

# **PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen nykytilan selvitys**

**Joutsenon sellutehtaan jätevedenpuhdistamon PI-kaavioiden ja  
laitemerkintöjen nykytilan selvitys**

LAB-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK), konetekniikka  
2023  
Jani Kekki

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Jani Kekki	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 23	Valmistumisaika 2023
Työn nimi <b>PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen nykytilan selvitys</b> - Joutsenon sellutehtaan jätevedenpuhdistamon PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen nykytilan selvitys		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio Metsä Fibre Oy Joutsenon sellutehdas		
Tiivistelmä <p>Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Joutsenon sellutehtaan jätevedenpuhdistamon PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen nykytila, havaita puutteet asiakirjoissa sekä laitteissa ja korjata niissä olevat virheet.</p> <p>Jätevedenpuhdistamolle oli tehty prosessiin sekä laitteisiin muutoksia vuosien varrella. Muutokset olivat jääneet osittain päivittämättä PI-kaavioihin sekä laitemerkinnät olivat puutteelliset.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa avattiin jätevedenpuhdistustekniikoita, PI-kaavioiden tarkoitusta ja laatimista sekä kuvattiin toimeksiantajan kohde. Toiminnallisessa osassa kartoitettiin puhdistamon alueen putkistot ja laitteet. PI-kaavioiden puutteet korjattiin asiakirjoihin sekä puuttuvat laitemerkinnät lisättiin laitteisiin.</p> <p>Työn tuloksena PI-kaaviot ja laitemerkinnät päivitettiin vastaamaan nykytilaa. Ajan tasalla olevat asiakirjat sekä laitteiden merkinnät parantavat jätevedenpuhdistamon käytettävyyttä sekä parantaa työturvallisuutta.</p>		
Asiasanat PI-kaavio, Jätevedenpuhdistus, Laitemerkintä, Putkisto		

## Abstract

Author(s) Jani Kekki	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 23	
Title of Publication <b>Status statement of PI diagrams and equipment markings – Current status statement of PI diagrams and equipment markings of the Joutseno pulp mill wastewater treatment plant</b>		
Degree, Field of Study Bachelor of Mechanical Engineering		
Organisation of the client Metsä Fibre Oy Joutseno pulp mill		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to find out the current status of PI diagrams and equipment markings of the Joutseno pulp mill's wastewater treatment plant and to detect errors in the documents and equipment markings and to correct those errors.</p> <p>Process and equipment changes had been made to wastewater treatment plant over the years. All the changes had not been updated in the PI diagrams and the equipment markings were incomplete.</p> <p>The theoretical part of the thesis described wastewater treatment techniques, the purpose and preparation of PI diagrams and described the client's target. In the functional part, the pipelines and equipment in the treatment plant were inspected. Errors in the PI diagrams were corrected in the documents, and missing device markings were added to the devices.</p> <p>As a result of the thesis, the PI diagrams and device markings were updated to match the current state. Up-to-date documents and equipment markings improve the usability of the wastewater treatment plant and improve work safety.</p>		
Keywords PI diagram, Wastewater treatment, Equipment marking, Pipelines		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Jätevesipuhdistamo .....	2
2.1	Jätevesipuhdistamon toimintatavoitteet .....	2
2.2	Jätevesipuhdistusmenetelmiä.....	3
3	Joutsenon sellutehtaan jätevedenpuhdistamo .....	5
3.1	Joutsenon jätevesipuhdistamo.....	5
3.2	Esikäsittely .....	6
3.3	Primäärikäsittely .....	6
3.4	Sekundäärikäsittely.....	7
3.5	Lietteenkäsittely.....	7
4	PI-kaavio.....	8
4.1	PI-kaavioiden tarkoitus .....	8
4.2	PSK Standardit .....	8
4.3	PI-kaavioiden tulkinta ja laatiminen.....	10
5	PI-kaavioiden päivitys .....	13
5.1	Työkohde.....	13
5.2	Työn tavoitteet .....	14
5.3	Työn suorittaminen .....	14
5.4	Työn tulokset .....	19
6	Yhteenveto ja pohdinta .....	21
	Lähteet .....	22

## 1 Johdanto

Metsä Fibre Oy kuuluu kotimaiseen metsäteollisuuskonserni Metsä Groupiin. Metsä Group konsernin liiketoimintaan kuuluu useampia yrityksiä, jotka ovat Metsä Wood, Metsä Fibre, Metsä Board, Metsä Tissue ja Metsä Forest. Tämä opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Metsä Fibren sellutehtaalle Joutsenon yksikön jätevedenpuhdistamolle, joka sijaitsee Kaakkois-Suomessa Lappeenrannassa. Joutsenon tehtaan päätuotteena valmistuu havusellua. Havusellu toimii raaka-aineena mm. pehmo- ja painopaperille, kartongille sekä useisiin muihin erikoistuotteisiin. (Metsä Group.)

Joutsenon sellutehtaan jätevesipuhdistamo on valmistunut vuonna 1985 (Toikka 2020) ja sen jälkeen prosessiin on tehty muutoksia laitteiston ja putkistojen osalta. Kaikkia muutoksia ei ole päivitetty teknisiin dokumentteihin. Toimeksiannon tavoitteena on selvittää jätevedenpuhdistamon laitteiden ja PI-kaavioiden nykytila. Selvityksessä on tarkoituksena havaita puutteet laitteidenmerkinnöissä sekä PI-kaavioissa ja korjata mahdolliset tarpeet jätevedenpuhdistamon teknisiin dokumentteihin sekä laitemerkintöihin.

## 2 Jätevesipuhdistamo

### 2.1 Jätevesipuhdistamon toimintatavoitteet

Jätevesien käsittely on elintärkeää ympäristönsuojelun ja terveyden näkökulmasta. Nykyaikaiselle elinkeino- ja yhteiskuntatoiminnalle hyvin toimiva vesihuolto onkin yksi välttämätön edellytys. Jätevesipuhdistamojen on pystyttävä suorittamaan tehtävänsä siten, ettei niiden toiminnasta aiheudu haittoja ympäristölle, kuten hajuja, tulvimia tai pilaantumista. Tämä koskee jätevesien keräämistä, käsittelyä ja poistoa. (Karttunen 2003, 50 ja 53.)

#### Ympäristösuojelulain vaikutus toimintaan

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) määrittelee jätevesienpuhdistamisen luvanvaraiseksi toiminnaksi, joka vaatii ympäristöluvan aluehallintovirastolta. Ympäristösuojelulaki määrää, että laitoksen on käytettävä parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT). Paras käyttökelpoinen tekniikka eli BAT (Best Available Techniques) tarkoittaa nimensä mukaisesti mahdollisimman tehokkaita, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia toimintatapoja. BAT:in tarkoitus on vähentää toiminnan aiheuttamaa ympäristön pilaantumista ja ehkäistä sitä. Ympäristösuojelulaki sanoo seuraavanlaisesti BAT:ista (Ymparisto.fi):

*parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä (Ympäristönsuojelulaki 86/2000, 3§ kohta 4.)*

Ympäristölupa tehdään vertailuasiakirja BAT- päätelmistä ja esitetään sen soveltamista käytännötasolla (Ympäristönsuojelulaki (527/2014). Kuvassa 1. on esimerkki Joutsenon tehtaan ympäristöluvasta, jossa on esitettyä parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamista.

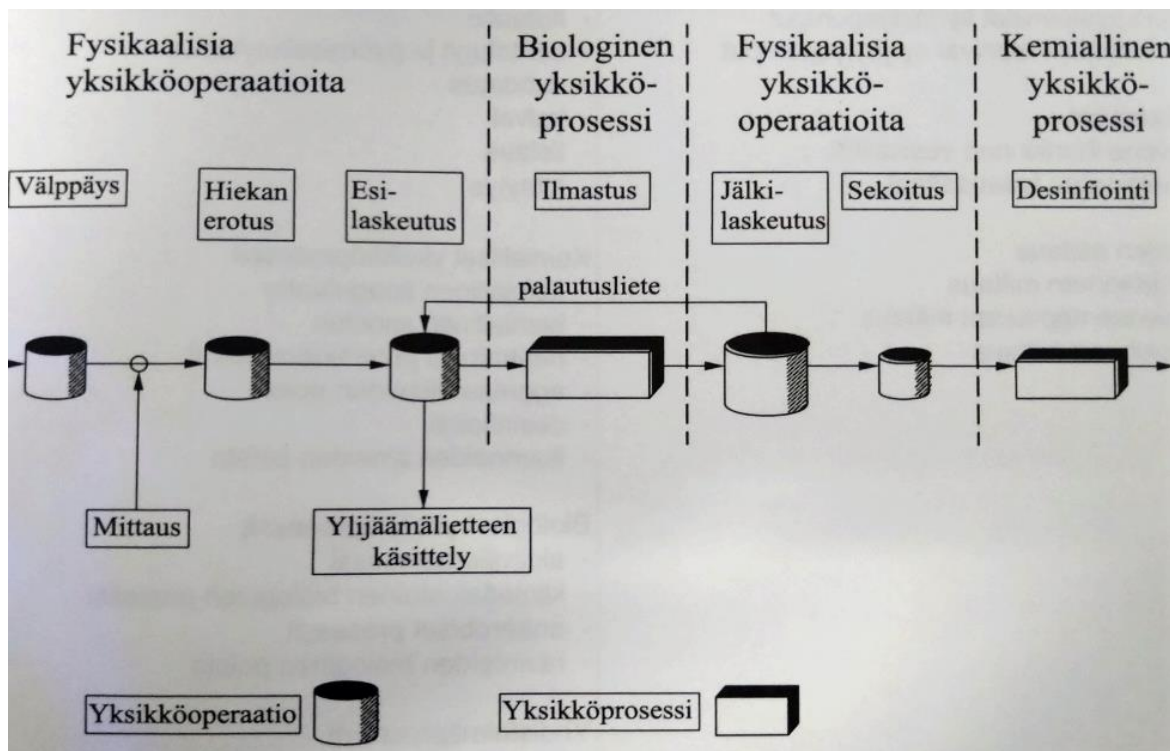
Nro	BAT-tekniikka	Metsä Fibre Joutsenon tehdas
BAT 13	Runsaasti tyypeä ja fosforia sisältävien kemiallisten lisäaineiden korvaaminen vähemmän fosforia sisältävillä (sovellettavissa jos lisäaineiden tyyppi ei ole bioosaatavassa muodossa tai jätevedenpuhdistamon ravinnetase ylijäämäinen)	Kemikaalien valinnoissa huomioidaan niiden ravinnepitoisuudet ja biohajoavuus. Tyypillisesti esim. fosforipitoisten prosessipesuaineiden sisältämä fosfori voidaan hyödyntää biologisessa puhdistuksessa.

Kuva 1. Ympäristölupa BAT -tekniikan soveltaminen (Aluehallintovirasto 2017, 40)

BAT- päätelmissä esitetään konkreettisia asioita, joita otetaan huomioon toiminnassa tai tehdään käytännön tasolla.

## 2.2 Jätevesipuhdistusmenetelmiä

Jätevesipuhdistamot suunnitellaan ja rakennetaan tapauskohtaisesti kohteen vaatimusten mukaisesti. Jätevedenpuhdistamoissa sovelletaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa osakokonaisuuksissa, jotka koostuvat yksikköoperaatioista ja -prosesseista. Yksiköitä on kolme eri osakokonaisuutta; fysikaalinen yksikköoperaatio, biologinen yksikköprosessi sekä kemiallinen yksikköprosessi. Kuvassa 2 on esimerkki yksikköoperaatioista ja -prosesseista ja niiden lajittelusta. (Karttunen 2004, 17–18.)



Kuva 2. Esimerkki yksikköoperaatioiden ja yksikköprosessien sijoittumisesta jätevesipuhdistamolla (Karttunen 2004, 17)

### Fysikaalinen yksikköoperaatio

Fysikaalisella yksikköoperaatiolla tarkoitetaan veden puhdistusmenetelmää, jossa veden laatua muutetaan fysikaalisten ilmiöiden avulla. Fysikaalinen yksikköoperaatio on ensimmäinen vaihe jätevesien käsittelyssä, jossa vedestä erotellaan kiintoaineet. Operaatioon voi kuulua useita eri mekaanisia menetelmiä, kuten siivilöintiä, välppäystä, laskeuttamista tai sekoittamista. (Karttunen 2004, 17–18.)

## Biologinen yksikköprosessi

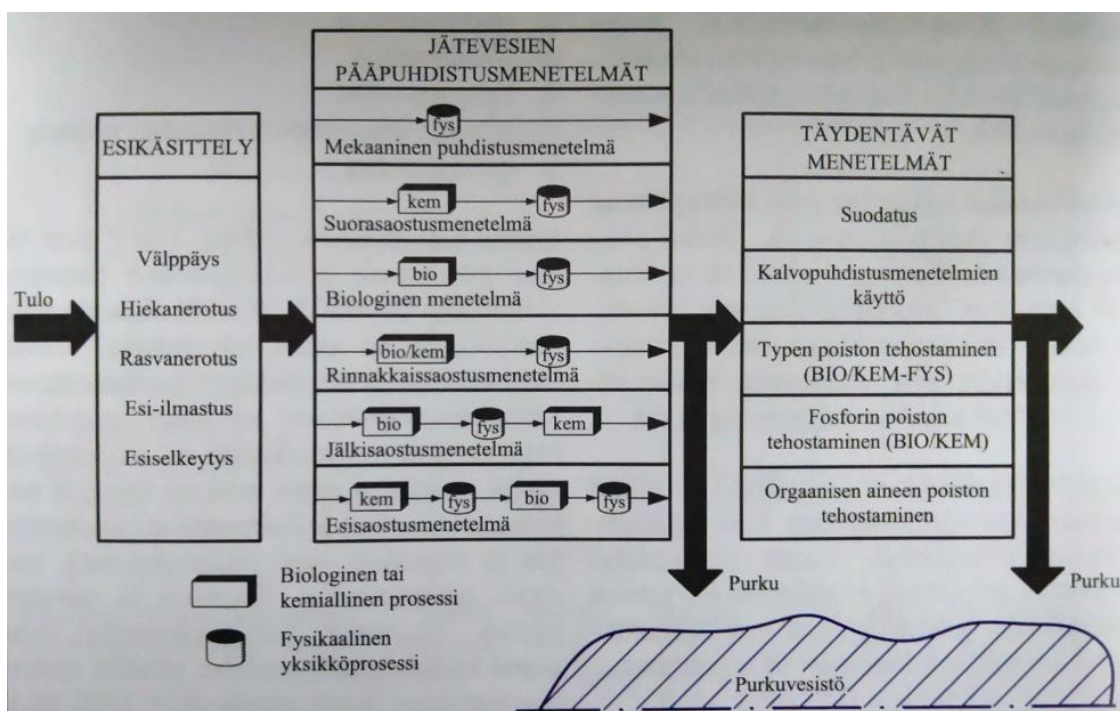
Biologisessa yksikköprosessissa jätevedestä puhdistetaan orgaanisia aineita sekä ravinteita. Prosessi hyödyntää biologista prosessia, jossa vedessä oleva bakteerimassa käyttää ravintonaan jäteveden lika-ainesta. (Vesilaitosyhdistys 2014, 4). Yleisin biologinen yksikköprosessi on aktiivilieteprosessi (Karttunen 2004, 18). Aktiivilieteprosessiin tutustutaan myöhemmin kohdassa 3.4 Joutsenon puhdistamon katsauksen yhteydessä.

## Kemiallinen yksikköprosessi

Kemikaalisessa yksikköprosessissa jätevedestä poistetaan epäpuhtauksia kemikaalisilla reaktioilla. Kemiallinen reaktio luodaan lisäämällä jäteveteen kemikaaleja, jotka reagoivat veden epäpuhtauksien kanssa. Kemikaaliseen yksikköprosessiin kuuluu muun muassa desinfiointi, kemiallinen saostus ja neutralisointi. (Karttunen 2004, 18.)

## Mekaanis-biologis-kemikaalinen prosessi

Mekaanis-biologis-kemikaalinen prosessi on käytössä useimmissa Suomessa sijaitsevilla jätevesipuhdistamoilla (Vesilaitosyhdistys 2014). Tällä prosessilla tarkoitetaan kaikkien yksiköiden yhdistelmää, jossa jätevettä käsitellään edellä mainituilla menetelmillä. Menetelmien järjestys on tapauskohtainen, joka on riippuvainen laitokselle tulevan jäteveden tyypistä. Kuvassa 3 on esitettyä, kuinka puhdistusmenetelmän nimi määräytyy pääpuhdistusmenetelmän mukaan ja mitä ne pitävät sisällään. Puhdistusmenetelmien nimi määrittäyty sen mukaan mitä yksikköoperaatioita ja -prosesseja jätevedenpuhdistustoimintaan kuuluu.



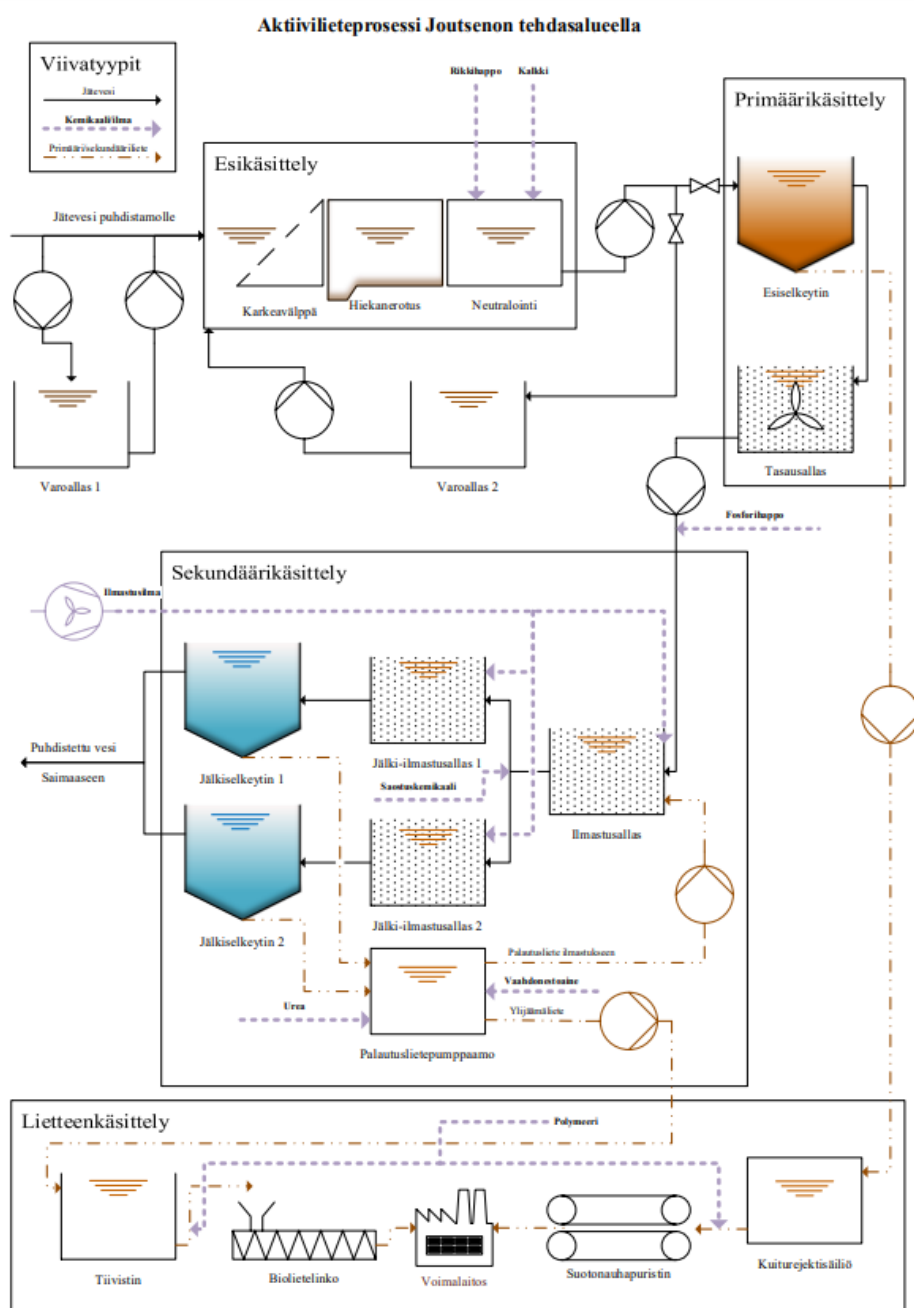
Kuva 3. Puhdistusmenetelmän nimen määräytyminen (Karttunen 2004, 497)



### 3 Joutsenon sellutehtaan jätevedenpuhdistamo

#### 3.1 Joutsenon jätevesipuhdistamo

Jätevesipuhdistamo kattaa tehtaan prosessi-, hule- ja saniteettijätevedet (Aluehallintovirasto 2017, 21). Joutsenon jätevesipuhdistamolla jätevesi puhdistetaan esisaostusmenetelmällä, eli laitos käyttää mekaanis- biologis- kemikaalisprosessia. Jätevesi kulkee kolmen vaiheen läpi ennen Saimaaseen purkua. Kuvassa 4 on esitettyä yksinkertaistetusti prosessin kulku jätevedenpuhdistamolla.



Kuva 4. Joutsenon jätevesipuhdistamon yksinkertaistettu prosessikaavio (Järvelä 2022, 33)

Vaiheet koostuvat esikäsitteystä sekä primääri- ja sekundäärikäsittelystä. Näiden lisäksi laitoksen toimintaan kuuluu myös lietteenkäsittely. Lietteenkäsittelyyn ohjataan edellä mainituista vaiheista syntyvät lietteet, joita tarkastellaan tarkemmin kohdassa 3.5. Jäteveden käsittelykokonaisuuteen kuuluu muun muassa neutralisointi, esiselkeytys, ilmastus, jälkiilmastus, jälkiselkeytys ja lietteenkäsittely (Aluehallintovirasto 2017, 19).

### 3.2 Esikäsitteely

Jäteveden esikäsitteely pitää sisällään välppäyksen ja neutralisoinnin eli tähän vaiheeseen kuuluu fysikaalinen yksikköoperaatio sekä kemikaalinen yksikköprosessi. Käsitteely alkaa karkeavälppäyksellä. Vedestä erotellaan suuremmat kiinteät irtoaineet, jotka voivat prosessin myöhäisemmässä vaiheessa aiheuttaa tukoksia tai vaurioittaa pumppuja (Järvelä 2022, 17).

Seuraavana esikäsittelevaiheena on neutralisointi. Neutralisoinnissa jätevesi neutralisoidaan lisäämällä veteen rikkihappoa ja kalkkia (Järvelä 2022, 32), joka säätää kemiallisesti veden pH-arvon sopivaksi biologiseen vaiheeseen (Jätevedenpuhdistamon toiminta koulutus 2022).

### 3.3 Primäärikäsittely

Primäärikäsittelyvaihe sisältää esiselkeyttimen ja tasausaltaan. Esiselkeyttimessä erotetaan jätevedestä esikäsitteelyn läpi kulkeneet hienommat kiintoaineet, kuten kuitu ja kuori (Jätevedenpuhdistamon toiminta koulutus 2022). Kiintoaineen poistossa käytetään laskeutusmenetelmää, joka perustuu painovoimaan (Karttunen 2004, 69). Laskeuttamisessa vettä raskaammat partikkelit laskeutuvat selkeyttimen pohjaan, josta ne kerätään talteen ja pumpataan lietteenkäsittelyyn. Jätevesi ohjataan esiselkeyttimen jälkeen tasausaltaaseen, jossa jätevesi sekoitetaan mahdollisimman tasalaatuiseksi ennen siirtymistä seuraavaan käsittelyvaiheeseen. Primäärikäsittelyvaiheessa on ainoastaan fysikaalisia yksikköoperaatioita.

Puhdistusprosessin ensimmäisestä käsitteystä syntyy raakalietettä, jota kutsutaan myös primäärilietteeksi. Raakalietteellä tarkoitetaan lietettä, jota syntyy fysikaalisesta yksikköprosessista. (Karttunen 2004, 557.)

### 3.4 Sekundäärikäsitely

Sekundäärikäsitelyvaihe kuuluu biologiseen yksikköprosessiin. Jäteveden viimeinen käsitelyvaihe on aktiivilieteprosessi. Aktiivilieteprosessi toteutetaan ilmastus- ja jälki-ilmastuslaitailla, sekä jälkiselkeyttimillä. Prosessissa veden lämpötila täytyy olla biologiselle toiminnalle suotuisa noin 38°C, jotta biomassa pysyy elinvoimaisena (Jätevedenpuhdistamon toiminta koulutus 2022). Ilmastus- ja jälki-ilmastuslaitaissa veteen lisätään happea ja ravinteita, jotta jätevedessä oleva bakteerimassa pysyy elinvoimaisena. Ilmastus taas pitää veden jatkuvassa liikkeessä pitääkseen prosessin toiminnassa. Ilmastuslaitaissa oleva biomassa käyttää ravinteenaan jäteveden lika-ainesta, josta syntyy aktiivilietettä. Jälkiselkeyttimissä vedestä erotellaan aktiiviliete puhtaasta vedestä. (Karttunen 2004, 517.) Jälkiselkeyttimen jälkeen puhdasvesi pumpataan Saimaaseen ja vedestä erotettu liete pumpataan lietteen käsittelyyn.

Aktiivilieteprosessista syntyvää lietettä kutsutaan sekundäärilietteeksi. Sekundääriliete on biologisista yksikköoperaatioista saatua biolietettä. Biolietettä kierrätetään aktiivilieteprosessissa useamman kerran ja siitä ohjataan niin sanottua ylijäämälietettä pieni määräiä kerhallaan lietteenkäsittelyyn. (Karttunen 2004, 557.)

### 3.5 Lietteenkäsitely

Lietteenkäsitelyyn johdetaan puhdistamalla vedestä erotettu primääri- ja sekundääriliete. Lietteenkäsitelylaitoksella lietteiden kuiva-ainepitoisuutta nostetaan kahdella eri menetelmällä. Primäärilietteen kuiva-ainepitoisuus kasvatetaan suotonauhapuristimessa (Aluehallintavirasto 2017, 20), jossa lietteestä poistetaan vettä puristamalla. Suotonauhapuristimen toimii mankelin tapaan, jossa liete kulkee viiran päällä puristustelojen läpi tiivistyksen maksiksi. Sekundääriliete ohjataan dekanterilingoille. Dekanterilingossa sekundäärilietettä kuivatetaan linkoamalla.

Lingon toiminta perustuu fysikaaliseen ilmiöön, jossa keskihakuvoiman avulla vesi erotetaan biomassasta. Lietteenkäsitelyssä primääri- ja sekundääriliete jatkaa matkaansa hyötykäyttöön. Primääriliete ohjataan voimalaitokselle polttoon ja sekundääriliete haihduttamon kautta soodakattilalle polttoon (Jätevedenpuhdistamon toiminta koulutus 2022).

## 4 PI-kaavio

### 4.1 PI-kaavioiden tarkoitus

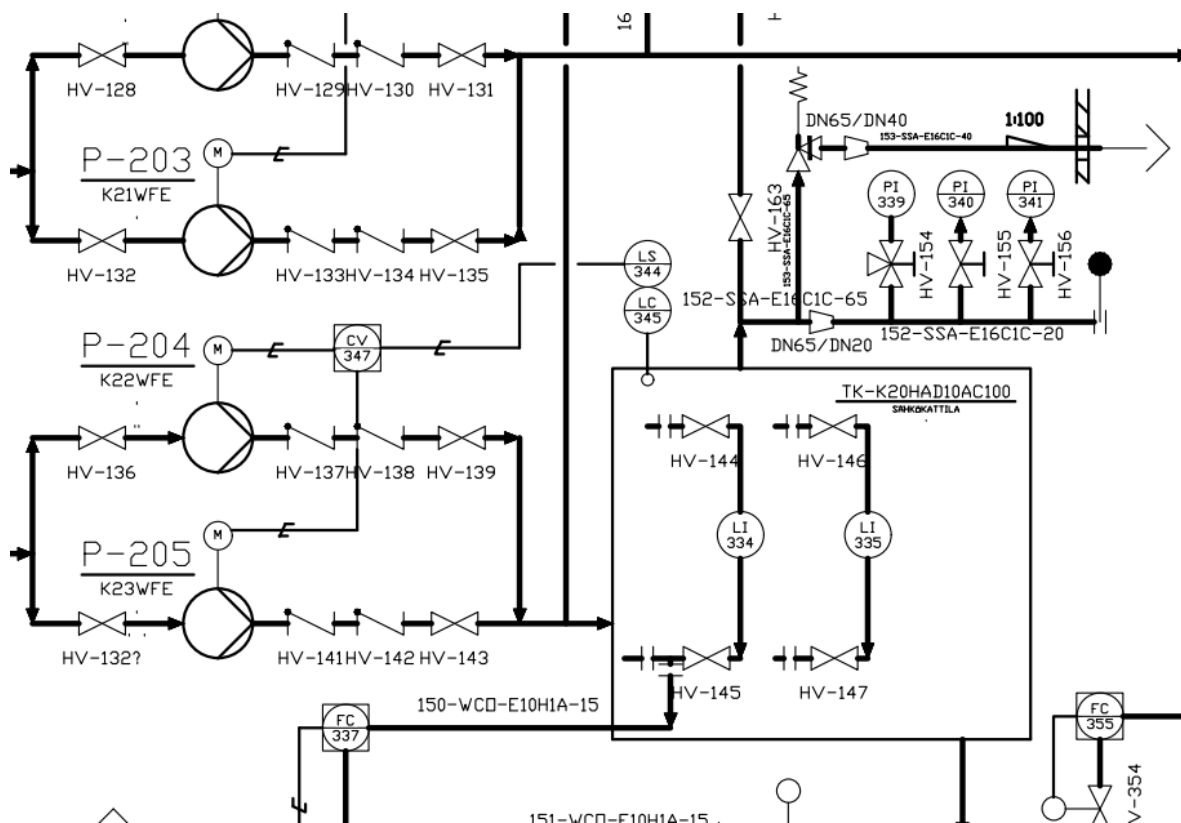
PI-kaavio on laitoksen tai laitteen yksi tärkeimmistä asiakirjoista. PI-kaavioilla havainnollistetaan laitteen tai laitoksen toimintaa piirrosmerkeillä. Kaavio voi olla tarkka yksityiskohtaisesti laitteen toimintaa kuvaava tai prosessista pääpiirteittäin havainnollistava kaavio. Kaaviosta käy ilmi laitteiston tai laitteiden sijainti prosessissa, miten ne ovat yhteydessä toisiinsa ja kuinka prosessi toimii. Kaavioissa ei oteta kantaa putkien pituuksiin tai miltä putkisto ja prosessi näyttää fyysisesti. PI-kaaviolla on kaksi vakiintunutta nimitystä, jotka ovat putki- ja instrumentointikaavio sekä prosessi- ja instrumentointikaavio. Molemmat nimitykset tarkoittavat samaa asiaa ja yleisesti puhutaan vain PI-kaavioista.

PI-kaaviolla monia tehtäviä. Asiakirja voi toimia apuna suunnittelu-, asennus-, ja/tai kunnossapitotöissä. PI-kaaviota voidaan käyttää myös henkilöstön perehdyttämiseen sekä prosessin käyttöohjeena.

### 4.2 PSK Standardit

PI-kaavioiden laatimisessa voidaan käyttää yleisiä standardeja, jos yrityksellä ei ole omia PI-kaavio merkintätapoja. Suomessa käytetään yleisesti kotimaisia PSK (PSK Standardisointiyhdistys ry, ent. Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus ry) standardeja, jotka pohjautuvat kansainvälisiin ja eurooppalaisiin standardeihin (Koistinen 2023).

Kuvassa 5 on esimerkki PI-kaaviosta. Kuvan PI-kaaviossa on käytetty PSK standardien mukaisia piirrosmerkkejä. Kuvassa (5) on näkyvissä yleisimpiä piirrosmerkkejä, joiden avulla voi havainta laitteen sijainnin prosessissa suhteessa muihin laitteisiin. Laitteita, joita kuvasta löytyy, on mm. käsiventtiileitä, takaiskuventtiileitä ja pumppuja.



Kuva 5. PI-kaavio esimerkki

PI-kaavioiden laatimisessa käytettävät PSK standardit ovat ryhmässä 36 ja sen sisällä on viisi standardia. Standardit ovat 3601, 3602, 3603, 3604, 3605. PSK Standardeissa on määriteltynä seuraavat asiat: PI-kaavion piirrosmerkit, instrumentoinnin viivatyytit, kaavion grafiikan tietosisältö, piilotettu attribuutti tietosisältö, kaavion esitystapa, tietosisällön esitystapa, prosessi erotuksen suunnittelu ja hallinta. (PSK Standardisointiyhdistys ry 2023).

PI-kaavioissa on oltava vähintään yleisesti käytössä olevia merkintöjä ja niiden sijainti suhteessa muihin prosessilaitteisiin, mutta PSK standardin 3602 (2008) mukaisesti PI-kaavion tietosisältöön laaditaan paljon tietoa laitteista ja virtaavista aineista. Tietosisältöä on grafiikassa esitettävää ja piilotettua attribuuttitietoa. Piilotettu attribuuttitieto löytyy PI-kaaviosta, mutta tiedot voivat olla rajoitetusti saatavilla. Piilotettua tietoa voi olla esimerkiksi säiliöiden materiaali tai prosessissa virtaavan aineen tarkat tiedot, jotka voivat olla yrityksen salaista tietoa. Tietojen esitystapa vaihtelee laitekohtaisesti, kumminkin PSK standardin 3602 mukaisesti määriteltynä (kuva 6).

#### 4.2.1 Säiliöt (01)

Grafiikan vähimmäisvaatimukseksi riittää sen yleinen piirrosmerkki sekä suhteellinen koko ja sijainti.

Seuraavat attribuutit laaditaan ja **lihavoidut** esitetään grafiikassa.

##### **Tunnus**

Nimi

Prosessiaine

Suunnittelupaine max

Suunnittelulämpötila max

Suunnittelulämpötila min

##### **Tilavuus**

Tyyppi

Materiaali

Halkaisija

Korkeus

Pituus

#### 4.2.14 Pumput (14)

Grafiikan vähimmäisvaatimukseksi riittää sen yleinen piirrosmerkki ja suhteellinen sijainti.

Seuraavat attribuutit laaditaan ja **lihavoidut** esitetään grafiikassa.

##### **Tunnus**

Nimi

Prosessiaine

Käyttölämpötila max

Käyttölämpötila min

##### **Tilavuusvirtaus**

##### **Nostokorkeus**

Suunnittelupaine max

Suunnittelulämpötila max

Suunnittelulämpötila min

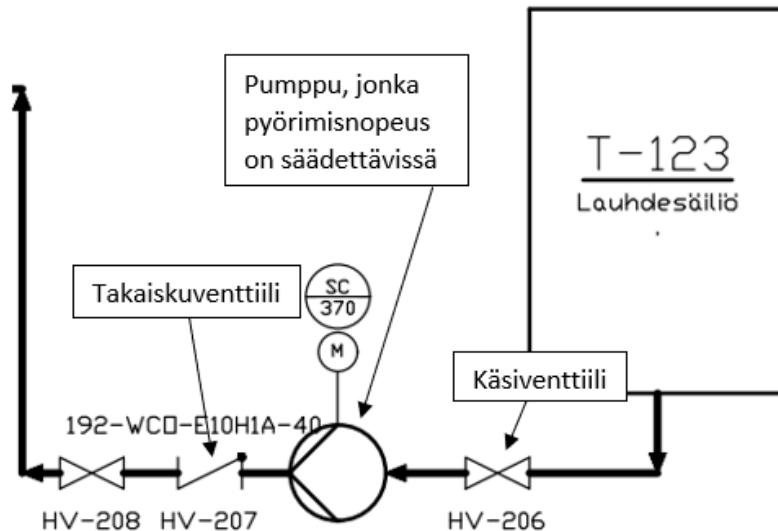
Tyyppi (PSK 6151 Alaluokka)

Kuva 6. PSK standardi 3602 tietosisältö (PSK 3602 2008)

Yllä olevassa kuvassa 6 on ote PSK standardista 3602 (2008), josta käy selville säiliöille ja pumpuille laadittavat tiedot. Kuten kuvassa (6) on kerrottu, vain pieni osa tiedosta esitetään grafiikassa. Standardissa on listattuna tiedot, jotka laaditaan ja mitkä niistä esitetään grafiikassa.

#### 4.3 PI-kaavioiden tulkinta ja laatiminen

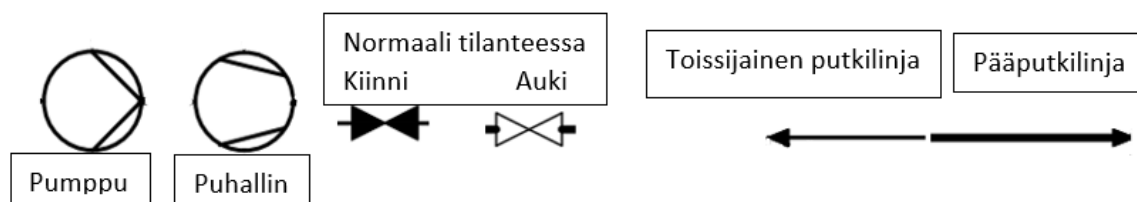
Piirrosmerkeille on määritelty standardeissa tarkat piirrosmitat, kuinka ne piirretään. Piirrosmerkit on hyvä tuntea ennen työn aloittamista, jossa käytetään PI-kaavioita. Prosessin kulua pystyy havainnoimaan piirrosmerkeistä ja myös putkistoa kuvaaviin viivoihin piirretyistä nuolista. Alla (kuva 7) on esitettyinä lauhdesäiliö, josta pumpulla pumpataan lauhdetta prosessiin. Kuvassa on yleisimpiä PI-kaaviossa käytetyistä piirrosmerkeistä.



Kuva 7. PI-kaaviossa yleisesti käytettyjä piirrosmerkejä

Lauhteen virtaussuunta on havaittavissa kolmesta eri merkinnästä. Virtaussuunta selviää putkistoa kuvaavan mustan viivan nuolien suunnasta. Pumpussa piirrosmerkin pumppausuunnan ilmoittaa ympyrän sisällä oleva nuoli ja se pumppaa aina nuolen osoittamaan suuntaa. Takaiskuventtiin piirrosmerkistä virtaussuuntaa voidaan havainnoida, siten että kuvitellaan merkin sisällä oleva viiva läpäksi. Lämpä on nivelöity mustan pisteen kohdalta ja aukeaa virtaavan aineen kulkiessa sen läpi ja sulkeutuu aineen virratessa vastakkaiseen suuntaan.

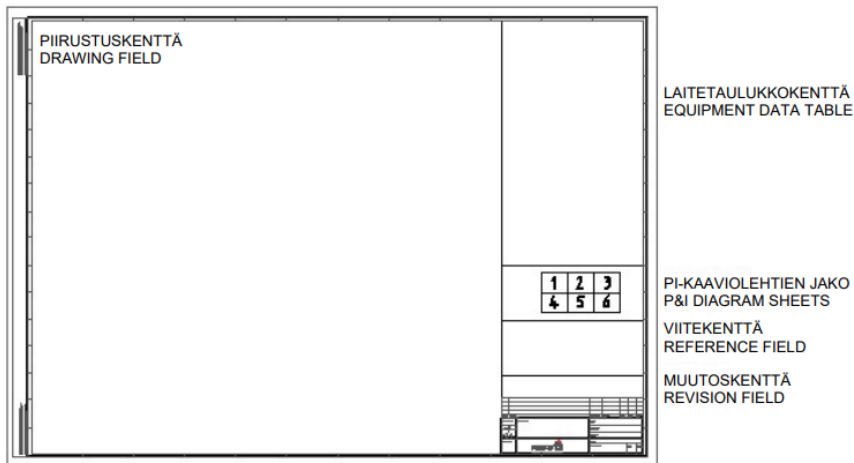
Osa piirrosmerkeistä on hyvin samankaltaisia toistensa kanssa, mutta niiden merkitys on eri ja myös putkistoa kuvaavien viivojen leveyksillä on eri merkityksiä. Kuvassa 8 on muutamia esimerkkejä samankaltaisista piirrosmerkeistä.



Kuva 8. Esimerkki samankaltaisuuksista

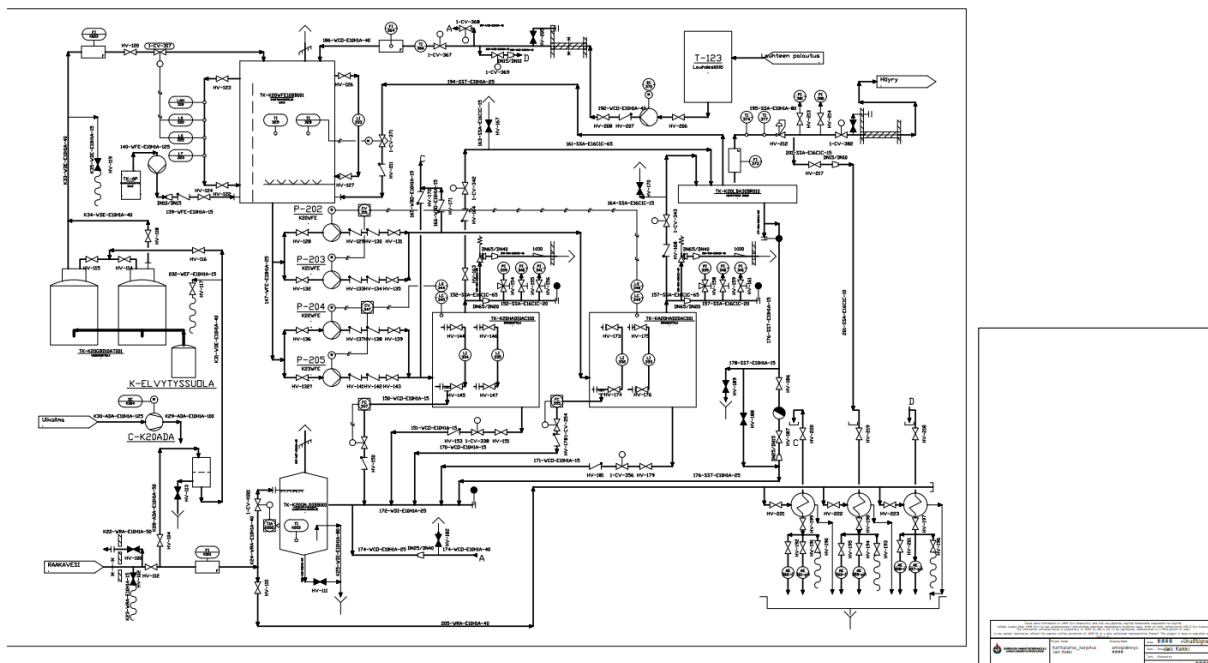
PI-kaavio rakentuu useasti monista osakokonaisuuksista, jotka yhteydessä toisiinsa. Osat pyritään piirtämään mahdollisuuksien mukaan samalle kaavion piirustus pohjalle. PI-kaavion piirustus pohjalle on määritelty standardeissa 3 eri kokoa, joka määräytyy laitteiston sijoittelusta kaavioon. PSK 3603 (2012) määrittelee piirustuslomakkeiden koosta seuraavaa; sijoittaessa laitteisto kaaviossa yhteen vaaka riviin prosessijärjestyksessä voidaan käyttää A3 kokoa, jossa osakokonaisuudet ovat kuvattuna omille arkeilleen tai

vaihtoehtoisesti käyttää yhtä erikoispitkää arkkiä. Kolmas vaihtoehto piirustus pohjalle on A0 standardi koko, jossa laitteisto on sijoitettuna 2–3 vaakariviin osakokonaisuudet eroteltuna omiin sarakkeisiin. Kuva 9 PSK 3603 standardin esimerkki piirustuslomakkeesta.



Kuva 9. PSK 3603 piirustuslomake (PSK 3603 2012)

Standardien mukaan laaditut PI-kaaviot ovat helppolukuisia, ja niitä voi käyttää suurempi yleisö, koska niiden lukemiseen ja laatimiseen on saatavilla runsaasti tietoa. PI-kaavioihin on saatavilla ohjeita ja esimerkkejä kotimaisista PSK, sekä eurooppalaisista ja kansainvälisistä standardeista. Kuvassa 10 on havainnointikuva PI-kaaviosta, jolta se näyttää valmiina.



Kuva 10. Valmis PI-kaavio

Kuvan (10) PI-kaavio täyttää tietosisällöltään vähimmäisvaatimukset. PI-kaavio on laadittu erikoispitkälle arkki koolle, joka on tulostettavissa A3- kokoon.



## 5 PI-kaavioiden päivitys

### 5.1 Työkohde

Työkohde käsittää useamman rakennuksen, jotka sijoittuvat laajalle alueelle. Rakennukset, joissa putkistoa kartoitetaan, sijaitsee kuvassa 11 valkoisella kehystetyllä alueella Joutsenon tehdasalueella.



Kuva 11. Ilmakuva Joutsenon tehdasalueesta (Maanmittauslaitos 2022)

Kartoitettava putkisto sijaitsee rakennuksien sisällä. Rakennuksissa olevat prosessilaitteistot ovat yhdistettynä toisiinsa putkistolla, joka on asennettu maan alle. Maan alla sijaitsevia putkistoja ei ole tarpeen tarkistaa, koska kaikki mahdollinen laitteisto on asennettu maan pinnalle. PI-kaaviot kartoitetaan vain rakennuksien sisällä olevien putkistojen osalta.

## 5.2 Työn tavoitteet

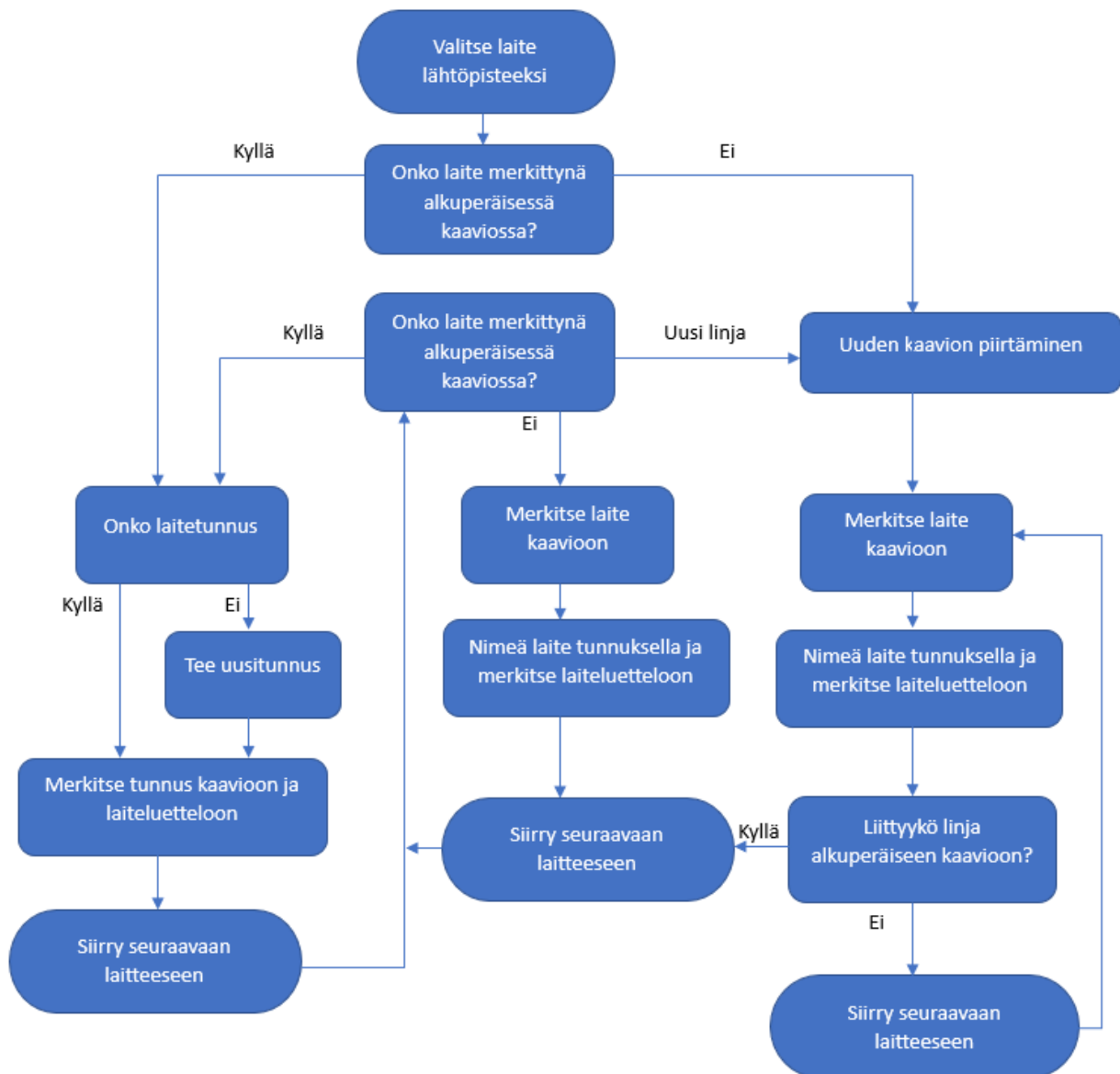
Joutsenon sellutehtaan jätevesipuhdistamon putkistoihin on tehty vuosien aina useita muutoksia, kuten laitteiden lisäyksiä, poistoja ja uusia linjoja. Kaikkia muutoksia ei ole päivitetty PI-kaavioihin ja toimeksiannon tavoitteena on saattaa jätevesipuhdistamon PI-kaaviot vastaamaan nykytilaa ja tehdä niistä mahdollisesti helppolukuisempia. Putkistojen laitteiden merkinnät ovat puutteelliset, joten niiden merkintä tarkistetaan samassa toimeksiannossa. Puuttuvat laitetunnukset lisätään laitteisiin ja poistetaan virheelliset merkinnät.

Laitteiden merkinnät ja PI-kaaviot on vastattava toisiaan, jotta niitä voidaan käyttää turvallisesti. Virheelliset laitemerkinnät ja PI-kaaviot aiheuttavat turvallisuusriskejä ja lisäävät prosessihäiriön mahdollisuutta. Käytännöntasolla turvallisuusriskejä on mahdollista muodostua esimerkiksi, kun laitteistoa erotetaan prosessista, jos PI-kaaviosta katsotaan suljettavat venttiilit ja kentällä venttiilit ovatkin virheellisesti merkitty. Tällöin syntyy tilanne, jossa mahdollisesti erotetaan väärä laite prosessista ja haluttu laite on edelleen liitettyä prosessiin.

## 5.3 Työn suorittaminen

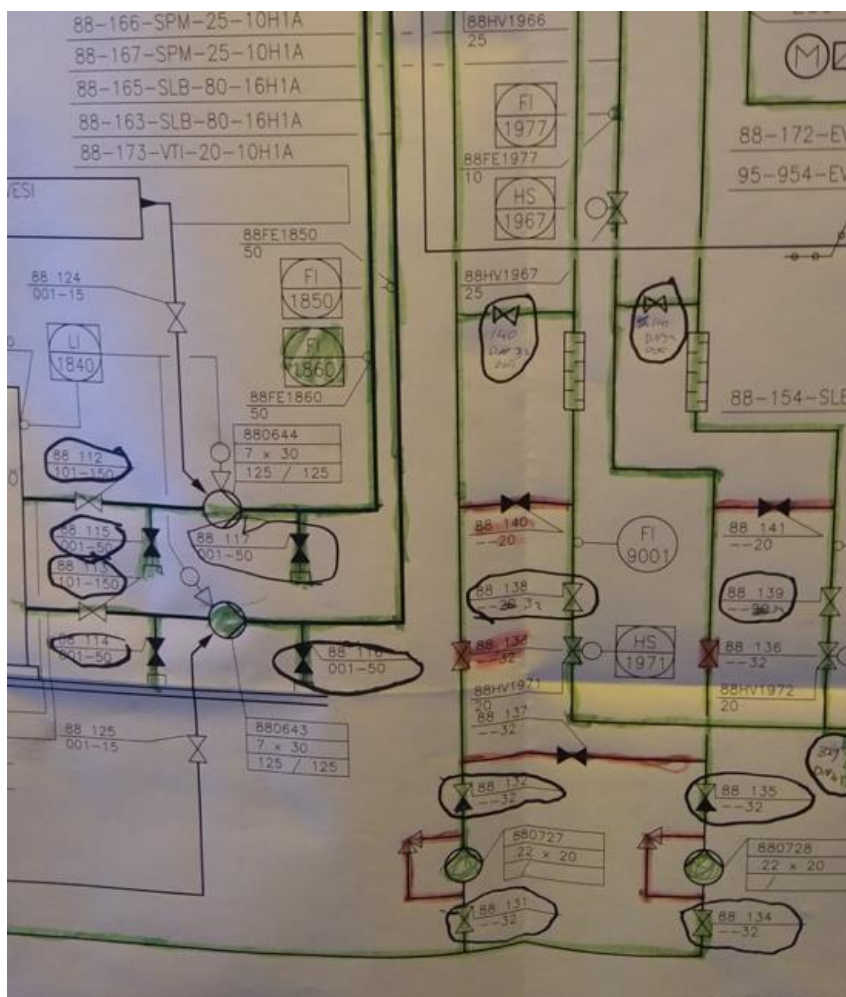
PI-kaavioiden päivittäminen aloitettiin tutustumalla työkohteeseen ja siihen liittyviin PI-kuviin. Tämän jälkeen laadittiin suunnitelma työmenetelmistä ja selvitettiin työn laajuutta. Tarkistettavia PI-kaavioita oli A3 kokoisia arkkeja 2 kappaletta ja yksi erikoispitkä kaavio, johon sisältyi 6 kappaletta A3 kokoista arkkia. Laitemerkintöjen osalta tiedettiin, että suurin osa mekaanisista laitteista olivat merkitsemättä.

Putkistojen ja sen laitteiden kartoittaminen aloitettiin menemällä työkohteeseen alkuperäisten PI-kuvien kanssa ja valittiin lähtöpiste, josta lähdettiin seuraamaan putkistoa. Putkistojen ja sen laitteiden kartoittamiseen syntyi menetelmä, joka on kuvattuna vuokaavioon (kuva 12). Aluksi putkistosta valittiin lähtöpisteeksi jokin laite tai putkiston osa esimerkiksi säiliö, pumppu tai venttiili, jonka jälkeen edettiin vuokaaviossa esitetyllä tavalla. Vuokaaviossa on kolme vaihtoehtoista kiertoa, joilla putkistoa kartoitettiin ja selvitettiin nykytila. Putkisto ja PI-kuva oli joko ajan tasalla, laitteita lisätty alkuperäiseen putkistoon tai putkistoon oli lisättyä kokonaan uusi linja.



Kuva 12. PI-kaavioiden kartoitusmenetelmä

PI-kaavion muutokset kirjattiin alustavasti paperille ja laitteet kirjattiin ylös laiteluetteloon. Kuvassa 13 on esiteltynä punakynäversio kaaviosta, jossa vihreällä on merkitty paikkansa pitävät linjat ja punaisella merkittynä virheelliset.



Kuva 13. Punakynä versio kartoitetusta putkistosta

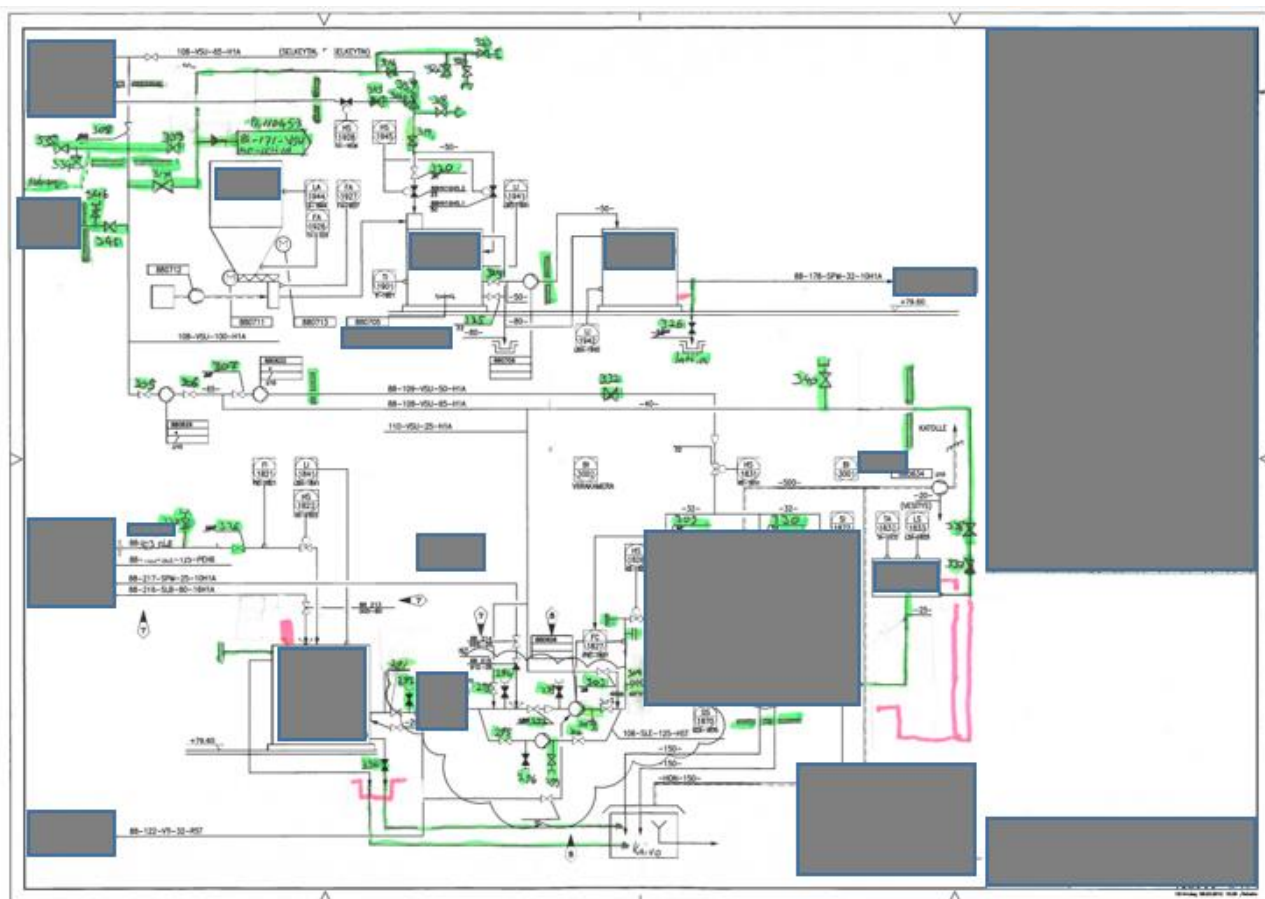
Kun koko putkisto oli kartoitettu ja alkuperäisen PI-kaavion paperikopioon oli tehty tarvittavat muutokset, merkittiin putkiston laitteet väliaikaisilla laitetunnuksilla työkohteessa kuvassa 14 esitetyllä tavalla. Samalla kun väliaikaiset laitemerkinnät asennetaan, tulee tarkistettua PI-kaavioihin tehtyjen muutoksien paikkansapitävyys. Laiteluettelon perusteella tilattiin uudet Metsä Groupin ohjeen mukaiset laitepositiokilvet. Väliaikaisia laitemerkintöjä käytetään virallisten laitepositiokilpien toimituksen saapumiseen saakka. Merkinnät vaihdetaan virallisiin laitekilpiin heti, kun ne ovat saatavilla. Samalla PI-kaavion paikkansapitävyys tulee tarkastettua kolmannen kerran, kun viralliset laitekilvet asennetaan.



Kuva 14. Väliaikaiset laitemerkinnät

Väliaikaiset merkinnät suunniteltiin kestäämään ajoittain kohteessa esiintyvää kosteutta. Merkinnät tehtiin paperi lapulle, joka päällystettiin laminointi koneella kosteutta kestäväksi.

Kuvassa 15 on esimerkkinä yksi paperille päivitetyistä PI-kaavioista. Päivitetyjä kaavioita kertyi yhteensä seitsemän kappaletta. Kaaviot lähetettiin ulkopuoliselle suunnittelupalveluja tarjoavalle yritykselle, joka päivittää PI-kaaviot sähköiseen muotoon puhtaaksi piirrettyjen paperiversioiden pohjalta.



Kuva 15. Päivitetty paperiversio PI-kaaviosta

PI-kaavioon on merkittynä väreillä muutokset, joita niihin tehtiin. Vihreällä värillä muutokset, joissa on lisäyksiä. Punaisella värillä on merkitty poistettavia kohtia kaaviosta.

Viralliset laitepositiokilvet tilattiin organisaation ohjeistuksen mukaan, jossa on määritelty laitepositiokilvelle tiettyjä vaatimuksia. Vaatimuksina on mm. kilven fyysinen ulkonäkö, kilven ja kiinnityksen materiaali. Kuvassa 16 on virallinen laitepositiokilpi, jossa laitetunnus on kaiverrettuna metallikilpeen.

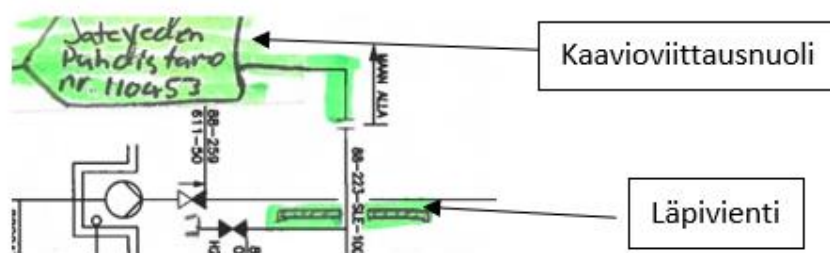


Kuva 16. Laitepositiokilpi

Kilpi on sidottuna laitteeseen metallilangalla. Kilven ja sidontalangon materiaali on valikoitu siten, että se kestää teollisuusympäristön olosuhteiden rasituksia ja on mahdollisimman pitkäikäinen. Kaiken kaikkiaan uusia laitepositiokilpiä tilattiin noin 230 kappaletta, joista pieni osa korvaa vanhat huono kuntoiset merkinnät ja loput ovat kokonaan uusia laitepositioita tai merkitsemättä jääneitä laitteita.

#### 5.4 Työn tulokset

Työn tuloksena PI-kaaviot saatiin vastaamaan nykytilaa tekemällä muutoksia alkuperäisiin kaavioihin, joten työssä ei laadittu uusia PI-kaavioita. Muutokset, joita PI-kaavioihin tehtiin, oli joko laitteiden ja linjojen lisäys tai vastaavasti niiden poisto. PI-kaavioihin lisättiin myös laitetunnukset laitteille, joille ei ollut tunnusta määriteltynä. PI-kaavioihin tehdyissä muutoksissa pyrittiin myös vaikuttamaan niiden tulkittavuuteen, jotta ne olisivat helppolukuisempia käyttäjälle (kuva 17).



Kuva 17. Tulkittavuutta parantavia merkintöjä

Laitteiden sijainnin havainnoimista suhteessa muihin laitteisiin pyrittiin parantamaan lisäämällä kaavioihin läpivientimerkintöjä ja kaavioviittaussuolia. Läpivientimerkinnät auttavat laitteen sijainnin havainnointia siten, että niiden perusteella voidaan päätellä mitkä laitteet sijaitsevat samalla tilassa ja mitkä eivät. Kaavioviittaussuolet osoittavat, jos linja jatkuu toisessa PI-kaaviossa.

PI-kaavion ja laitteiden merkintöjen osalta voidaan tehdä karkea-arvio niiden paikkansa pitävyydestä ennen työn aloitusta ja työn valmistumisen jälkeen. Arvio on esitetty taulukossa 1.

	Ennen	Nykyinen tila
Virheelliset PI-kaavion osat.	35 %	5 %
Laitteet, joilla ei ole tunnusta.	50 %	5 %
Laitteet, jotka ovat ilman positiokilpeä.	80 %	5 %

Taulukko 1. Arvio työn tuloksista

Työn tuloksien saaminen täysin luotettaviksi ja paikkansa pitäviksi on erittäin hankalaa. Työalueen laajuus, laitteiden suuri lukumäärä ja putkistojen monimutkaisuus vaikuttavat oleellisesti PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen nykytilan kartoittamiseen. Ihannetilanteessa kaikki asiakirjat eli laiteluettelot ja PI-kaaviot ovat niin graafisesti kuin tietosisällöltään täysin virheettömät. Asiakirjojen päivittäminen on erittäin haastavaa tehdä vuosien varrella tehtyjen muutoksien jälkeen, eikä ole välttämättä ajallisesti ja taloudellisesti järkevää niitä päivittää virheettömään tilaan. Virhemarginaali on huomioitava jätevedenpuhdistamoalueella työskennellessä, niin turvallisuuden näkökulmasta kuin prosessilaitteiden erotussuunnitelmia tehdessä.



## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteina oli tutustua Suomessa käytettäviin jätevedenpuhdistustekniikoihin ja toteuttaa Metsä Fibren antama toimeksianto. Toimeksiannon tavoitteena oli selvittää Joutsenon sellutehtaan jätevedenpuhdistamon PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen nykytila. Toiminnallisen työn pääpaino oli toimeksiannossa, jossa keskeisin asia oli PI-kaavioissa olevien puutteiden havainnointi ja korjaus, sekä uusien laitetunnuksien laatiminen ja niiden merkintä kentälle.

Toimeksiannon työosuuden laajuutta oli vaikea arvioida ennen työn aloitusta tarkasti ja se laajenikin hieman omasta alkuperäisestä arviosta. Työnsuorittamiseen syntyi selkeä työmenetelmä, kuinka putkistoa ja sen laitteet kartoitetaan luotettavasti. Tämä myös nopeutti työkulkua. Prosessissa käytetyt työmenetelmät ovat yksiselitteisiä, joiden avulla pystyi kartoittamaan monimutkaista putkistoa. Menetelmät ovat myös helposti sovellettavissa muunlaisten teollisuusputkistojen kartoittamiseen.

Työssä onnistuttiin parantamaan jätevedenpuhdistamon käytettävyyttä, turvallisuutta ja tulevien projektien suunnittelua. Luotettavampien asiakirjojen pohjalta pystytään laatimaan ajan tasalla olevat turvalliset käyttöohjeet puhdistamolle ja laatimaan laitteiden erotuksille uudet ohjeet käyttöhenkilöstölle. Päivitettyjä dokumentteja voidaan myös käyttää tulevien kunnossapito- ja kehitystöiden suunnittelussa.

Toimeksiannon kaltainen työ vaatii aikaa ja tarkkuutta. Putkistojen ja laitemerkintöjen kartoittaminen jälkikäteen vuosia aiemmin tehtyjen putki- ja laitemuutoksien jälkeen on haastavaa. Työn haastavuutta lisää henkilöstön vaihtuminen sekä heikko dokumentointi tehdyistä muutoksista. PI-kaavioiden päivittäminen ja laitteiden merkitseminen olisi hyvä tehdä samaan aikaan kun muutostyöt suoritetaan, jolloin ne huomattavasti helpompi tehdä. PI-kaavioiden päivittäminen ja laitemerkintöjen asentaminen on useasti hyvin pieni osa työstä, johon se sisältyy ja se on osasy syy miksi se jää hyvin vähälle huomiolle. PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen päivittämiselle olisi hyvä luoda selkeä käytäntö, jolla ehkäistäisiin työn tekemättä jäämistä. Käytäntöä voisi aloittaa rakentamaan esimerkiksi pohtimalla asian korostusta töiden suunnittelussa ja miettimällä kenelle PI-kaavioiden ja laitemerkintöjen päivittäminen kuuluvat.

## Lähteet

- Etelä-Suomen aluehallintovirasto. 2017. Joutsenon tehtaan ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen. Aluehallintavirasto. Ympäristöluva. Viitattu 5.4.2023. Saatavissa <https://ylupa.avi.fi/api/v1/documents/attachment/1765810>
- Historialliset ilmakuvat. Maanmittauslaitos 2022. Viitattu 5.5.2023 Saatavissa [https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?zoomLevel=1&coord=525406\\_7159061&mapLayers=801+100+default,3400+100+ortokuva:indeksi&timeseries=1950&noSavedState=true&showIntro=false&lang=fi](https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?zoomLevel=1&coord=525406_7159061&mapLayers=801+100+default,3400+100+ortokuva:indeksi&timeseries=1950&noSavedState=true&showIntro=false&lang=fi)
- Järvelä, J. 2022. Sellutehtaan jätevesipuhdistamon instrumentointien elinkaariuusinta. Lappeenrantaan–Lahden teknillinen yliopisto LUT. Sähkötekniikan kandidaatintyö. Viitattu 29.3.2023. Saatavissa <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022050432636>
- Karttunen E. 2003. RIL 124-1 Vesihuolto I. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Karttunen E. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Koistinen, J. 2023. Teollisuuden standardisointia 49 vuotta. PSK standardisointi. Powerpoint. Viitattu 24.2.2023. Saatavissa <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.saimia.fi/wp-content/uploads/PSK-esitys-2023.pptx>
- Metsä Fibre. Jätevedenpuhdistamon toiminta koulutus 2022. Viitattu 13.4.2023. Saatavissa rajoitetusti.
- Metsä Group. Joutsenon sellutehdas. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/metsafibre/sellun-tuotanto/joutsenon-sellutehdas/>
- Metsä Group. Yritysrakenne. Viitattu 22.3.2023. Saatavissa <https://www.metsagroup.com/fi/tietoa-metsa-groupista/tietoa-meista/yritysrakenne/>
- PSK 3602. 2008. PI-kaavion tietosisältö. PSK standardisointi.
- PSK 3603. 2012. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. PSK Standardisointi.
- PSK Standardisointiyhdistys ry. 2023. Viitattu 1.5.2023. Saatavissa <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.saimia.fi/standardit/>
- Vesilaitosyhdistys. 2014. Puhtaan veden tekijät, jätevesien puhdistaminen suomessa. Viitattu 10.4.2023. Saatavissa [https://www.vvy.fi/site/assets/files/1086/vvy\\_puhtaan\\_veden\\_tekijat\\_netti.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/1086/vvy_puhtaan_veden_tekijat_netti.pdf)

Ympäristönsuojelulaki 527/2014

Ympäristönsuojelulaki 86/2000

Ympäristö.fi. Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT. Viitattu 23.3.2023. Saatavissa [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Paras\\_tekniikka\\_BAT](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Paras_tekniikka_BAT)