylivuotojen mekaaninen mittaus .....	5
5.	VESITASE .....	5
6.	TILANNEKUVAVAIHTOEHDOT .....	6
6.1	Järjestelmätoimittajien valmiita tilannekuvaratkaisuja .....	6
6.2	Fluidit Dataport .....	7
7.	JÄRJESTELMIEN VÄLISET RAJAPINNAT .....	7
7.1	Mistä tunnistaa hyvän rajapinnan .....	7
7.2	FTP tiedonsiirto ja pääsy SQL-serverille .....	9
8.	FLUIDIT DATAPORT, TOTEUTETUT INTEGRAATIOT JA YLIVUOTOLASKENTA .....	10
8.1	Laadittu tilannekuvanäkymä .....	11
8.2	Toteutettu ylivuotolaskenta .....	13
9.	YHTEENVETO .....	14
9.1	Tiivistetyt ohjeet järjestelmien välisiin integraatioihin .....	16
	Lähdeluettelo .....	

31.8.2022

## TIIVISTELMÄ

Tuusulan vesihuoltoliikelaitos (Tuusulan Vesi) on noin 9 000 kiinteistön vedenjakelusta huolehtiva vedenjakelulaitos, joka hankkii talousvetensä Keski-Uudenmaan Vesi (Kuvesi) kuntayhtymältä. Tuusulan Vedellä on n. 70 jätevesipumppaamoja ja n. 380 km jätevesiverkostoa, joiden kautta johdetaan vuosittain yli 3 miljoonaa kuutiota jätevettä puhdistettavaksi Helsingin seudun ympäristöpalveluiden Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle.

Tuusulan Vesi on saanut viemärylivuotojen vähentämiseen avustusta ELY-keskukselta vesiensuojelun tehostamisohjelmasta *Kaupunkivesien hallinta ja haitallisten aineiden vähentäminen, viemärylivuodot*. Tuusulan Veden hankkeessa ylivuotojen vähentämiseen tähdätään paremmalla jätevesipumppaamoiden automaatiotietojen hyödyntämisellä ja pumppaamoalueiden vesitaselaskennan avulla.

Hankkeen aikana laadittiin reaaliaikainen tilannekuva kahdelle pumppaamoalueelle. Tilannekuvassa esitetään aikasarjana alueen vesitase, eli alueelle johdettavan talousveden määrä suhteessa alueelta pumpattavan jäteveden määrään ja sadantaan. Lisäksi laadittiin jätevesipumppaamon pinnankorkeuden mittaukseen perustuva ylivuotovirtauksen laskenta. Tilannekuva esitetään karttapohjalla, mikä helpottaa verkoston toiminnan hahmottamista.

Hanke lähti liikkeelle eri järjestelmätoimittajien ja ylivuoto- sekä vesitaselaskentavaihtoehtojen selvittämisellä. Hankkeen aikataulun ja rahoituksen lisäksi Tuusulan Veden omat resurssit ja toiveet asettivat reunaehdot lopullisen toteutustavan valinnalle. Hanke pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti hyödyntäen Tuusulan Veden oman henkilöstön osaamista.

Tilannekuva toteutettiin Fluidit Dataport -järjestelmällä siten, että Tuusulan Veden automaatiojärjestelmästä sekä Kuvesin järjestelmästä siirretään tarvittavaa dataa automaattisesti REST API -rajapintoja hyödyntäen. Fluidit Dataport toimii SaaS-palveluna, ja palvelu sisältää Fluidit Viewer web-käyttöliittymän tilannekuvanäkymien esittämiseen, joten tietoa voi helposti hyödyntää koko vesilaitoksen henkilökunta ilman erillisiä sovelluksia tai ohjelmisto-osaamista.

Ylivuotovirtauksen laskenta toteutettiin jätevesipumppaamoiden kaukovalvontajärjestelmästä saatavalla olemassa olevalla pinnanmittaustiedolla sekä Manningin yhtälöllä. Automaatiojärjestelmästä saatavan pinnanmittaustiedon lisäksi tarvitaan ylivuotoputken korkotiedot, sisäläpimitta ja kaltevuus.

Tilannekuvaratkaisujen hankinta ja erilaiset järjestelmäintegraatiot ovat välttämättömiä digisiirtymän toteuttamiseksi. Vesihuoltoalan henkilöstöllä on harvoin laajaa ICT-kokemusta, joten parantaakseen yleistason tietoutta järjestelmien välisistä tiedonsiirtomahdollisuuksista on raportissa esitelty hyvän rajapinnan tunnusmerkit sekä mitä eroa on vakiomuotoisella rajapinnalla (esim. REST), FTP-tiedonsiirrolla ja tietokantaan (SQL-server) pääsyllä.

Tuusulan Vedellä päädyttiin ratkaisuun, jota henkilöstö pystyy itse muokkaamaan ja rakentamaan tilannekuvanäkymiä. Mikäli vesilaitoksella itsellään ei ole resursseja tilannekuvan rakentamiseen, on toimivinta ostaa järjestelmätoimittajan laatima valmis tilannekuvaratkaisu. Myös tällaisia vaihtoehtoja on esitelty raportissa. Toteutettiin tilannekuvaratkaisu ns. avaimet käteen versiona tai itse rakentaen, on vesilaitoksen henkilökunnan osallistumisella suuri rooli projektin onnistumisessa. Tilannekuvan on oltava käyttäjilleen sopiva ja vastattava kunkin laitoksen tarpeeseen.

## 1. JOHDANTO

Jäteveden matka syntypisteestä jätevedenpuhdistamolle kulkee yleensä viettoviemäreiden, jätevesipumppaamoiden ja paineviemäreiden kautta. Mikäli jätevesi ei päädykään puhdistamolle ja edelleen puhdistettuna vesistöön, on useimmiten syynä ylivuototilanne verkostossa. Jätevesipumppaamon ylivuoto voi olla seurausta esimerkiksi jätevesiverkoston johdettujen hulevesien aiheuttamasta pumppaamon kapasiteetin ylittymisestä, putkirikosta tai laiteviasta. Vesihuoltolaitokset valvovat pumppaamoidensa toimintaa kaukovalvontajärjestelmien avulla. Kehittääkseen toimintaansa ja vastatakseen tiukentuviin viranomaismääräyksiin vesihuoltolaitokset haluavat parantaa tilannetietoisuuttaan jatkuvasti. Tähän haasteeseen on tarttunut myös Tuusulan Vesihuoltoliikelaitos tavoitteenaan luoda reaaliaikainen vesi- ja jätevesiverkon tilannekuva, jonka avulla pystytään tähdentämään verkoston korjaus- ja saneeraustoimia sekä hallitsemaan jätevesien ylivuotoja aiempaa tehokkaammin.

Tuusulan Vesihuoltoliikelaitos (Tuusulan Vesi) on vedenjakelulaitos, joka huolehtii toiminta-alueellaan talousveden jakelusta sekä viemäriverkien johtamisesta. Talousveden Tuusulan Vesi hankkii Keski-Uudenmaan Vesi (Kuvesi) kuntayhtymältä ja viemäriverkien johtamisesta HSY:n Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle huolehtii Keski-Uudenmaan Vesienhuollon liikelaitoskuntayhtymä. Tuusulan kunta on osaomistajana molemmissa yhtymissä. Tuusulan asukasluku on hieman alle 40 000 ja Tuusulan Vedellä on sopimus vajaan 9 000 kiinteistön kanssa.

Tuusulan Vesi johtaa vuosittain yli 3 miljoonaa kuutiota jätevettä puhdistettavaksi Viikinmäen puhdistamolle. Jätevesiviemäriverkostoa on Tuusulassa noin 380 km ja jätevesipumppaamoja noin 70 kpl. Jätevesiviemäreiden vuotovesiprosentti on viime vuosina ollut yli 40 %. Tässä raportissa esitelty hanke on askel kohti Tuusulan Veden tavoitetta saada koko verkoston vesitaselaskenta esitettyä reaaliaikaisesti sekä luoda ennusteita sadetapahtumien vaikutuksesta jätevesiverkoston. Tavoitteena on parantaa ja tehostaa Tuusulan Veden viemäriverkostoa ja pumppaamoiden ylivuotojen hallintaa ja viranomaisraportointia sekä hyödyntää nykyistä olemassa olevaa mittaustietoa aiempaa kokonaisvaltaisemmin verkoston käyttäytymisen ymmärtämiseen.

Hankkeessa hyödynnetään Tuusulan Veden jätevesipumppaamoiden kaukovalvontajärjestelmästä saatavia tietoja, joiden avulla tilannekuvan muodostus sekä ylivuotolaskenta tapahtuu toisen ohjelman tuottamana. Tämän hankkeen puitteissa tehtävä vesitase- ja ylivuotolaskenta on toteutettu kahden pumppaamopiirin alueelle.

Työryhmä

- Tuusulan Vesihuoltoliikelaitos – Hanna Riihinen, Luukas Lähteenmäki
- Sweco Infra & Rail Oy – Jaana Pulkkinen, Pekka Raukola
- Fluidit Oy – Markus Sunela, Mika Kuronen
- KeyPro Oy – Noora Liljanto

## 2. LÄHTÖTILANNE

Projektin lähtötilanteessa Tuusulan Veden 70 jätevesipumppaamosta 50 lähettää automaattitietoa kaukokäyttöjärjestelmään (MISONet, Mipro Oy). Kaukovalvonta antaa jokaiselta pumppaamolalta etänä tietoa. Yksinkertaisimmillaan pieniltä pumppaamoilta saadaan vain tieto pumppujen toimivuudesta. Suurimmilta pumppaamoilta saadaan mm. pinnankorkeus, virtaama, pumpun teho ja vedenjakeluverkon paine. Varsinainen kaukokäyttö onnistuu ns. radiomodeemipumppaamoilta ja näitä voidaan seurata sekä ohjata etänä. Järjestelmä lähettää lisäksi määrättyistä tiedoista päivystäjän puhelimeen tekstiviestin. Kaukokäyttöjärjestelmän raportointi ei palvele nopeaa visuaalista tarkastelua, sillä jokaisen pumppaamon tilannetta kuvaava kaavio on avattava erikseen. Ennakoivan seurannan helpottamiseksi kaukokäyttöjärjestelmään on Tuusulan tietohallinnon toimesta rakennettu automatisointi, joka ottaa jokaisen pumppaamon tilannekaaviosta kuvan ja lähettää ne työnjohtoon sähköpostiin.

31.8.2022

Jätevesipumppaamoiden automaatiojärjestelmä tuottaa minuuttitason dataa, mutta nykyisellä kaukovalvontajärjestelmällä käyttäjä pystyy hyödyntämään sitä ainoastaan tuntitasolla. Automaatiojärjestelmästä saatava data on hyödyntämiskelpoista, mutta kaukovalvontajärjestelmän peruseräraportointimahdollisuudet eivät tue nykyisessä laajuudessa ylivuotolaskentaa. Tuusulan Vesi omistaa automaatiojärjestelmän sisältämän datan, joten datan siirto ja jatkokäsittely toisessa järjestelmässä on mahdollista.

Verkostosta ylivuotona vesistöön päätyvä jätevesimäärä raportoidaan viranomaisille ja sidosryhmille laskennallisena arviona jokaisen ylivuototapahtuman yhteydessä. Laskelma tehdään pumppaamoilla tapahtuvan pinnanmittaustiedon sekä pumppaamokohtaisen kokemuseräisen asiantuntija-arvion avulla. Tuusulassa ylivuodot keskittyvät pääasiassa neljälle pumppaamolle (Rantatie, Pappilantie, Mattila, Rajalinna). Rankkasateet aiheuttavat näissä kohteissa ajoittain ylivuotoa vesistöihin. Ylivuodot tapahtuvat hallitusti pumppaamon etukaivoista, ja ylivuotoputkissa on havaittu rankimmillakin sateilla maltillisia virtaamia, eikä ylivuotovirtaus ole putkissa ollut paineellista. Jokaisen pumppaamon ns. normaalitilanteen ylivuotomäärä on voitu arvioida silmämääräisesti sadetapahtumien yhteydessä. Jos pumppaamolla on suurempi häiriö, jonka seurauksena kaikki viemäriveresi päätyy vesistöön, arvioidaan ylivuotanut vesimäärä vastaavan virtaamatilanteen perusteella.

Jätevesipumppaamoiden viemärintialueet on tallennettu paikkatietomuotoon KeyAqua-verkkotietojärjestelmään ja verkostosta on laadittu Fluidit-järjestelmällä hydraulinen malli, jota käytetään kehittämissuunnittelussa viemäriverkon kapasiteetin arviointiin kunnan antamien asukasmääräennusteiden perusteella. Mallia päivitetään säännöllisesti. Verkostoalueiden online-tasoista seurantaa ei ole käytössä eikä esimerkiksi kaukokäyttöjärjestelmässä ole sellaista karttanäkymää, joka auttaisi kokonaisuuden hahmottamisessa.

Kiinteistöille on asennettu useita tuhansia talousveden kulutusta mittaavia etäluettavia vesimittareita, joiden lukemiin jäteveden laskutuskin perustuu. Tällä hetkellä etäluettavien mittareiden vedenkäyttötietoa hyödynnetään vain laskutuksessa. Mallinnuksessa ja vesitaselaskennassa käytetään vuositilastoja eli laskutusjärjestelmän ns. vuosikulutusarvioita, jotka eivät kerro nykyisestä vedenkäytöstä ja voivat lisäksi olla harhaanjohtavia, sillä osa niistä asiakkaista, joilla ei vielä ole etäluettavaa vesimittaria, ei ilmoita vuosittain vesimittarilukemia.

Taulukossa 1 on esitelty vesitaselaskennan ja tilannekuvan toteuttamiseen tarvittavat tiedot ja järjestelmät, joista tiedot ovat saatavissa.

*Taulukko 1 Tilannekuvaan tarvittavat tiedot Tuusulassa ja niiden lähteet*

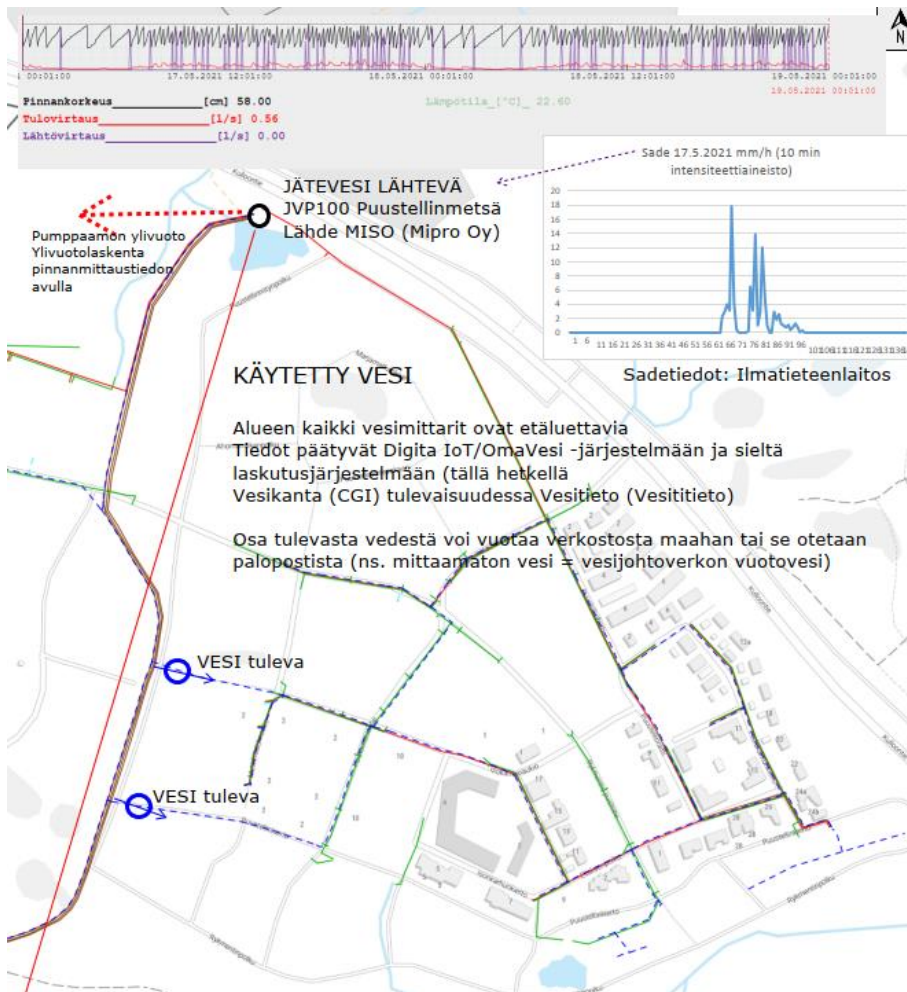
tarvittava tieto	järjestelmä/haltija
jätevesipumppaamoiden pinnanmittaus- ja käyntitiedot	Mipro (MISO)
hankitun talousveden määrä ja virtaama eri puolilla kuntaa	Kuvesi
verkostokartta	KeyPro
vedenkäyttötiedot	Digita, Vesitieto tai KeyPro
säädata	Ilmatieteenlaitos

31.8.2022

### 3. TAVOITE

Tuusulan Veden tavoitteena on luoda verkoston toiminnasta reaaliaikainen tilannekuva, jossa jokaiselta verkostoalueelta saadaan näkyviin online-tietoon, erilaisiin mittauksiin ja laskentaan perustuva vesitase kartalla. Tilannekuvan avulla nähdään vuotovesien määrät, päästään paremmin selville vuotavista verkosto-osuuksista ja tunnistetaan ylivuotoihin johtaneet sadetapahtumat. Tarkoitus on saada näin syntyvällä paremmalla verkostonymmärryksellä kohdennettua saneeraustoimet tarkemmin kriittisiin kohteisiin ja vähentää ylivuotoon menevän veden määrää. Tilannekuvan laadinnan ja jätevesipumppaamokohtaisen vesitaselaskennan lisäksi tavoitteena on automatisoida ylivuototapahtumien raportointia.

Tässä hankkeessa kokonaistavoitteesta toteutetaan kahden verkostoalueen vesitase- sekä ylivuotolaskennan sisältävä tilannekuva ja kaikki ne järjestelmäintegraatiot, joiden toteuttaminen on tämän projektin puitteissa mahdollista. Projektissa selvitetään erilaisia vaihtoehtoja tilannekuvan, vesitaselaskennan ja ylivuotojen hallinnan toteuttamiseksi ja vaihtoehtoista valitaan parhaiten Tuusulan Veden tarpeisiin ja resursseihin sopiva. Ylivuotolaskenta toteutetaan myös muille pinnanmittauksen omaaville jätevesipumppaamoille, ja vesitaselaskennassa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan Ilmatieteenlaitoksen avointa säädätää. Kuvassa 1 on esitetty projektin alkuperäinen hahmotelma tulevasta verkoston tilannekuvasta Puustellinmetsän viemäröintialueelle.



Kuva 1 Hahmotelma yksittäisen verkostoalueen tilannekuvasta.

31.8.2022

## 4. JÄTEVESIPUMPPAAMOIDEN YLIVUOTOJEN HALLINTA JA ENNUSTAMINEN

Vesistöön johdettavien jätevesien ylivuototietojen raportointi on osa vesihuoltolaitosten viranomaisvaatimuksia ja jätevedenpuhdistamoiden ympäristölupavaatimuksia. Jätevedenpuhdistamoilla ns. ohitusvesimäärät yleensä mitataan, mutta jätevesipumppaamoilla ja verkostoissa mittaus on harvinaisempaa.

Vesihuoltolaitokset ovat velvollisia ilmoittamaan ylivuodoista viipymättä viranomaisille ja sidosryhmille ja tietyissä tilanteissa ottamaan näytteitä vesistöistä. Vuositasolla ylivuotomääriä ilmoitetaan Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään Vesihuollon tietojärjestelmään eli Veetiin. Veeti-tilastoissa ei tällä hetkellä huomioida, ovatko ylivuotomäärät arvioituja, laskettuja vai mitattuja. Näin ollen ylivuotomäärien vertailu laitosten välillä on haastavaa. Vesilaitokset eivät myöskään aina ilmoita järjestelmään ylivuotomääriä. Esimerkiksi vuonna 2021 Uudenmaan, Hämeen, Ahvenanmaan ja Varsinais-Suomen yli tuhannesta vesilaitoksesta ylivuotomäärät järjestelmään raportoi vain 59 laitosta. (Vesihuollon tietojärjestelmä VEETI, 2021)

Suomen Vesilaitosyhdistys ry ylläpitää Venla-tunnuslukujärjestelmää jäsenilleen vesihuoltolaitosten vertaisarvioinnin tueksi. Veeti ja Venla sisältävät osittain samoja tietoja. Jos ylivuotomäärien arviointiin olisi yhtenevät toimintatavat, helpottaisi se varmasti ylivuotoraportointia ja laitosten tilanteen vertailua eli benchmarkingia.

Ylivuotojen hallinta lähtee liikkeelle siitä, että tunnistetaan kohteet, joissa ylivuotoja tapahtuu ja selvitetään, paljonko vettä menee ylivuotoon. Tämä edellyttää joko virtausmittausta tai jätevesipumppaamoiden käynti- ja virtaamatietojen tarkastelua ja niistä johdettua sopivan virtaamalaskentatavan valintaa.

Jätevesipumppaamon virtaama voidaan selvittää magneettisuuteen tai ultraääneen perustuvien mittareiden, astiamittauksen tai pumppujen oletettuihin tuottoihin ja käyntiaikoihin perustuvan laskennan avulla. Ympäristöön johdettaviin ylivuotovesimääriin päästään käsiksi monella eri tavalla. Ylivuotoputkeen voidaan asentaa virtausmittari tai -anturi tai ylivuoto voidaan selvittää laskennallisesti pinnanmittauksen avulla. Monilla vesilaitoksilla ylivuotomäärät arvioidaan kokemuseräisesti ylivuodon keston ja ylivuotovirtauksen arvion perusteella.

Pelkkä ylivuotojen havainnointi ja raportointi ei edistä verkoston hallintaa ja tiedolla johtamista. Vesilaitoksilla osataan usein kohdentaa verkoston saneeraus oikeisiin kohteisiin ilman tieteellisiä selvityksiä, mutta budjettiesitysten tekijöille esimerkiksi ylivuotojen syysuraussuhteen esittäminen antaa uskottavuutta. Määrärahoja voi olla helpompi saada, jos perustelun tukena on tietoa verkoston toiminnasta. Viemärintialueiden vesitaselaskennalla, sadetietojen ja vesimäärien pitkäaikaisella seurannalla saadaan tietoa verkoston käyttäytymisestä ja ylivuotojen syistä. Pelkästään sateen rankkuus tai määrä ei suoraan korreloi ylivuotomääriin. Paremmilla raportointityökaluilla voidaan tehdä jälkiseurantaa ja osoittaa päättäjille, että rahoille on saatu vastinetta.

### 4.1 Jätevesipumppaamoiden astiamittaus sekä ylivuotolaskenta

Varsinaisen virtausmittaroinnin lisäksi jätevesipumppaamoiden virtaamia lasketaan usein astiamittauksen avulla, eli vertaamalla jätevesipumppaamon säiliön tilavuuden muutosta kuluneeseen aikaan. Jotta astiamittaus on luotettavaa, tulee pumppujen käynnistys- ja pysäytysrajojen olla viettoviemäriin (tuloviemäriin) alapuolella siten, ettei jätevesi ala padottua tuloviemäriin ja näin väärin laskentaa. Mikäli pumppaamon vesitila ei ole säännönmukainen, niin laskennassa voidaan ottaa huomioon tilavuuden muutokset esim. metreittäin. Myös pumppujen viemä tilavuus voidaan halutessa vähentää. Astiamittaus on luotettava mittaustapa sellaisilla pumppaamoilla, joilla tulovirtaama pysyy vakiona, eli pinnannousu on täyttymisajanjaksolla lineaarista. Mikäli tulovirtaama ei ole lineaarista, voidaan virtaama laskea pumppujen tuoton (L/s tai m<sup>3</sup>/h) ja käyntiaikojen avulla. Astiamittauksella ja pumppujen tuottoon perustuvalla laskennalla voidaan päästä hyvin lähelle virtausmittarin tarkkuutta, kun säiliöiden tilavuudet, käynnistys- ja pysäytysrajat sekä pumppujen käyntiajat ja tuotot ovat hyvin tiedossa. (Suonperä, 2022)

31.8.2022

Pumppaamon ylivuotovirtaus voidaan laskea pumppaamon imusäiliön pinnanmittauksen avulla, kun tiedetään ylivuotoputken sisähalkaisija, ylivuotoputken vesijuoksun korkeusasema ja ylivuotoputken kaltevuus. Manningin yhtälön avulla lasketaan, paljonko vettä menee ylivuotoon.

*Kaava 1 Manningin yhtälö*

$$Q = \frac{A}{n} * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}$$

Q = ylivuotovirtaus m<sup>3</sup>/s

A = putkessa olevan veden poikkipinta-ala

R = putken hydraulinen säde, joka voidaan laskea

$$R = \frac{A}{p}$$

p = märkäpiiri

n = karkeus (Manningin luku, joka esimerkiksi huonoille muoviputkille on 0,01)

S = ylivuotoputken kaltevuus, joka voidaan laskea

$$S = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

H<sub>2</sub> = ylivuotoputken korkotieto purkupisteessä

H<sub>1</sub> = ylivuotoputken korkotieto lähtöpisteessä

L = ylivuotoputken pituus

#### 4.2 Ylivuotojen mekaaninen mittaus

Ylivuotoon menevän jäteveden määrää voidaan tarkkailla mittareiden avulla esimerkiksi hyödyntämällä IoT-laitteita pinnankorkeuden tarkkailussa tai kriittisissä kohteissa jopa asentamalla magneettinen virtausmittari ylivuotoputkeen. IoT-laitteet ovat järkevä ratkaisu sellaisissa kohteissa, joissa ei voida käyttää sähköä. Ylivuotojen hallintaan sopivia ovat esimerkiksi pinnankorkeusanturit, joiden dataa voidaan lähettää IoT-verkossa (esim. LoRa tai NB-IoT). IoT-laitteet ovat kustannustehokkaita vaihtoehtoja. (Passila, 2022; Räsänen, 2022)

## 5. VESITASE

Vesitaseella tarkoitetaan tulevien, lähtevien ja varastoituvien vesimäärien esitystä kirjanpidon kaltaisessa muodossa (Tieteen termipankki, 2022). Vesihuoltolaitosten arjessa tämä tarkoittaa alueelle johdetun talousveden ja alueelta pumpatun jätevesimäärän vertaamista toisiinsa. Jo näiden kahden tiedon yhdistäminen antaa ymmärryksen verkostoalueen vuotovesien määrästä paremmin kuin vuositasen vuotovesiprosentti.

Talousvedestä suurin osa käytetään verkostoon liittyneissä kiinteistöissä, mutta osa talousvedestä jää laskuttamatta ja on verkoston vuotovettä (paineellinen verkosto vuotaa ulospäin). Jätevesiverkostossa virtaavasta vedestä suurin osa on kiinteistöiltä tulevaa jätevettä, mutta seassa on myös jätevesiverkoston kuulumattomia hulevesiä, eli sade- ja salaojavesiä sekä joissain tapauksissa myös pohjavettä. Jätevesiverkoston johdetut sadevedet päätyvät suoraan sadetapahtuman aikana jätevesiverkoston, eli vaikuttavat jätevesipumppaamoon virtaamaan nopeasti. Jätevesiverkoston johdetut salaojat taas vaikuttavat virtaamaan hitaammin. Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaistettu kaavio verkoston vesitaseen muodostumisesta.



31.8.2022



Kuva 2 Yksinkertaistettu kaavio verkoston vesitaseen muodostumisesta

Vesitase voidaan rakentaa esitettäväksi monessa eri järjestelmässä. Valittiin käytettäväksi järjestelmäksi mikä tahansa, on tärkeää, että esitettävä tieto on oikeaa ja että käyttäjät pääsevät tarvitsemiinsa tietoihin helposti käsiksi. Oleellisimpien tietojen tulisi olla nähtävissä yhdellä vilkaisulla. Aina kun päädytään ratkaisuun, jossa yhdessä järjestelmässä syntyvää tietoa hyödynnetään jossain toisessa järjestelmässä, ovat rajapinnat suuressa roolissa. Tiedon täytyy kulkea tietoturvallisesti ja kustannustehokkaasti järjestelmästä toiseen.

Yleinen tilanne vesilaitoksilla on se, että jäteveden viemäröintialueet ja vedenjakelualueet eivät ole samoja, joten vesitasetta ei voida suoraan laskea olemassa olevasta tiedosta. Vanhoissa verkoston osissa ei myöskään ole tarjolla mitattua tietoa tarpeeksi tiheästi. Karkean vesitaselaskennan voi tehdä paikkatietomuotoisesta vedenkäyttötiedosta (vesilaskutus) niille jäteveden viemäröintialueille, joista mittausta tehdään (pumppaamo tai virtausmittaus). Uusilla alueilla mittauspisteet suunnitellaan yleensä niin, että viemäröintialueelle johdettava vesi mitataan, jolloin aluekohtainen vesitase saadaan suoraan mittausiedoista ajantasaisena.

## 6. TILANNEKUVAVAIHTOEHDOT

Tilannekuvan esittämiseen on useita erilaisia ratkaisuja. Vesilaitos voi hankkia valmiin kokonaisuuden, jossa palvelun toimittaja vastaa datan käsittelystä ja tilannekuvan laatimisesta. Vaihtoehtoisesti laitos voi käsitellä dataa itse ja rakennella tilannekuvan itse. Valinta kannattaa pohjata vesilaitoksen resursseihin eikä yhtä oikeaa ratkaisua ole olemassa. Tilannekuvaa esittävän järjestelmän käyttöönotto vaatii kuitenkin aina onnistuakseen laitoksen henkilökunnan paneutumista, sillä jokaisen laitoksen verkosto ja järjestelmät ovat erilaisia, joten ratkaisu on aina joissain määrin laitoskohtainen. Järjestelmän, oli se sitten valmis kokonaisuus tai itse muovailtu, on ensisijaisesti palveltava käyttäjiään, mikä myös korostaa henkilöstön osallistamisen merkitystä.

### 6.1 Järjestelmätoimittajien valmiita tilannekuvaratkaisuja

Tuusulan Vedellä on käytössään verkkotietojärjestelmä KeyAqua, joten oli luontevaa selvittää, millaisen ratkaisun verkkotietojärjestelmä tarjoaisi. KeyAquaan voidaan tuoda rajapintojen kautta dataa muista järjestelmistä, esimerkiksi online dataa IoT-antureilta tai automaatiojärjestelmistä sekä tiettyjä tunnuslukuja muista tilannekuvajärjestelmistä. KeyAquaasta on mahdollista myös siirtää tietoa ulospäin. Rajapinnaksi tiedonsiirtoon KeyPro suosittelee käytettäväksi Rest APlaa mm. tietoturvallisuuden takia. KeyAquaassa erilaisista datalähteistä tuotu data käsitellään ensin yhteneväiseen muotoon ja tallennetaan mittaus-tietokantaan, josta data on jälleen luettavissa rajapinnan kautta. Järjestelmästä löytyy työkaluja tietojen yhdistelemiseen, visualisointiin ja analysointiin sekä vesitaselaskennan toteuttamiseen. Myös erilaisten hälytysten visualisointi on mahdollista. Yleensä tiedonsiirtosykli on kerran yössä,



31.8.2022

mutta hälytystiedoissa käytetään tavallisesti push-tiedonsiirtoa, eli lähetävä järjestelmä välittää tiedon KeyAquaan heti hälytyksen tapahtuessa. KeyAqua mahdollistaa pistemäisen, putkikohtaisen ja alueellisen visualisoinnin. Vesitaselaskenta-työkalulla vuotavuuden hahmottaminen ja alueiden vertailu helpottuu. KeyAquaan tuotua tietoa voidaan hyödyntää edelleen esimerkiksi työhohjauksessa, saneeraussuunnittelussa ja asiakastiedottamisessa. (Liljanto, 2022)

Valmiista tilannekuvaratkaisuista tutustuttiin myös automaatio- ja kaukovalvontajärjestelmistään tunnetun Liningin AquaVisioon. AquaVisio on käytettävästä SCADAsta, eli valvomo-ohjelmistosta, riippumaton modulaarinen ratkaisu, jossa on käytössä FRIENDS-integraatioalusta. AquaVisioon on mahdollista tuoda KeyAquan tapaan tietoa niin automaatiojärjestelmistä kuin IoT-mittareistakin. Käyttöliittymänä on kartta, joten verkostokartta ja pumppaamoalueet on mahdollista esittää AquaVisiossa. Data tallennetaan Liningin kahdennetuille Suomessa sijaitseville palvelimille. AquaVision tavoitteena on hyödyntää automaatiojärjestelmästä saatavaa dataa vesitaselaskentaan, veden kulutuksen ennustamiseen, viemäriverkoston kapasiteetin tarkasteluun sekä jätevesipumppaamoiden piilevien vikojen ja puhdistamon tulovirtaaman mallinnukseen. Ennusteissa käytetään oppivaa algoritmia. Ylivuotojen hallinnan apuvälineiksi on tarjolla pumppaamoiden ketjutusmahdollisuus, jossa ylivuotopaikka määritetään pumppaamoiden toimintaa säätämällä. Lisäksi on mahdollista liittää fyysisiä ylivuodon seurantamittareita joko suoraan pumppaamoautomaatioon tai IoT-verkon kautta AquaVisioon. Asiakas pystyy itse määrittämään, mitä tilannekuvan etusivulla esitetään sekä asettamaan hälytysrajoja ja ohjaamaan hälytysten lähettämisen tiettyihin numeroihin. AquaVision kerrottiin olevan ketterä ja otettavissa nopeasti käyttöön. (Auvinen, 2022)

## 6.2 Fluidit Dataport

Yhtenä mahdollisena tilannekuvaratkaisuna pohdittiin vesihuollon mallinnusohjelmistaan kuuluisan Fluiditin Dataport -järjestelmän hyödyntämistä. Fluidit Dataport toimii SaaS-palveluna, joka tarjoaa internetin yli kommunikoidun ohjelmointirajapinnan (API REST). Näin palvelimelle ei tarvitse avata uusia yhteyksiä vain käyttääkseen tietoja. Dataporttiin on mahdollista tuoda dataa monista eri lähteistä, esimerkiksi automaatio- ja asiakastietojärjestelmistä sekä mm. laboratoriotuloksia ja sääasemien tietoja, mikä mahdollistaa jopa ylivuototilanteiden vesistöön aiheuttaman kuormituksen laskemisen. Dataportissa on mahdollista näkymien ja analyysien rakentaminen sekä muokkaaminen. Lisäksi siinä on tulosten tarkastelemiseen web-käyttöliittymä, jonka kautta tilannekuva on nähtävissä visuaalisesti, mutta sitä ei pääse muokkaamaan. Tietoturva on huolehdittu siten, että jokaisen asiakasinstanssin palvelut pyörivät omissa sijainneissaan palvelimella ja frontend-näkymän www-palvelimessa on lisäksi käytössä tiukka sovelluspalomuri sekä fail2ban tunkeutumisenesto-ohjelmistokehys. Dataportin tiedot ovat ketterästi yhdistettävissä Fluidit Sewer -malliin jatkokäsiteltäviksi. (Sunela, Ylivuotolaskenta, 2022)

## 7. JÄRJESTELMIEN VÄLISET RAJAPINNAT

Dataa voidaan siirtää järjestelmien välillä monella tapaa. Kun uusi rajapinta otetaan käyttöön, menee yleensä vuosi tai kaksi kunnes kaikki data on täysin hyödynnettävissä. Teknisesti rajapinnan avaus on helppo toteuttaa, usein vaikeutena on hahmottaa, miten rajapinnan kautta saatavaa dataa on tarkoitus hyödyntää. Integraatioita tehtäessä on muistettava verkkojen segmentoinnin tärkeys: esimerkiksi prosessiverkko on erillään vesilaitoksen omasta verkosta, joka taas on erillään kunnan verkosta ja internetistä. On myös huomioitava, että aina kun avataan yhteyksiä, johonkin järjestelmään saadakseen sieltä tietoja ulos, on se samalla myös väylä päästä järjestelmään sisälle. Tästä syystä rajapintoja suunniteltaessa on syytä tehdä yhteistyötä laitoksen ICT-palveluiden toimittajan kanssa (usein kunnan/kaupungin ICT). Esimerkiksi automaatiojärjestelmän toimittaja yksin ei ole oikea taho vastaamaan rajapintaratkaisuista, mukaan tarvitaan myös ICT-toimija.

### 7.1 Mistä tunnistaa hyvän rajapinnan

Hyvän rajapinnan tunnusmerkki on, että se perustuu jollain tavalla standardeihin, eli yleisesti käytössä oleviin ratkaisuihin, esimerkkinä REST (Representational state transfer). Rajapinta vaatii aktiivista ylläpitoa, mikä puoltaa

31.8.2022

laajassa käytössä olevien teknologioiden käyttöä. Hyvä rajapinta on sellainen, jossa liikutaan aina salatun http-yhteyden yli. Rajapinta pitää olla hyvin dokumentoitu, eli ohjelmointikielestä riippumatta on oltava selkeästi ilmaistu, miten rajapintaa voi hyödyntää. Laadukas API-kuvaus sisältää tiedot siitä, mitä tietoa rajapinnan kautta on haettavissa ja missä yksikössä sekä millaista tietoa rajapinta ottaa vastaan. Yleisin virhe on tehdä tapauskohtainen rajapinta, joka on sekä kallis että turvaton. Rajapintaa luodessa pitäisi lähteä liikkeelle kokonaisuudesta, eli ottaa käyttöön sellainen rajapinta, joka mahdollistaa kaiken järjestelmän sisältämän tiedon hakemisen. Hakijan on määriteltävä, mitä eksaktia tietoa se tästä kokonaisuudesta haluaa. Arkipäivän esimerkki on tavarantoimituksen tilaus nettikaupasta. Nettikaupassa on laaja valikoima erilaisia tuotteita, joista tilaaja valitsee tarvitsemansa tuotteen. Tämä vastaa hyvän rajapinnan toimintaa: kaikki tarjolla oleva on saatavilla, mutta vain haluttu tieto lähetetään. Huono rajapinta on taas vastaavan arkiesimerkin mukaan sellainen, josta tilaajalle lähetetään koko nettikaupan varasto eikä juuri sitä tuotetta, jota tilaaja tarvitsee.

Hyvän rajapinnan välittämä tieto on paitsi koneluettavaa, myös ihmisen tulkittavissa. Kun ihminen lataa rajapintaan lähetetystä kutsusta vastaanotetun tuloksen, on siitä oltava hahmotettavissa konkreettisesti, mitä viestissä lukee. Lokitiedot ovat oleellinen osa hyvää rajapintaa. Lokitiedot sisältävät tiedon siitä, mitä on haettu, millaisilla kutsuilla ja miten paljon. Näin on helpompi päästä jäljille ennemmin tai myöhemmin järjestelmään kohdistuvasta tietoturvahyökkäyksestä. Tietoturvallisuutta parantaa käyttöoikeuksien hallinta, jonka avulla voi tehdä rajauksia, mitä tietoja kukin käyttäjä saa hakea. Henkilökohtaiset käyttäjätunnukset sekä salasanat ovat olennainen osa tietoturvaa. Käyttäjakohtaiset (henkilöiden lisäksi järjestelmätkin voivat olla käyttäjiä) tunnukset mahdollistavat toiminnan seuraamisen sekä tunnusten kuolettamisen tarvittaessa.

Hyvä rajapinta on aina testattu ja se toimii, kuten on luvattu. Toimintaa vahtimaan on hyvä olla asennettu WatchDog, joka nimensä mukaisesti vahtii, että rajapinta on toiminnassa sekä vastaa kutsuihin. Sopimukset ovat tärkeitä myös rajapintojen rakentamisessa ja ylläpidossa. Sopimuksessa tulee olla määriteltynä ainakin palvelutaso: rajapinta pidetään käynnissä, toimivina ja korjataan sovitussa ajassa. On oltava myös selvillä, kuka vastaa esimerkiksi työntekijöiden vaihtuessa tunnusten sulkemisesta ym. käytännön asioista. Sopimusasioissa kannattaa pyytää apua esimerkiksi kunnan ICT-palveluiden tuottajalta.

Rajapinnan käyttö on prosessi, joka etenee tarpeen tunnistamisesta suunnitteluun, toteutukseen, testaukseen, käyttöönottoon, ylläpitoon ja ajan myötä myös sulkuvaiheeseen (Kuva 3). Ylläpitoon tulee sisältyä valvonta ja vaadittavien muutosten sekä päivitysten tekeminen. Rajapinnan poistuessa käytöstä on äärimmäisen tärkeää tietää, ketkä kaikki rajapintaa käyttäjä ja missä. Käyttäjille on tarjottava korvaava rajapinta tilalle. Korvaavan rajapinnan ei tarvitse olla samanlainen kuin edellinen, mutta senkin pitää olla huolellisesti dokumentoitu ja testattu, jotta se voidaan ottaa ketterästi käyttöön.



Kuva 3 Rajapinnan käyttö on prosessi, joka koostuu tarpeen tunnistamisesta, suunnittelusta, toteutuksesta, testauksesta, käyttöönotosta, ylläpidosta ja sulkemisesta

31.8.2022

Elinkaaren, käytettävyyden ja turvallisuuden kannalta on tärkeää erottaa, minkälainen lähdejärjestelmä on, mitä se tekee ja mikä on sen sisäinen rakenne. Rajapinnasta voidaan kysyä se tieto, joka halutaan saada. Samaan aikaan järjestelmää voidaan kehittää ilman, että datan saanti vaikeutuu. Rajapinta toimii ikään kuin suodattimena, jonka ei tarvitse olla fyysisesti samassa paikassa kuin lähdejärjestelmä. Tietolähteen ja rajapinnan väliin pystytään tekemään tietoturvarakenteita, joiden läpi on vaikea päästä lähdejärjestelmään käsiksi. Tämä mahdollistaa vastuiden ja rakenteiden erottelun. On myös käyttäjän kannalta helpompi operoida vakiomuotoisen ja koneluettavan rajapinnan kautta, kun ei tarvitse välittää lähdejärjestelmässä tehtävistä kehitystöistä, konfiguroinneista tai rakenteiden muutoksista vaan käytössä olevan rajapinnan asetuksilla reagoidaan muualla tapahtuviin muutokseen. Tietoa tarvitsevan ei tarvitse tietää, miten data rajapinnalle saadaan (miten data muodostetaan) eikä tiedon tuottajan tarvitse tietää, millä tavalla tietoa tarvitseva käsittelee sitä rajapinnan toisella puolella.

Avainasioita rajapinnan toiminnassa on pääsy rajapintaan. Esimerkiksi kehittäjän tulee päästä omalta tietokoneeltaan VPN-yhteyksiä käyttäen rajapintaan. Hyvä rajapinta ei rikkoudu, kun järjestelmiä kehitetään. Käyttäjät on auktorisoitava, eli oltava todennettavissa ja lokitiedot seurattavissa. Hyvä rajapinta vastaa kysymykseen, mitä tietoa rajapinnasta löytyy ja omaa kuvaukset, mitä nämä tiedot tarkoittavat. Hyvässä rajapinnassa on listaus kaikista automaatiopositioiden, käyttöpaikkojen, putkista tai tileistä. Ideaalitulanteessa listauksessa on lisäksi metadatan, eli kuvailutietoja. Metadatan ovat esimerkiksi automaatiopositionumero XX ja tarkenne "tämä on pumppaamon Y pinnanmittaus yksikkönä metri" tai "venttiilin XYZ-koordinaatit, koko, tilatieto (auki/kiinni)". Rajapinnasta pitää pystyä hakemaan jollekin positiolle data tietyltä aikaväliltä. Rajapinnan kautta tulisi mielellään saada raakadataa. Esimerkiksi verkkotietojärjestelmästä tulisi rajapinnan kautta saada minimissään putket, niiden koordinaatit, materiaalit ja sijainnit sekä käyttöpaikkojen ja venttiilien sijainnit. Rajapinnan tietojen on oltava luettavissa ja joissain tapauksissa rajapinnan kautta tulee olla mahdollista myös kirjoittaa. Jos rajapinnan kautta on mahdollista tehdä muutoksia, on ehdottomasti oltava henkilökohtaiset käyttöoikeudet ja selkeä rajaus, mitä kukakin käyttäjä voi tehdä.

## 7.2 FTP tiedonsiirto ja pääsy SQL-serverille

Haluttaessa saada yhdisteltyä eri järjestelmistä saatavia tietoja, voi järjestelmätoimittajat tarjota tiedonsiirtotavaksi FTP (File Transfer Protocol) tiedonsiirtomenetelmää. FTP ei siis ole rajapinta vaan protokolla, joka mahdollistaa tiedostojen siirron paikasta toiseen. FTP:n käyttöön liittyy tietoturvariski, sillä aina, kun avataan yhteys, jotta saadaan siirrettyä tietoa johonkin suuntaan, avaus mahdollistaa pääsyn myös vastakkaiseen suuntaan. FTP tiedonsiirtoa käyttävän on ymmärrettävä hyvin lähdejärjestelmän toimintaa. Tämä johtaa siihen, että jos lähdejärjestelmässä muutetaan jotain esimerkiksi kehitystyön seurauksena, niin tiedonsiirto romuttuu. FTP vaatii aina paljon konfigurointia toimiakseen, mikä lisää virheen mahdollisuuksia. Virheet taas lisäävät tietoturvariskiä. XML-formaatin käyttö on askel toimivampaan ja tietoturvalisempaan suuntaan. Ad hoc-ratkaisussa (hajautettu tarvepohjainen verkko) tiedostot tallennetaan sovittuun sijaintiin, josta ne voidaan käydä hakemassa. Tämä voi olla hyvä ratkaisu joissain tilanteissa, mutta se ei ole kestävä eikä sille voida antaa paljon käyttäjiä. Tämän tiedonsiirtotavan esimerkiksi sopii aiemmin esitetty nettikauppa, joka lähettää tilaajalle kaikki mahdolliset tuotteet eikä vain sitä, jonka tilaaja haluaa.

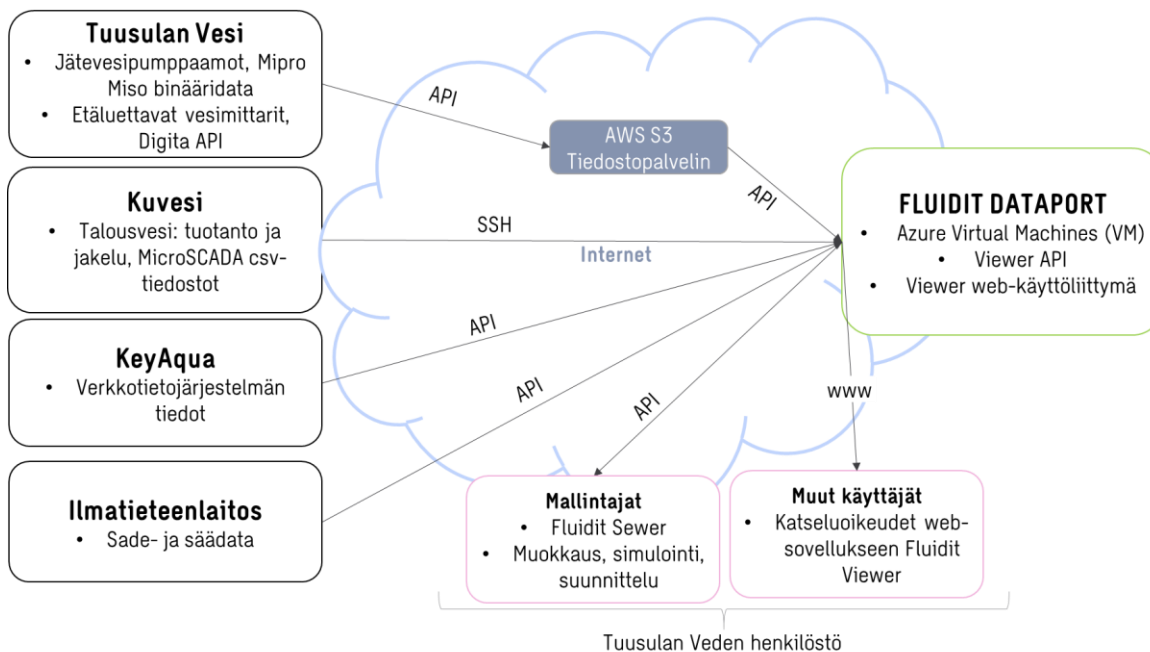
Yksi tapa saada data liikkeelle on avata pääsy suoraan tietokantaan, josta ohjelmisto voi lukea dataa. Mikäli käytössä on jokin yleisesti käytössä oleva tietokanta (esim. Microsoftin SQL-server), niin ajuri on saatavilla useilla eri kielillä ja tietokannat ovat melko helppolukuisia ja kuvailevia. Näissä on mahdollista tehdä käyttäjätunnukset, joilla on esimerkiksi oikeus päästä tiettyihin tietoihin ja lukea dataa, muttei käsitellä sitä. Mutta näissäkin murheena on, että jos lähdejärjestelmässä tehdään muutoksia tai kehitystyötä, niin tietokannan rakenne tulee varmasti jollain tapaa muuttumaan ja tiedonsiirto hajoamaan. Tämäkin datan saantitapa vaatii myös reitin avaamisen palvelimelle, mikä muodostaa tietoturvariskin.

## 8. FLUIDIT DATAPORT, TOTEUTETUT INTEGRAATIOT JA YLIVUOTOLASKENTA

Ensimmäinen suunnitelma oli esittää ylivuotolaskenta kaukovalvontajärjestelmässä, siirtää vedenkäyttötiedot laskutusjärjestelmästä ja tehdä lopullinen vesitaselaskenta verkkotietojärjestelmään. Tarjousneuvottelujen aikana suunnitelma muuttui, koska toteutuksesta haluttiin mahdollisimman ketterä ja henkilöstölle paljon muokkausmahdollisuuksia. Tuusulan Vedellä on mielenkiintoa ja resursseja muokata tilannekuvaa oman henkilöstön voimin, joten päädyttiin Fluidit Oy:n Dataport -järjestelmään, jossa hyödynnetään Tuusulan Veden jätevesipumppaamoiden automaatiojärjestelmästä saatavaa binääridataa, Kuvesin .csv-muotoista talousvesidataa ja verkkotietojärjestelmän verkosto- ja vedenkäyttötietoja. Fluidit Oy valikoitui kumppaniksi vesihuollon substanssiosaamisen ja kustannustehokkuuden takia, sillä verkostotuntemus on tällaisessa työssä erittäin tärkeässä roolissa.

Fluidit Dataport toimii SaaS-palveluna, joka tarjoaa internetin yli kommunikoidun ohjelmointirajapinnan (API REST). Näin palvelimelle ei tarvitse avata uusia yhteyksiä vain käyttääkseen tietoja. Fluidit Dataportissa pystyy rakentamaan sekä näkymiä että analyysejä ja lisäksi palvelu sisältää web-käyttöliittymän tulosten esittämiseen (Fluidit Viewer). Tietoturva on huolehdittu siten, että tiedot sijaitsevat vaadituilta osin Tuusulan ja Kuvesin omilla palvelimilla sekä Euroopassa sijaitsevilla kryptatuilla levyillä ja palvelimilla, joihin pääsee vain nimetyt Fluiditilla työskentelevät henkilöt salattujen yhteyksien kautta. Palvelimella jokaisen asiakasinstanssin palvelut pyörivät omissa sijainneissaan ja frontend-näkymän www-palvelimessa on lisäksi käytössä tiukka sovelluspalomuuuri sekä fail2ban tunkeutumisenesto-ohjelmistokehys.

Tilannekuvaa varten tarvittava data siirretään avoimia rajapintoja käyttäen tiedostopalvelimen kautta Fluidit Dataporttiin (Kuva 4). Tuusulan tietohallinto hoitaa automaatiojärjestelmän tietojen automaattisen siirron synkronoinnin ja Fluidit Kuvesin tietojen siirron. Verkkotietojärjestelmän rajapinnasta vastaa KeyPro Oy. Säädata haetaan Ilmatieteenlaitoksen maksuttoman avoimen rajapinnan kautta. Ilmatieteenlaitoksen avoimeen dataan pääsee käsiksi lisenssin avulla, josta lisätietoja saa Ilmatieteenlaitoksen sivuilta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-lisenssi>.



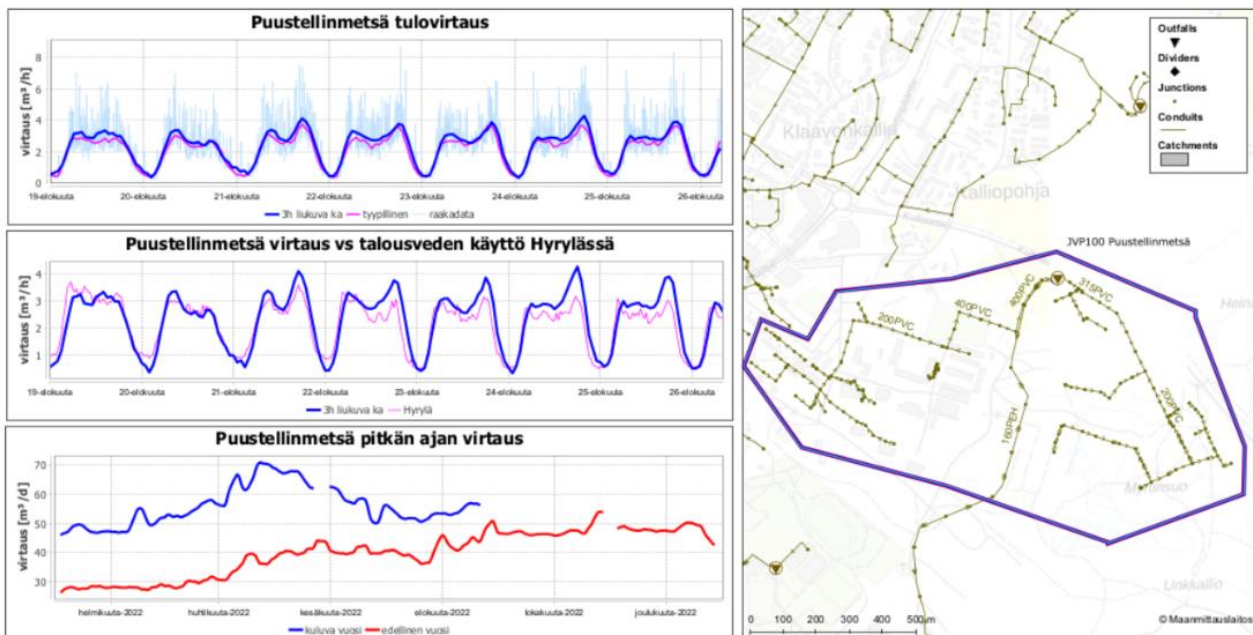
Kuva 4 Toteutetut integraatiot

31.8.2022

Tuusulan Veden etäluettavat vesimittarit toimivat Digitan hallinnoimassa LoRawan-verkossa. Digita käsittelee vesimittareiden dataa mittarinumeroon ja devEUI- eli verkkotunnukseen perustuen, joten heiltä saatava data ei sisällä mittarin sijaintitunnistetta eikä näin ollen ole suoraan yhdistettävissä Tuusulan Veden tavoittelemaan paikkatietomuotoiseen tilannekuvaan. Koska etäluettavilta vesimittareilta saatava data on oleellista vesitaselaskennan kannalta, tarkasteltiin mahdollisuutta siirtää etäluettavien vesimittareiden dataa asiakastietojärjestelmä Vesitiedon kautta. Vesitiedolta pyydettiin vesimittaritietoja pumppaamopiireittäin, jolloin yksittäisen kuluttajan tietojen sijaan siirrettäisiin koko pumppaamon valuma-alueen summatiedot. Vesitiedossa ei kuitenkaan ollut valmiina tällaista rajapintaa ja mm. vastuu- ja tietosuojasyistä johtuen heillä ei ainakaan toistaiseksi ole sellaista suunnitelmissa rakentaa. Vesitiedosta tieto siirtyi kerran vuorokaudessa verkkotietojärjestelmä KeyAquaan, joten lopulta vedenkäyttötiedot vuositason paikkatietomuodossa saatiin KeyAquaan rakennetun rajapinnan kautta, josta myös verkostotiedot saadaan siirrettyä tilannekuvan taustakartaksi. Hankkeen aikana selvitettiin mahdollisuuksia etäluettavien vesimittareiden ajantasaisen tiedon siirtoon, mutta tähän ei ollut kellään palveluntarjoajalla vielä valmiita ratkaisuja, eikä hankkeen aikataulu ja budjetti riittäneet ajantasaisen tiedonsiirron rakentamiseen. KeyAquaan rakennettiin kuitenkin jo valmiiksi rajapinta Digitan järjestelmään, jotta etäluettavien mittareiden tiedot saadaan hyödynnettyä paremmin tulevaisuudessa myös tilannekuvassa.

### 8.1 Laadittu tilannekuvanäkymä

Fluidit Dataportilla laaditussa tilannekuvassa näkyy karttapohjalla jätevesiverkosto ja -pumppaamoalueet. Puustellinmetsän tilannekuvan pilottinäkymä on esitetty kuvassa 5.

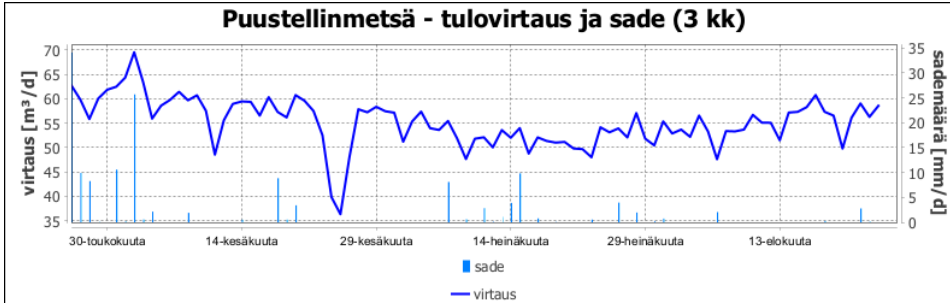


Kuva 5 Laadittu tilannekuvanäkymä Puustellinmetsän valuma-alueelle.

Pumppaamon tulovirtaamaa esittävässä kaaviokuvassa (kuvassa ylempänä) näkyy haalealla automaatiojärjestelmästä saatava jätevesipumppaamon pinnanmittaukseen perustuva tulovirtaus (raakadata). Raakadastasta on laskettu kolmen tunnin liukuva keskiarvo, jota esitetään tummemmalla viivalla ja pumppaamon normaaliin toimintaan perustuva tyyppinen virtaus aniliinilla. Toinen kaavioista esittää Puustellinmetsän pumppaamon virtausta suhteessa Hyrylän alueen talousveden käyttöön. Talousvedenkäyttö koko Hyrylän alueella on saatu Kuvesin järjestelmästä mittaustietona ja se on arvoitu Puustellinmetsän alueelle veden vuosikäytön perusteella, koska reaaliaikaista vedenkäyttötietoa ei tällä hetkellä ole tarjolla. Kolmannessa aikasarjassa alimpana verrataan vuositason virtaustietoa kuluvan ja edellisen vuoden kesken.

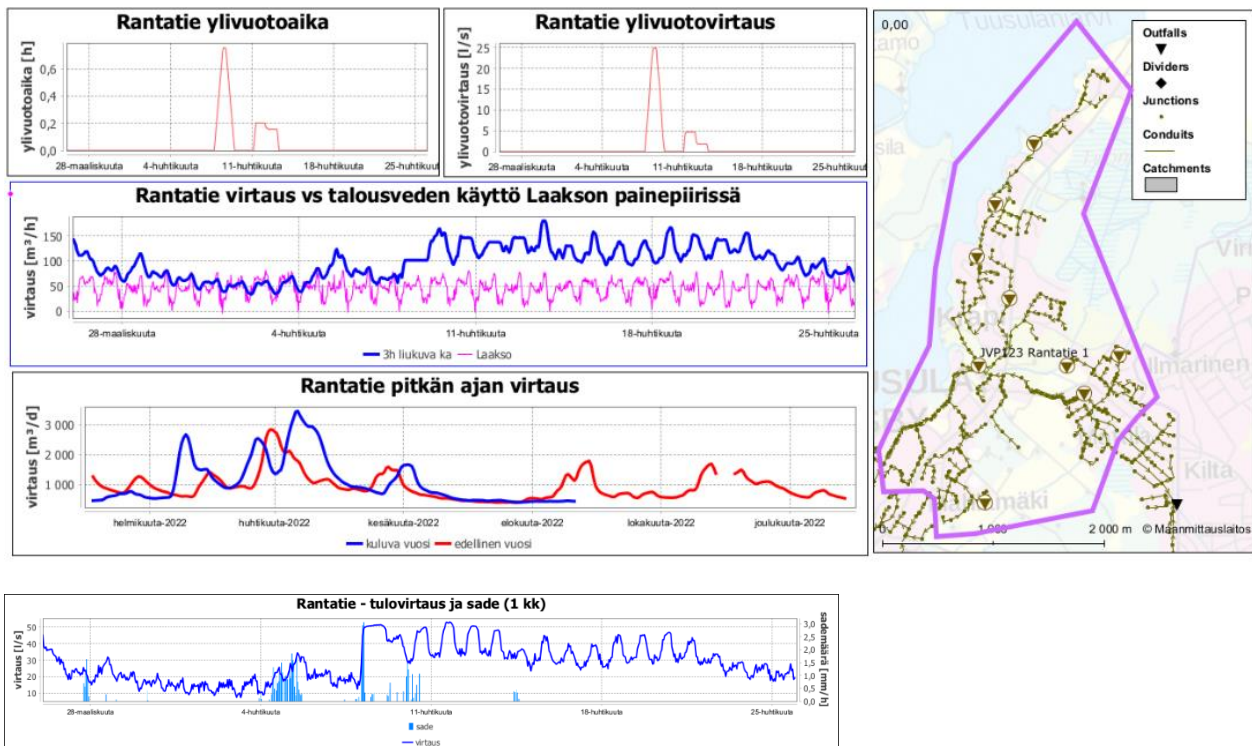
31.8.2022

Sateiden vaikutus jätevesivirtaukseen on uudella vastarakennetulla alueella luonnollisesti pieni. Kuvassa 6 on esitetty pumppaamolle tuleva jätevesivirtaus ja sademäärät kolmen kuukauden ajalta.



Kuva 6 Ilmatieteenlaitoksen säädata yhdistettynä automaatiojärjestelmässä laskettuun virtaustietoon.

Ylivuotoja ei Puustellinmetsän pumppaamolta ole tapahtunut koskaan, joten tilannekuva ja vesitaselaskenta tehtiin myös Rantatien alueella, jossa viemäriverkkoon pääsee kiinteistöiltä runsaasti vuotovesiä. Tuusulan Veden jätevesiviemärit on tutkittu ja saneerattu ja useita jätevesiviemäriin päätyviä sadevesien kuivatusratkaisuja poistettu. Edelleen sateilla jätevesimäärät moninkertaistuvat ja ylivuotoa vesistöön tapahtuu ajoittain. Kuvassa 7 on esitetty tilannekuvanäkymä Rantatien alueelta. Aikasarjat on valittu keväältä 2022, jolloin pumppaamolta tapahtui ylivuotoa vesistöön lumien sulamisen aikaan.



Kuva 7 Laadittu tilannekuvanäkymä Rantatien valuma-alueelle.

Analysoimalla näin saatavaa dataa hahmotetaan esimerkiksi millaiset sadetilanteet johtavat ylivuotoihin ja reaaliaikaisen tilannekuvan sekä ennusteiden avulla pystytään nopeammin reagoimaan yllättäviin ongelmatilanteisiin. Näitä kaikkia tietoja pystytään edelleen hyödyntämään saneerauskohteiden priorisoinnissa.

31.8.2022

## 8.2 Toteutettu ylivuotolaskenta

Ylivuotovirtauksen esimerkkilaskelma Tuusulan Puustellinmetsän jätevedenpumppaamolta on esitetty alla olevassa taulukossa ja kuvaajassa (Taulukko 2, Kuva 8). Manningin yhtälöllä (esitelty sivulla 5) saadaan laskettua ylivuotoputken tietojen ja automaatiojärjestelmän tuottaman pinnanmittaustiedon avulla jokaiselle pumppaamolle ylivuotovirtaus. Tuusulassa on totuttu käsittelemään virtauksia yksikössä l/s, joten Manningin yhtälön tulos on muunnettu litroiksi sekunnissa.

Pilottikohteessa tehtiin yksinkertaistus laskukaavalle ja sovitettiin polynomiyhtälön sijaan pisteille suora, jonka avulla ylivuoto voidaan esittää muodossa

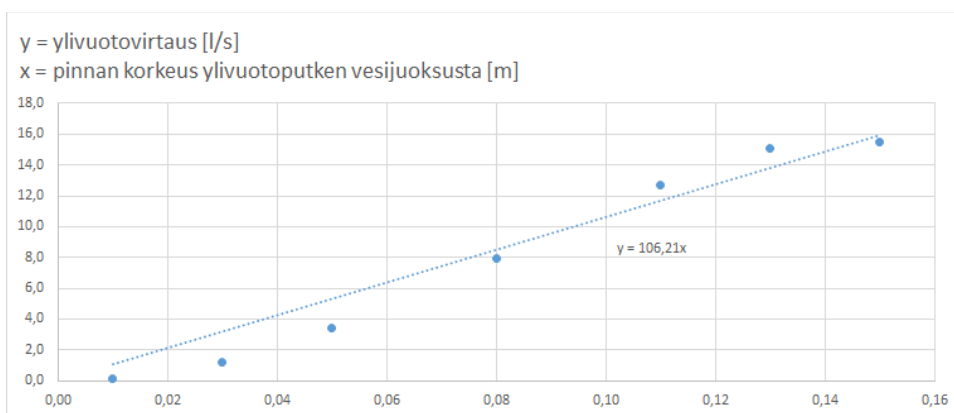
$$y = 106,21x$$

y = ylivuotovirtaus [l/s]

x = ylivuotavan veden pinnankorkeus ylivuotoputken vesijuoksusta [m]

Taulukko 2 Puustellinmetsän jätevesipumppaamon ylivuotoputken tiedot.

Ylivuotoputken tiedot	
Karkeus n	0,013 (huonoille muoviputkille 0,01 ja betoniputkille 0,017, uoma 0,033)
Putken halkaisija	0,153 m
Säde	0,0765 m
Putken pituus L	60 m
Ylivuotoputken lähtökorkeus	45 m
Ylivuotoputken purkukorkeus	44,5 m
Ylivuotoputken kaltevuus	0,00833 m/m



Kuva 8 Puustellinmetsän ylivuotovirtaus laskettuna Manningin yhtälön avulla.

Jokaisella jätevedenpumppaamolla on yleensä yksilöllinen ylivuotoratkaisu, joten jokainen ylivuotokohta on tarkasteltava erikseen. Ylivuotorakenteet voivat olla myös kouruja, kanavia, tulvaportillisia kaivoja ja ylivuoto voi tapahtua myös kaivon kannen kautta. Tässä raportissa esitetyssä laskentatavassa ei ole huomioitu takaisinvirtauksen estäviä ratkaisuja, eikä vastaanottavan vesistön vedenpintaa ja laskenta on tehty pyöreälle putkelle. Tuusulassa ylivuodot tapahtuvat pahimmilla rankkasateillakin niin pienillä virtauksilla, ettei ylivuotoputki koskaan ole täynnä, joten paineellisen putken laskentaa ei ole otettu huomioon. Nämä edellä esitetyt asiat voidaan kaikki huomioida laskennassa, mutta tärkeämpää kuin yksittäisen laskentatuloksen tarkkuus, on se, että ylivuodoista kiinnostutaan, ne raportoidaan avoimesti ja niitä seurataan myös pidemmän aikavälin näkökulmasta, jotta saadaan ymmärrystä tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksista ylivuotovesimääriin.

Pinnanmittaukseen perustuvassa ylivuotolaskennassa on tärkeää, että ylivuototaso on mitattu ja määritetty automaatiojärjestelmään oikein. Jos ylivuotorakenne on ylivuotoputki pumppaamon tulokaivossa, niin ylivuototaso on ylivuotoputken vesijuoksun korkeusasema. Monissa automaatiojärjestelmissä ylivuototaso ilmoitetaan



31.8.2022

korkeusasemana pumppaamon pohjasta. Helposti voi käydä niin, että kun pinnanmittausanturi putsataan, niin sitä ei aseteta täsmälleen samaan tasoon, eikä anturin uutta korkeusasemaa mitata. Tämän jälkeen pinnanmittaustulos on hieman virheellinen, mikä ei välttämättä haittaa pumppaamon ohjausta, mutta vääristää laskentatuloksia merkittävästi.

Lähes kaikki automaatiojärjestelmät tuottavat ylivuotohälytyksen pinnanmittauksen avulla, joten määrittelemällä jokaiselle ylivuotorakenteelle ylivuotovirtauksen yhtälö saadaan laskettua ylivuotovirtauksen keskiarvo ja ylivuotoon virranneen veden määrä (esitetty alla):

$$\text{Ylivuotoon virranneen veden määrä [m}^3\text{]} = \text{ylivuotovirtauksen keskiarvo } Q \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] * \text{ylivuotoaika } t \text{ [s]}$$

Tuusulassa ylivuotolaskuri toteutettiin edellä esitetyllä tavalla niin, että automaatiojärjestelmästä saadaan pinnanmittausdata Fluidit Dataporttiin, jossa on jokaiselle ylivuotokohteelle määritetty ylivuotoyhtälö. Dataportin laskuri laskee ja näyttää aina ylivuotomäärän halutulta ajanjaksolta.

Tällä hetkellä pilotointivaiheessa tieto siirtyy vuorokauden viiveellä Dataporttiin, joten laskurit eivät vielä näytä on-line -tietoa. Seuraava askel raportoitavien ylivuotomäärien tarkentamisessa on kaikkien ylivuotoputkien korkeusasemien mittausta ja laskukaavojen kalibrointi hetkellisten virtausmittausten avulla.

## 9. YHTEENVETO

Jätevesiviemäriverkon ylivuotojen ja yleisesti koko verkoston kokonaishallintaa parantaakseen ns. tilannekuvan avulla on vesihuoltolaitoksilla valittavana useita erilaisia ratkaisuja. Kaukovalvonnassa olevien jätevesipumppaamoiden automaatiotietoja voidaan hyödyntää ylivuoto- sekä vesitaselaskennassa niin, että tietoa siirretään eri sovelluksiin. Automaatiojärjestelmien toimittajat tarjoavat myös kattavasti erilaisia laskentoja ja räätälöityjä tilannekuvia ja raportointeja. Monesti vesilaitoksen kannalta tilanne on se, ettei yhtä helppoa ratkaisua löydy yhdeltä palvelutarjoajalta, vaan rajapintojen muodostaminen on välttämätöntä, jotta reaaliaikainen vesitaselaskenta onnistuu.

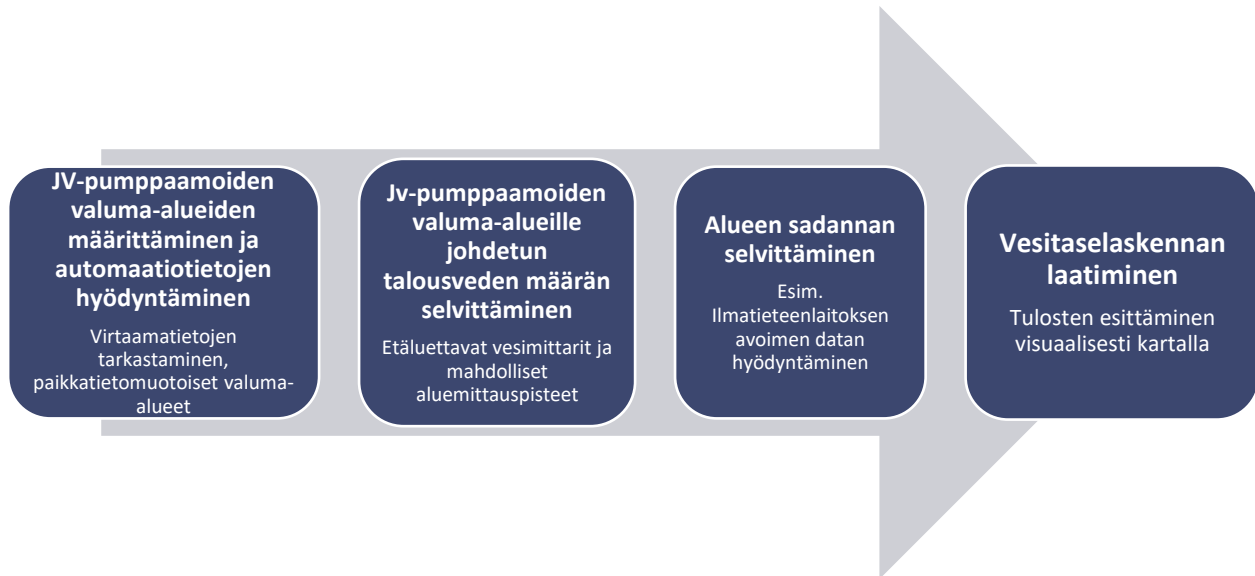
Lähtötiedot, kuten säiliön tilavuus, käynnistys- ja pysäytysrajat sekä pumppujen tuotot ja käyntiajat, muodostavat perustan luotettavalle vesitaselaskennalle (Kuva 9). Mikäli ylivuotomäärät halutaan selvittää laskennallisesti, on oltava selvillä ylivuotoputken halkaisijasta sekä korkotiedoista ja kaltevuudesta. Lähtötietojen on oltava luotettavia, muuten tieto jalostuu virheellisesti ja voi pahimmillaan vääristää päätöksentekoa.



Kuva 9 Ylivuotolaskennan parantamisprosessin vaiheet

31.8.2022

Vesitaselaskennan toteuttaminen edellyttää jätevesipumppaamoiden tietojen lisäksi puhtaan veden virtaama- ja/tai vedenkäyttötietoja. Sadannan huomioiminen parantaa entisestään verkoston toiminnan ymmärtämistä. Vesitaselaskennan laatiminen parantaa huomattavasti kokonaiskäsitystä verkoston toimivuudesta sekä ongelmakohtista (Kuva 10). Vesitaseen avulla voi kohdentaa esimerkiksi verkoston tutkimista sekä edelleen priorisoida saneerausjärjestystä. Aiemminkin on jo korostettu oikean tiedon merkitystä, joten lähtötietojen paikkansapitävyyden vaikutusta vesitaselaskennan luotettavuuteen ei voi vähätellä.



*Kuva 10 Vesitaselaskennan toteuttaminen*

Tilannekuvan laadinnassa oleellista on hahmottaa, mitä tietoa tilannekuvasta halutaan ja kuinka paljon tilannekuvaa halutaan itse työstää. Tavoitteen on oltava selvillä, jotta tilannekuvasta saadaan konkreettista hyötyä. Kun tavoite on selvillä, projektin etenemistä vauhdittaa, kun hahmottaa, mistä järjestelmistä ja mitä tietoja tarvitaan. Etenemistä auttaa myös, jos käytössä olevien järjestelmien rajapintaratkaisut ovat jo tässä vaiheessa tiedossa. Tästä tiedosta hyötyy myös hankintavaiheessa integraatioiden kustannuksia laskettaessa. Askelmerkit tilannekuvan laadintaan on esitetty kuvassa 11.

Yhteistyökumppania valitessa kannattaa pyrkiä avoimeen, helppokäyttöiseen ja ketterään ratkaisuun. Näin kokonaisuuden eri osia pystytään tarvittaessa vaihtamaan ja tilannekuvaratkaisusta jakamaan tietoja myös eteenpäin. Erilaisia vaihtoehtoja on paljon ja palveluntarjoajia on helppo haastatella ja vertailla, kun projektin tavoitteet ja tietolähteiden määrä sekä rajapintakäytännöt ovat selvillä. Laitoksen ICT-palveluiden tuottaja kannattaa pitää ajan tasalla tavoitteista ja kuulla heidän vaatimuksensa esimerkiksi tietoturvallisuuden suhteen. Kun yhteiskumppani on valittu ja projekti käynnistyy, kannattaa ICT-palveluiden tuottaja ottaa mahdollisesti mukaan myös projektialavereihin. Tilannekuvaratkaisuksi kannattaa valita sellainen, jota on mahdollista kehittää käytön myötä. Myös helppokäyttöisyys on tärkeää, sillä tilannekuvan on ensisijaisesti palveltava käyttäjiään.

31.8.2022



Kuva 11 Askelmerkit tilannekuvan hankkimiseen

### 9.1 Tiivistetyt ohjeet järjestelmien välisiin integraatioihin

Jos tavoitteena on saada tieto kulkemaan oikeaa rajapintaa pitkin, ei pidä tyytyä FTP-tiedonsiirtoon eikä tietokantaan (SQL server) pääsyyn. Tärkeää on saada vakiomuotoinen, hyvin dokumentoitu ja yleisesti käytössä oleva rajapinta, esimerkiksi REST. Järjestelmätoimittajat usein kysyvät, millainen rajapinta halutaan, vaikka oleellisempaa olisi miettiä, miten kaikki järjestelmän sisältämä tieto on mahdollista siirtää. Tapauskohtaisia rajapintoja tulisi siis välttää. Rajapinnan määrittely ja suunnittelu ei ole vesilaitoksen vastuulla vaan järjestelmätoimittajien hoidettava asia. Vesilaitos toki kertoo, mitä tietoja se järjestelmistä tarvitsee ja edellyttää, että rajapinta on toimiva, siihen pääsee sisään ja se on hyvin dokumentoitu. Hyvin rakennetut, dokumentoidut ja testatut standardirajapinnat tuovat järjestelmätoimittajille uutta liiketoimintaa. Rajapinnan, eli API:n, tekninen suunnittelu on erityisasiantuntemusta vaativaa työtä, joten integraatioita suunniteltaessa voi olla järkevää hyödyntää rajapintakonsulttia. Konsultti laatii rajapintasuunnitelman, eli kuvauksen, jolloin rajapinta on valmiiksi dokumentoitu, ja toimittaja toteuttaa tämän. Tämä on järkevää etenkin silloin, jos rajapintaa lähdetään rakentamaan tyhjästä eikä järjestelmätoimittajalta löydy vahvaa rajapintaosaamista tai jos rajapinta rakennetaan kahden eri toimijan välille ja heille on pitkällä aikavälillä tiedossa rajapinnasta yleistä hyötyä (rajapinta jää osaksi heidän liiketoimintaansa).

Vesilaitosten digitaalisen siirtymän edellytyksenä on, että tärkeimmistä järjestelmistä (automaatio-, aluemittaus-, asiakastieto-, verkkotieto-, laboratorio-, talous-, kunnossapito-/työnohjausjärjestelmä) pystytään yhdistelemään tietoja ja tekemään uusia päätelmiä. Näin vesilaitosta pystytään johtamaan kokonaisuutena ja tiedolla. Rajapintojen määrää ei tarvitse arkailla eikä sitä, että tilanteet muuttuvat. Kertaalleen kunnolla tehty ja dokumentoitu rajapinta hyvin ymmärrettyyn lähdejärjestelmään mahdollistaa sen, että rajapinta on myös tehtävissä uudelleen, jos rajapinta tai toimittaja vaihtuu. Pääasia, että käytetään yleisiä ja mahdollisimman standardoituja rajapintoja.

Huomioi rajapintaa hankkiessa nämä asiat:

- hanki tarvittavat luvat tietojen käytölle ja siirrolle ja päivitä tarvittaessa vesilaitoksen tietosuojaselosteet
- rajapinnan on oltava vakiomuotoinen (esim. REST) ja siihen on oltava pääsy
  - etenkin kehittäjän on päästävä omalta tietokoneelta VPN:n kautta rajapintaan käsiksi
- hyvä rajapinta ei rikkoudu, kun järjestelmiä kehitetään
- hyvä rajapinta vaatii todentamisen, eli käyttäjätunnukset ja salasanan
- rajapinnasta on kunnan kuvaus, tiedoista on saatavilla metadata (listaus positioista ja niiden kuvaukset)
- tiedonhaku onnistuu
- varahenkilöjärjestelyt ja kenellä kaikilla on pääsyoikeus



## Lähdeluettelo

Auvinen, T. (3. Elokuu 2022). Lining Aquavisio. (J. Pulkkinen, Haastattelija)

Liljanto, N. (3. Elokuu 2022). Ylivuotojen hallintamahdollisuudet ja tilannekuva KeyAquassa. (J. Pulkkinen, Haastattelija)

Passila, M. (5. Elokuu 2022). Ylivuotoanturit. (J. Pulkkinen, Haastattelija)

Räsänen, P. (9. Toukokuu 2022). Jätevesipumppaamoiden ylivuodot. (J. Pulkkinen, Haastattelija)

Sunela, M. (18. Elokuu 2022). (J. Pulkkinen;& H. Riihinen, Haastattelijat)

Sunela, M. (Toukokuu 2022). Ylivuotolaskenta. (J. Pulkkinen;& H. Riihinen, Haastattelijat)

Suonperä, K. (29. Kesäkuu 2022). Jätevesipumppaamoiden astiamittauksen kehittäminen. (J. Pulkkinen, Haastattelija)

*Tieteen termipankki*. (4. elokuu 2022). Noudettu osoitteesta

<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:vesitase>

Vesihuollon tietojärjestelmä VEETI. (2021). Suomen Ympäristökeskus SYKE.