



© Oulun kaupunki

## OULUN VESI

Oulujoen riskitarkastelu

## Sisältö

|          |                                                          |           |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>JOHDANTO .....</b>                                    | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>LÄHTÖTIEDOT.....</b>                                  | <b>2</b>  |
| 2.1      | Oulujoen ominaispiirteet.....                            | 2         |
| 2.1.1    | Oulujoen valuma-alueen virtaama ja joen säännöstely..... | 2         |
| 2.1.2    | Valuma-alueen kuormitus .....                            | 3         |
| 2.1.3    | Teollisuus.....                                          | 4         |
| 2.1.4    | Raakavedenlaatu pintavedenottamoilla.....                | 5         |
| 2.2      | Talousveden valmistus Oulujoen vedestä .....             | 8         |
| 2.3      | Vedentuotannon kriittisyys .....                         | 10        |
| <b>3</b> | <b>RISKIANALYYSI .....</b>                               | <b>10</b> |
| 3.1      | Käytetyt työmenetelmät .....                             | 10        |
| 3.2      | Riskimatriisi .....                                      | 11        |
| 3.3      | Riskianalyysin tulokset .....                            | 12        |
| 3.3.1    | Vakavat riskit .....                                     | 13        |
| 3.3.2    | Keskitason riskit.....                                   | 14        |
| 3.3.3    | Vähäiset riskit .....                                    | 17        |
| <b>4</b> | <b>YHTEENVETO .....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>5</b> | <b>LÄHTEET .....</b>                                     | <b>19</b> |

## Liitteet

Liite 1 Kartta Oulujoen alapuolinen vesistöalue ja riskikohteet

Liite 2 Kartta Oulun keskusta-alue ja riskikohteet

## **1 JOHDANTO**

Oulun kantakaupungin vedenhankinta on nykyisellään Oulujoesta saatavan veden varassa, ja toisin kuin muilla suurilla vesilaitoksilla Suomessa, vedenhankinnalla ei ole varajärjestelmää. Oulun Vesi on tällä hetkellä Suomessa ainoa talousvettä tuottava vesilaitos, joka käyttää pääraakavesilähteenään jokivettä.

Käytännössä Oulujoen käytön estyessä pystyttäisiin poikkeustilanteessa toimittamaan vettä vain 13 l/as/d, mikä tarkoittaa, että Kanta-Oulun alue kuuluu alimpaan varmuusluokkaan III, ainoana suurena vesilaitoksena Suomessa.

Vesilaitosten tulee kuulua varmuusluokkiin I tai II, ja siirtyminen luokkaan II edellyttää, että talousvettä on poikkeustilanteessa käytettävissä vähintään 50 l/as/d eli noin 4 kertaa enemmän kuin tällä hetkellä.

Maa- ja metsätalousministeriö on esittänyt vaatimuksen, että Oulun kaupungin tulee varmistaa lähitulevaisuudessa vedenhankintansa niin, että se perustuu kahteen eri raakavesilähteeseen ja Oulun Vesi on käynnistänyt Viinivaaran pohjavesihankkeen. Hankkeen tavoitteena on turvata Kanta-Oulun vedensaanti myös tilanteessa, jossa Oulujoen veden käyttö estyisi. Vaikka pohjaveden määrää osana vedenhankintaa lisätään, tulee 2/3 Oulun Veden tuottamasta vesimäärästä edelleen olemaan Oulujoesta valmistettua talousvettä.

Tässä työssä selvitettiin osana Oulun Veden Viinivaaran pohjavesihankkeen lupaprosessia Oulun Veden nykyisen raakavesilähteen, Oulunjoen, veden laatua ja veden toimitusvarmuutta uhkaavat riskit. Työssä tarkasteltiin Oulujärven alapuolista valuma-aluetta.

## **2 LÄHTÖTIEDOT**

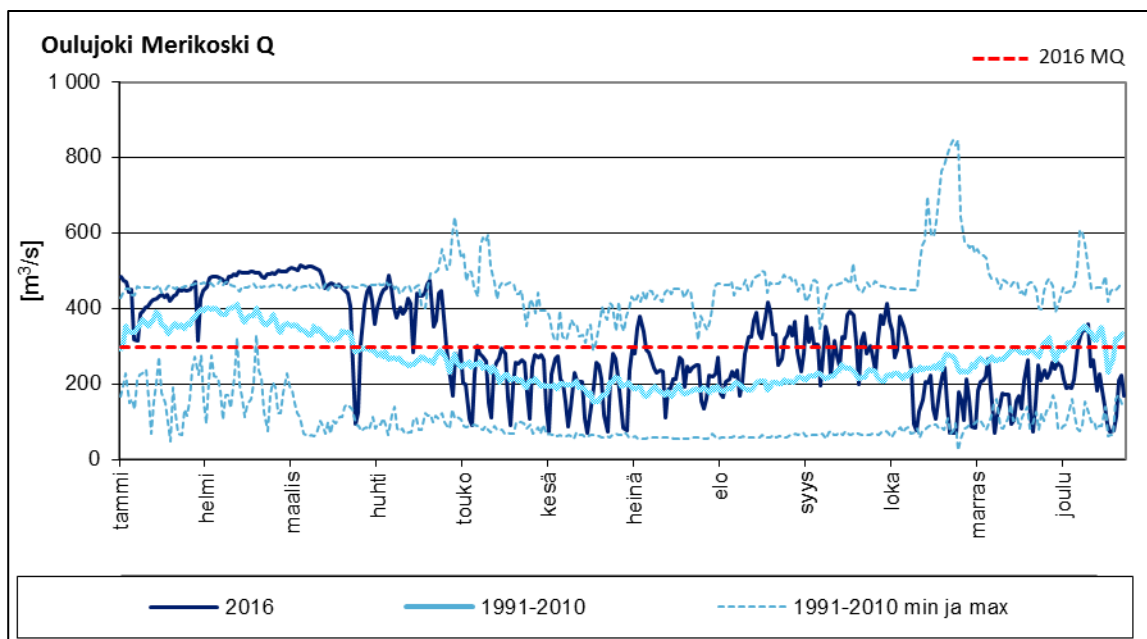
### **2.1 Oulujoen ominaispiirteet**

#### **2.1.1 Oulujoen valuma-alueen virtaama ja joen säännöstely**

Oulujoki muodostaa alimman osan Oulujoen vesistöstä. Vesistö jakautuu kahtia Oulujärven kohdalla, joka on Suomen neljänneksi suurin järvi. Oulujärvestä vedet purkautuvat Vaalankurkun kautta Oulujokeen, joka laskee lopulta Oulun kaupungin halki Perämereen.

Pituutta Oulujoella on 107 km ja korkeuseroa 122 metriä. Oulujoen alaosan valuma-alueen Oulujärven alapuolella (vesistöalue nrot 59.1 ja 59.2) pinta-ala on 3002 km<sup>2</sup>, kun koko Oulujoen vesistöalueen pinta-ala on 22 841 m<sup>2</sup>. Suurimmat sivujoet alaosalla ovat Kutujoki, Utosjoki, Muhosjoki ja Sanginjoki. Liitteenä 1 olevalla kartalla on esitetty Oulujoen alaosan vesistöalue, pääuoma ja suurimmat sivujoet.

Oulujoen vesistö on voimakkaasti säännöstelty. Pääuomassa on seitsemän voimalaitosta ja lisäksi yksi voimalaitos sijaitsee Utosjoen suulla. Säännöstely on lisännyt talviaikaisia virtaamia ja pienentänyt tulva- ja kesäaikaisia virtaamia, mikä tasoittaa virtaamien vaihteluita. Säännöstelystä johtuen virtaaman vuosirytmiiikka poikkeaa huomattavasti luonnontilaisesta. Oulujoen virtaamat ovat alkuvuodesta tyypillisesti suuria, kun vesiä juoksutetaan voimatalouden tarpeisiin ja luodaan varastointitilavuutta kevättulvavesille (Kuva 2.1).



**Kuva 2.1. Oulujoen virtaama Merikoskessa vuonna 2016 sekä pitkän ajanjakson (1991-2010) keski- ja ääriveraamat vuorokauden keskiarvoina (Suomen ympäristökeskus)**

## 2.1.2

### Valuma-alueen kuormitus

Oulujokea kuormittavat taajamien ja teollisuuden jäte- ja hulevesien lisäksi kalankasvatus, turvetuotanto, maa- ja metsätalous sekä haja- ja loma-asutus. Nykyisin Vaalan jätevedenpuhdistamo on ainoa alueella toimiva jätevedenpuhdistamo. Vuonna 2015 biologis-kemiallisessa rinnakkaissaostuslaitoksessa käsiteltiin 259 091 m<sup>3</sup> eli keskimäärin 710 m<sup>3</sup>/d jätevettä.

Oulujoen alaosalla on kolme kalankasvatuslaitosta. Petäjäkosken Kalan laitos sijaitsee Kutujoen alaosalla, Oulujoen Lohi Oy:n laitos Oulujoen pääuomassa Kutujokisuun kohdalla ja Montan Lohi Oy:n laitos Oulujoen pääuomassa Montan voimalaitoksen kohdalla.

Oulujoen alaosan vesistöalueella sijaitsee kolme suljettua kaatopaikkaa (Vaala, Utajärvi ja Muhos) sekä Miehonsuon tuhkanlajitysalue. Tuhkanlajitysalueelle läjitetään Toppilan voimalaitosten ja Laanilan Voima Oy:n tuhkia. Erillistarkkailujen raportointien perusteella kaatopaikkojen ja tuhkanlajitysalueiden vaikutukset alapuolisessa vesistössä olivat lieviä.

Vaalan jätevedenpuhdistamolla, kalankasvatuslaitoksilla sekä tuhkanlajitysalueella on ympäristöluvat ja toiminta on ollut ympäristölupaehdojen mukaista.

Vuonna 2015 Oulujoen alaosan vesistöalueella on turvetuotannossa 1492 ha, kunnostusvaiheessa 0 ha ja tuotannosta poistunut 301 ha. Turvetuotannon kokonaispinta-ala oli 1794 ha. Turvesoilta lähtevien vesien laadussa oli suuria kohteiden välisiä eroja ja turvetuotantoalueiden päästöihin vaikuttavat oleellisesti koko tarkkailukauden hydrologiset olosuhteet.

Kuormituksen jakautuminen kohteittain on esitetty taulukossa 2.1.

**Taulukko 2.1 Kuormituksen jakautuminen**

| Kuormittaja                       | Kok-P (%) | Kok-N (%) | COD <sub>Mn</sub> (%) | Kiintoaine (%) |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|
| Vaalan kunnan jätevedenpuhdistamo | 0,05      | 0,10      | 0,01                  | 0,01           |
| Miehonsuon tuhkanlajitusalue      | 0,00      | 0,00      | 0,00                  | 0,00           |
| Turvetuotanto                     | 0,25      | 0,33      | 0,19                  | 0,20           |
| Kalankasvatuslaitokset            | 0,09      | 0,03      |                       |                |
| Maa- ja metsätalous               | 41        | 41        |                       | 13             |
| Muu valuma-alueen kuormitus       | 58,6      | 58,5      | 99,8                  | 86,8           |

Oulujoen alaosalle on 2000-luvulla rakennettu siirtoviemäriverkosto, johon on liittynyt alueen haja-asutusta. Tämän myötä Oulujokeen haja-asutuksesta kohdistuva jätevesikuormitus on pienentynyt merkittävästi. Haja-asutuksen jätevesikuormituksen ei arvioida kovin nopeasti vähentyvän, koska jätevesiasetus ei velvoita viemäriin liittymistä. Oulussa Pikkaralan ja Madekosken alue on edelleen pääosin viemäröinnin ulkopuolella.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti kunnan tulee vastata hulevesien hallinnasta alueella. Oulun kaupungin alueella on 795 km hulevesiviemäreitä ja 155 kpl pumppaamoita. Hulevesiviemärit laskevat Oulujokeen ja osa viemäreistä raakavedenottoputkien yläjuoksulle. Hulevesissä kupari, sinkki ja typpi esiintyvät yleensä liukoisine ja muut yhdisteet kiintoaineeseen sitoutuneena (Airola et al. 2014).

#### Tulevaisuuden ennuste

Ilmatieteenlaitoksen, Helsingin yliopiston ja Suomen ympäristökeskuksen tutkimuksen (ACCLIM II 2011) ja Ilmasto-oppaan ([www.ilmasto-opas.fi](http://www.ilmasto-opas.fi)) mukaan ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan sadantaan ja sitä kautta valumaan, joen virtamaan ja mm. hulevesien määrään tulevaisuudessa seuraavasti:

- runsassateisten päivien määrä tulee lisääntymään kaikkina vuodenaikoina, eniten talvella ja vähiten kesällä
- keskitasoisten kasvihuonepäästöjen toteutuessa kovimmat vuorokausisateet voimistuvat vuosisadan loppuun mennessä 20 % ja vuotuiset sademäärät kasvavat vuoteen 2050 mennessä arviolta n. 12 %
- talvisin sade yhä useammin tulee lumen sijaan vetenä

### 2.1.3 Teollisuus

Oulun keskustan ja valtatie 20:n pohjoispuolella, Nelostien välittömässä läheisyydessä sijaitsee Takalaanilan kaupunginosa. Alue käsittää kokonaan Kemira Oyj:n tehdasalueen sekä itäpuoliset pienen ja keskisuuren teollisuuden käytössä olevat alueet.

Fermion Oy on noin 100 työntekijää työllistävä lääketehdas Sanginsuun kaupunginosassa. Lääketehtaan alueella varastoidaan myrkyllisiä kemikaaleja.

Tehdasalueille kuljetetaan vaarallisiksi luokiteltuja kemikaaleja, joista vedenottamoiden kannalta merkittävimmät reitit ovat valtatiet 20 ja 22. Lisäksi Oulujoen suuntaisesti kulkevalla rautatiellä kuljetetaan kemikaaleja.

## 2.1.4 Raakavedenlaatu pintavedenottamoilla

Ympäristöhallinnon Avoin tieto -palvelusta saadun tiedon mukaan Oulujoen alaosan ekologinen tila on Muhokselta Merikoskelle tyydyttävä suhteutettuna parhaaseen saavutettavissa olevaan tilaan. Tilaluokka fysikaalis-kemiallisen vedenlaadun perusteella on hyvä.

Raakaveden laatua koskevat laboratorioanalyysitulokset vuodelta 2015 on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 2.2).

**Taulukko 2.2. Raakaveden laatu (Oulujoki) v. 2015**

| Vedenlaatu 2015                           |                      | Raakavesi / Oulujoki |       |         | STM<br>1352/<br>2015** |
|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------|---------|------------------------|
|                                           | Yksikkö              | Keski-<br>arvo       | Max   | Min     |                        |
| <b>Mikrobiologiset määritykset</b>        |                      |                      |       |         |                        |
| Enterokokit                               | pmy/100ml            | 3                    | 7     | 0       | 0                      |
| Escherichia coli                          | mpn/100 ml           | 22                   | 548   | 0       | 0                      |
| Koliformisten bakt.<br>kokonaismäärä      | mpn/100 ml           | 167                  | 1986  | 7       | 0                      |
| <b>Fysikaalis-kemialliset määritykset</b> |                      |                      |       |         |                        |
| Ammonium, NH <sub>4</sub>                 | mg/l                 | 0,011                | 0,044 | ei tod. | 0,50                   |
| Kokonaistyyppi, Tot-N                     | µg/l                 | 370                  | 420   | 330     |                        |
| COD <sub>Cr</sub>                         | mg O <sub>2</sub> /l | 30                   | 85    | <30     |                        |
| Kiintoaine                                | mg/l                 | 3,8                  | 7,2   | <2,0    |                        |
| KmnO <sub>4</sub> -luku                   | mg/l                 | 48                   | 55    | 40      |                        |
| Sameus                                    | FTU                  | 2,6                  | 8,8   | 0,78    |                        |
| Väriluku                                  | mg/l Pt              | 85                   | 129   | 60      |                        |
| Lämpötila                                 | °C                   | 6,2                  | 18,0  | 0       |                        |
| pH, +25 °C                                |                      | 6,8                  | 7,0   | 6,3     | 6,5-9,5                |
| Kloridi, Cl <sup>-</sup>                  | mg/l                 | 1,0                  | 1,7   | 0,9     | 250                    |
| Sulfaatti, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | mg/l                 | 3,5                  | 6,1   | 3,0     | 250                    |
| Sähkönjohtavuus, +25 °C                   | µS/m                 | 31                   | 47    | 28      | 250                    |
| Alumiini, Al                              | µg/l                 | 70                   | 140   | 30      | 200                    |
| Elohopea, Hg                              | µg/l                 | <0,1                 | <0,1  | <0,1    | 1,0                    |
| Kadmium, Cd                               | µg/l                 | <0,02                | <0,02 | <0,02   | 5,0                    |
| Mangaani, Mn                              | µg/l                 | 19,3                 | 32,0  | 9,3     | 50                     |
| Rauta, kokonais, Fe                       | µg/l                 | 650                  | 1700  | 370     | 200                    |
| Radioaktiivisuus, Radon (Rn-222)<br>)     | Bq/l                 | <30                  | <30   | <30     | 300                    |

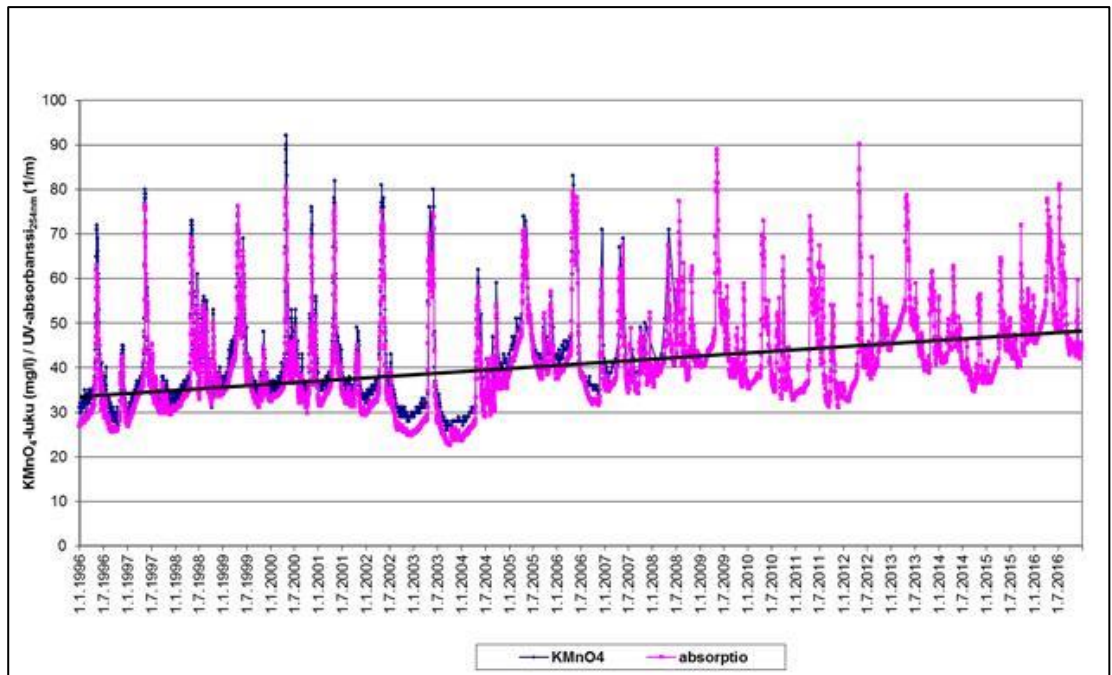
\*) STUK, Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa, vuosiraportti (STUK-B julkaisusarja)

\*\*) Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja tutkimuksista

Raakaveden humusyhdisteiden eli orgaanisen aineen määrää kuvaavat COD (kemiallinen hapenkulutus), kaliumpermanganaattiluku (KMnO<sub>4</sub>- luku), sameus ja väriluku. Talousveden valmistaminen Oulujoen vedestä vaatii kiintoaineen, värin, sameuden, orgaanisen aineen (humusyhdisteet), raudan ja mangaanin poistamista

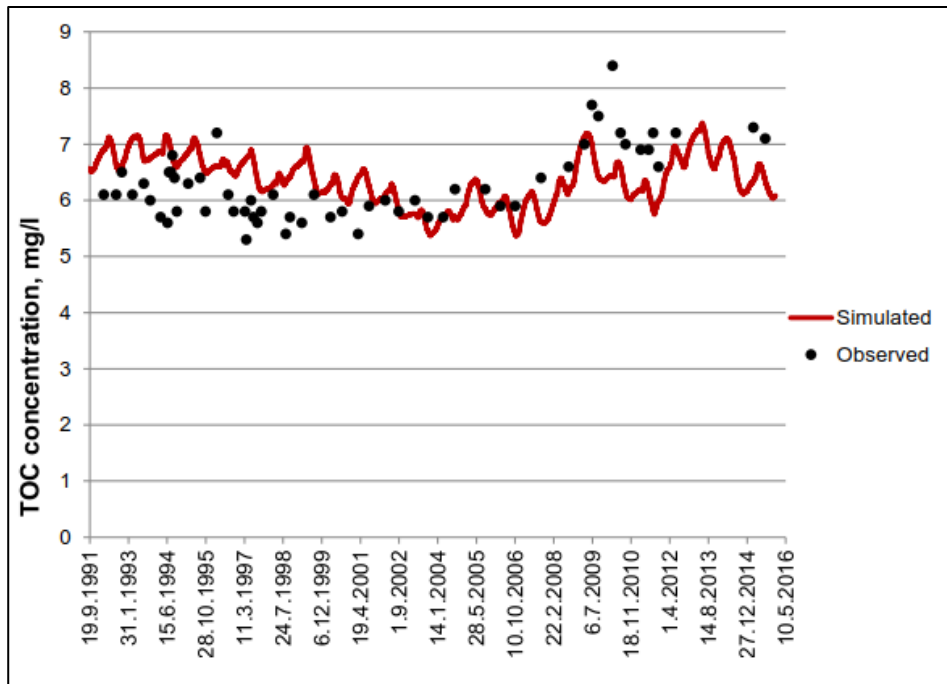
jokivedestä sekä veden desinfioinnin ennen kuin vesi täyttää lainsäädännön asettamat vaatimukset talousvedelle.

Jokivedelle tyypillistä on orgaanisen aineen määrän vaihtelu virtaaman mukaisesti. Kuvasta (Kuva 2.2) ilmenee kausivaihtelu, joka heijastuu oleellisesti raakaveden laatuun. Orgaanisen aineen ohella myös metallien, sulfaattien ja kiintoaineen kuormitus raakavedessä riippuu virtaamavaihteluista. Pitkäaikaistrendinä on nähtävissä myös jokiveden orgaanisen aineksen määrän lisääntyminen. Oulujoessa orgaanisen aineen keskimääräinen pitoisuus on noussut viimeisen kymmenen vuoden aikana n. 17 %.



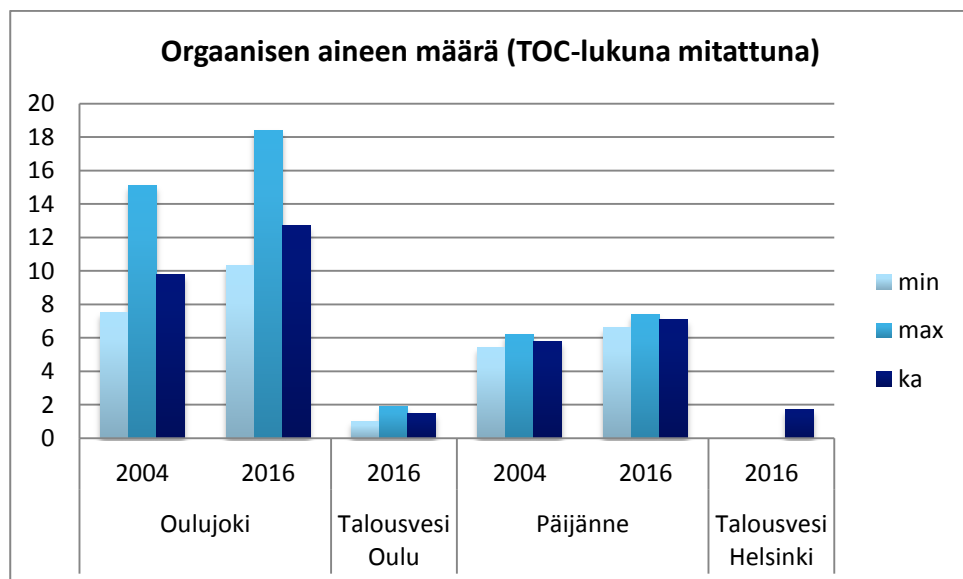
**Kuva 2.2. Orgaanisen aineen kehitys ja vaihteluvälit Oulujoessa KMnO<sub>4</sub>-lukuna mitattuna**

Vastaava trendi on ollut havaittavissa Päijänteellä (Kuva 2.3). Orgaanisen aineen pitoisuus Päijänteellä on noussut viimeisen 10 vuoden aikana n. 15 %. Vedenlaatu on järvivedessä kuitenkin vuositasolla tasaista ja vuodenaikaisvaihtelut ovat pieniä. Päijänteen vettä käytetään raakavetenä pääkaupunkiseudun talousveden valmistukseen.



**Kuva 2.3 Orgaanisen aineen kehitys ja vaihteluvälit Päijänteellä TOC-lukuna mitattuna (Kuva: Forsius et al. 2016)**

Päijänteen veden sisältämästä orgaanisesta aineesta poistetaan vedenkäsittelylaitoksilla n. 76 % ja Oulun Veden laitoksilla vastaavasti n. 87 %. Suurin osa orgaanisesta aineesta poistetaan kemiallisella saostuksella (Kuva 2.4).



**Kuva 2.4 Orgaanisen aineen määrän vaihtelu ja muuttuminen Oulujoessa ja Päijänteessä ja talousveden vedenkäsittelyn jälkeinen orgaanisen aineen määrä Oulussa ja Helsingissä**

Orgaanisen aineen pitoisuuden kasvun oletetaan johtuvan ilmastonmuutoksesta, joka on aiheuttanut runsassateisten kausien lisääntymistä. Toisaalta teollisuuden päästöjen aiheuttamien ns. happosateiden määrä on vähentynyt ja sitä kautta sulfaattipitoisuudet vesistöissä pienentyneet ja tämän on todettu tutkimuksissa lisänneen liuenneen orgaanisen aineen määrää vesistöissä. (Forsius et al. 2016, Castrén et al. 2014).

## 2.2 Talousveden valmistus Oulujoen vedestä

Oulun Vedellä on kaksi erillistä talousveden valmistamiseen tarkoitettua pintavesilaitosta – Hintan ja Kurkelanrannan vedenpuhdistamot. Ne ottavat raakavetensä Oulujoesta ja valmistavat siitä talousvettä kanta-Oulun alueen oululaisille. Oulujoesta otetaan raakavettä vuosittain noin 10 miljoonaa m<sup>3</sup>. Talousvettä pumpattiin verkostoon vuonna 2015 keskimäärin 26 447 m<sup>3</sup> vuorokaudessa.

Vedenottamoiden sijainnit on esitetty liitteenä 2 olevalla kartalla.

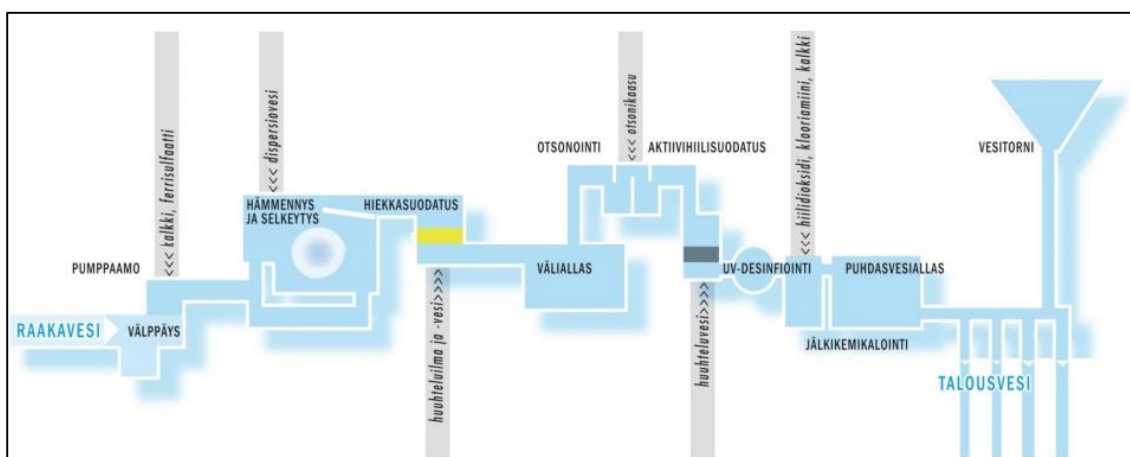
Kurkelanrannan pintavedenpuhdistamo sijaitsee Oulujoen eteläpuolella, Värtön kaupunginosassa. Kurkelanrannan vedenpuhdistamon vettä johdetaan pääasiassa Oulujoen eteläpuoleisille kaupunkialueille. Vedenpuhdistamon tuotto on normaaliajolla 600 m<sup>3</sup>/h ja poikkeustilanteissa maksimijolla 900 m<sup>3</sup>/h. Raakavesi otetaan Oulujoesta kolmella imuputkella ja johdetaan väljän ja raakavesipumppaamon kautta puhdistusprosessiin.

Vedenpuhdistusprosessin päävaiheet ovat:

- kiinteän aineen mekaaninen erottaminen väljillä
- orgaanisen aineen ja epäpuhtauksien (mm. humus, rauta, mangaani) saostaminen kemiallisesti
- saostuman erottaminen flotaatiolla
- veden puhdistaminen mekaanisesti hiekkasuodatuksella
- orgaanisen aineksen hajottaminen ja mikrobien tuhoaminen otsonilla
- orgaanisen aineksen vähentäminen ja hajua ja makua aiheuttavien tekijöiden poistaminen aktiivihilisuodatuksella
- veden desinfiointi UV-laitteistolla
- veden käsittely verkostokorroosion minimoimiseksi kalkkiliuoksella ja hiilidioksidilla
- veden desinfiointi natriumhypokloriitilla ja ammoniumkloridilla

Prosessin loppuvaiheessa veteen sekoitetaan pieni määrä Hangaskankaan pohjavettä. Talousvesi pumpataan suoraan kuluttajille käytettäväksi tai pienen kulutuksen aikaan myös vesitorneihin.

Vedenpuhdistusprosessin kulku on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 2.5) prosessikaaviona.



**Kuva 2.5. Kurkelanrannan vedenpuhdistamon prosessikaavio.**

Hintan pintavedenpuhdistamo sijaitsee Oulujoen pohjoispuolella Hintan kaupunginosassa ja palvelee pääasiassa Oulujoen pohjoispuolisia kaupunkialueita. Vedenpuhdistamon tuotto on normaaliajolla 700 m<sup>3</sup>/h ja maksimijolla 1100 m<sup>3</sup>/h. Raakavesi otetaan Oulujoesta kahdella imuputkella ja johdetaan välpän ja raakavesipumppaamon kautta puhdistusprosessiin. Talousvesi valmistetaan pääpiirteissään samanlaisella prosessilla kuin Kurkelanrannan laitoksella, mutta ilman UV-desinfiointia.

Jokiveden käyttö raakavetenä asettaa vedenotolle ja vedenkäsittelyprosessille erityisvaatimuksia. Talvisaikaan vedenottamoiden imuputkia pidetään sulana suppojään takia, mikä vaatii jatkuvaa hallintaa.

Vedenkäsittelyprosessi on suunniteltu erityisesti jokiveden puhdistukseen. Jotta Oulujoen vedestä saadaan talousvesikelpoista vettä, täytyy kaikkien yksittäisten prosessien toimia, eikä mitään niistä voida ohittaa.

Laitosten prosessin toimivuus on riippuvainen kemikaaleista, paineilmaista, sähköstä ja automaatiojärjestelmästä.

Prosesseista kriittisin on orgaanisen aineen ja epäpuhtauksien poistamiseen käytettävä kemiallinen saostus. Raakaveden laadun muuttuminen ja orgaanisen aineen määrän kasvu on havaittavissa myös saostuskemikaalin, ferrisulfaatin, kulutuksessa, jota kului vuoteen 2004 saakka noin 900 tonnia vuodessa, kun vuonna 2013 kemikaalin kulutus oli jo yli kaksinkertainen, 1934 tonnia. Ferrisulfaatin annostusmäärät ovat kasvaneet 10 vuoden aikana yli 125 %. (WSP Finland 2015)

Prosessin kannalta on myös tärkeää saada paineilmaa ja sähköä. Paineilmaa käytetään mm. flotaatioprosessissa. Vakavassa ilmansaastumistilanteessa ilman otto laitokselle saatetaan joutua keskeyttämään.

Hintan vedenpuhdistamon sähkönsyöttö on järjestetty yhden kaapelin kautta. Sähkökatkojen varalle Hintassa on siirrettävä varavoimakone. Kurkelanrannan vedenpuhdistamolla sähkönsyöttö on varmistettu kahden eri kaapelin kautta, mutta siellä ei ole omaa varavoimakonetta. Tarvittaessa Hintan varavoimakone on mahdollista siirtää Kurkelanrantaan.

Laitosten automaatiojärjestelmien tulee toimia, jotta prosessia voidaan ohjata. Laitoksilla muodostuu suodattimien huuhteluvesiä sekä saostuslietettä sisältäviä vesiä, jotka tulee voida viemäroidä laitokselta pois.

Molemmilla laitoksilla tuotettu talousvesi täyttää sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 1352/2015 mukaiset talousvedelle asetetut laatuvaatimukset ja suositukset.

### **2.3 Vedentuotannon kriittisyys**

Myös mahdollisissa häiriötilanteissa laatuvaatimukset täyttävän talousveden jakelu tulee turvata erityisesti kriittisille vedenkäyttäjille, joita kanta-Oulussa ovat sairaalat, terveysasemat, palvelutalot ja Valion meijeri.

Jos raakavedenotto joudutaan keskeyttämään molemmille laitoksille, riittää talousvettä jakeluun noin 3-10 tuntia vuorokauden ajasta riippuen.

## **3 RISKIANALYYSI**

### **3.1 Käytetyt työmenetelmät**

Oulujokeen kohdistuvien riskien tunnistaminen ja suuruuden arviointi tehtiin yhteensä 1,5 päivää kestäneissä työpajoissa käytettävissä olevien lähtötietojen ja työpajaan osallistuneiden asiantuntijoiden tuoman tiedon pohjalta.

Lähtötietoaaineistona käytettiin mm. Oulujoen alaosan yhteistarkkailuraporttia (2015), Oulun Veden vedenlaadun WSP-riskienhallintasuunnitelmaa (Water Safety Plan), paikkatietoa sekä Oulun Vesihuollon kehittämissuunnitelmaa vuosille 2015-2030.

Työpajojen aineistosta ja työpajan vetämisestä vastasi Pöyry Finland Oy.

Työpajoihin osallistuivat konsultin lisäksi:

- Oulun Veden johto ja asiantuntijat eri yksiköistä ja laitoksilta
- Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus
- Juha Kangaskokko, Jaana Rintala ja Kaisa Kettunen, ELY-keskus
- Tomi Honkakunnas, Oulu-Koillismaan pelastuslaitoksen riskienhallintapäällikkö
- Heikki Kontsas, Oulun kaupungin riskienhallintapäällikkö

Työkaluna käytettiin MS Excel-pohjaista riskilistaa. Riskien tunnistaminen ja arviointi oli jaettu seuraaviin kategorioihin:

- Säteilyriskit
- Liikenne
- Teollisuus
- Voimalaitokset
- Kalankasvatus
- Jätevesi ja kaatopaikat
- Maa- ja metsätalous
- Turvetuotanto
- Luonnonolosuhteet ja ilmastonmuutos
- Muut riskit

### 3.2 Riskimatriisi

Riskien arviointi tehtiin kuvan 3.1 mukaisella riskimatriisilla, jonka perusteella määritettiin vaaran aiheuttajan todennäköisyys sekä vaarasta aiheutuvat seuraukset veden laadulle ja vesihuoltolaitoksen toimintavarmuudelle. Riskin suuruuden arvioinnissa huomioitiin mahdolliset olemassa olevat hallintakeinot.

| Riski = Seuraus x Todennäköisyys |                                                                          | 1        | 2           | 4      | 8               |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|--------|-----------------|
|                                  |                                                                          | Vähäinen | Haitallinen | Vakava | Erittäin vakava |
| 1                                | Harvinainen<br>(esiintyy harvemmin kuin 10 vuoden välein)                | 1        | 2           | 4      | 8               |
| 2                                | Mahdollinen<br>(oletetaan tapahtuvan 2-10 vuoden kuluessa)               | 2        | 4           | 8      | 16              |
| 3                                | Todennäköinen<br>(oletetaan tapahtuvan kahden vuoden aikana)             | 3        | 6           | 12     | 24              |
| 4                                | Erittäin todennäköinen<br>(oletetaan tapahtuvan seuraavan vuoden aikana) | 4        | 8           | 16     | 32              |

**Kuva 3.1 Riskimatriisi. Vähäinen riski (0-3), keskitason riski (4-6), vakava riski (7-32)**

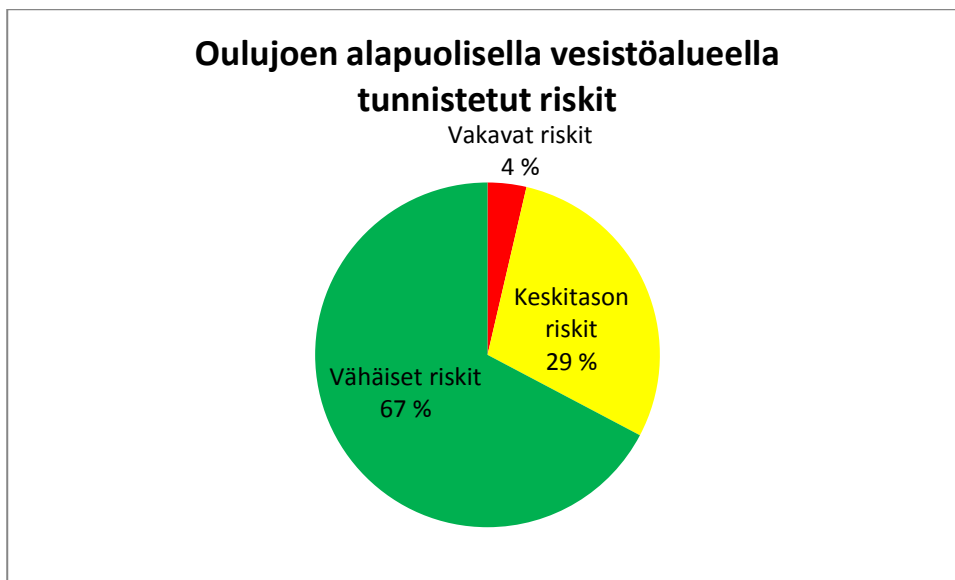
Vaarasta aiheutuvat seuraukset veden laadulle ja vesihuoltolaitoksen toimintavarmuudelle arvioitiin alla olevan vakavuusasteikon mukaisesti:

**Taulukko 3.1 Riskin vakavuusasteikko.**

| Seuraus                      | Vedenlaatu                                                                                                                                                                                                        | Toimintavarmuus                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1<br/>Vähäinen</b>        | Haitalliset päästöt vesistöön vähäisiä, seurauksena tilapäinen vedenlaadun heikkeneminen pienellä rajatulla alueella, vesistö korjaa tilanteen itseksensä, ei mitattavissa oleva veden laadun muutos              | Ei aiheuta vedenottokatkoa laitoksella, riski voidaan hallita nykyisellä vedenkäsittelyllä                                                                                                         |
| <b>2<br/>Haitallinen</b>     | Merkittävä kemikaali- tai kiintoainepäästö vesistöön, joka aiheuttaa vesistössä tilapäisen, mutta selvästi mitattavissa olevan kemiallisen laadun muutoksen, esimerkiksi väri, sameus, metallit, kemikaalit, öljy | Vedenlaadun heikentyminen voidaan hallita osittain vedenkäsittelyllä, mutta talousveden laatusuosituksen ylitys mahdollinen, voi aiheuttaa 2-8 tunnin vedenottokatkon laitoksella                  |
| <b>4<br/>Vakava</b>          | Merkittävä jätevesipäästö, joka aiheuttaa veden mikrobiologisen laadun merkittävän muuttumisen, merkittävä sinilevähavainto, muu merkittävä pidempiaikaista vaikutusta vesistöön aiheuttava päästö                | Vedenkäsittelyprosessi ei pysty poistamaan päästöä ja raakaveden laadun heikkeneminen voi aiheuttaa talousveden laatuvaatimusten ylittymisen, voi aiheuttaa > 8 tunnin vedenottokatkon laitoksella |
| <b>8<br/>Erittäin vakava</b> | Säteilyonnettomuus tai muu vakava onnettomuus, joka aiheuttaa pysyvemmän pintavesilähteen laadun muutoksen                                                                                                        | Vedenkäsittelyprosessi ja veden tuotanto pintavedenkäsittelylaitoksilta keskeytyy pidemmäksi aikaa                                                                                                 |

### 3.3 Riskianalyysin tulokset

Riskianalyysissä tunnistettiin yhteensä 56 vaaranaiheuttajaa, jotka jakautuivat riskimatriisiin mukaisiin vähäisiin riskeihin, keskitason riskeihin ja vakaviin riskeihin kuvan 3.2 mukaisesti.



**Kuva 3.2 Tunnistettujen riskien jakautuminen riskin suuruusluokittain**

### 3.3.1 Vakavat riskit

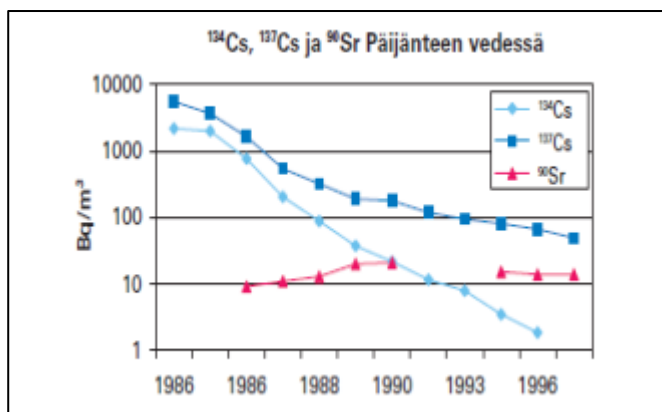
Talousveden valmistuksen kannalta vakavimmiksi luokiteltiin taulukossa 3.2 esitetyt riskit, jotka molemmat kuuluvat kategoriaan säteilyriskit.

**Taulukko 3.2 Vakavimmat vedenhankintaa Oulujoesta uhkaavat riskit**

|               | Kohteet                                                    | Vaaran aiheuttaja                                                                                            | Vaara                                                                |
|---------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Säteilyriskit | Ydinvoimala Suomessa tai naapurimaissa                     | Ydinvoimalasta tuleva laskeuma voi saastuttaa pintaveden. Avoveden aikaan laskeuma pääsee suoraan vesistöön. | Keinotekoiset radionuklidit (strontiumin, kesiumin, jodin isotoopit) |
| Säteilyriskit | Ydinaseräjäytys (esim. ydinkokeet) lähi- tai kaukoalueilla | Pintavedestä löytyy radioaktiivisia aineita                                                                  | Esim. Pu, U                                                          |

Riski on todennäköisyydeltään hyvin harvinainen, mutta riskin seuraus luokiteltiin erittäin vakavaksi, koska seuraukset ovat pitkäkestoisia ja voivat pahimmassa laskeumatilanteessa keskeyttää talousveden tuotannon pitkäksi aikaa.

Pitkäikäisistä laskeumanuklideista kesium poistuu nopeiten, sillä se sitoutuu kiintoainekseen, sen sijaan strontium pysyy liukoisena vedessä, eikä sedimentoidu yhtä nopeasti kuin kesium (Kuva 3.3).



**Kuva 3.3 Kesiumin ja strontiumin isotooppien aktiivisuuspitoisuudet Asikkalanselän vedessä toukokuussa 1986 ja 10 vuotta sen jälkeen (Lähde: Vaaramaa 2013)**

Vedenkäsittelylaitoksilla saadaan nykyisillä prosesseilla poistettua radionuklideista 10-40 % ja parhaiten hiukkasmuodossa olevat radioaktiiviset aineet. Sen sijaan liuenneiden yhdisteiden poistuminen voi jäädä vähäiseksi. Kemiallisessa saostuksessa syntyvien radioaktiivisten saostuslietteiden käsittely ja jatkosijoitus tulee suunnitella erikseen tilanteen mukaisesti.

Tämän hetkinen varautuminen Oulun Vedessä on keskeyttää raakaveden otto ja toimia tilannejohtajan (pelastustoimi) ohjeiden mukaisesti.

### 3.3.2 Keskitason riskit

Keskitason riskit voidaan jakaa tulosten perusteella kolmeen luokitukseen:

1. Riskit, jotka olivat todennäköisyydeltään harvinaisia, mutta seurauksiltaan vakavia (Taulukko 3.3)
2. Riskit, jotka aiheuttivat jatkuvaa kuormitusta jokeen ja kuormituksen ennakoidaan jatkuvan vähintään samalla tasolla myös tulevaisuudessa, seuraukset pystytään hallitsemaan nykyisellä vedenkäsittelyllä (Taulukko 3.4)
3. Riskit, jotka ovat todennäköisyydeltään mahdollisia ja seuraukset voivat olla haitallisia (Taulukko 3.5)

**Taulukko 3.3 Keskitason riskit, jotka ovat seuraukseltaan ”vakavia”, mutta todennäköisyydeltään ”harvinaisia”**

|                | Kohteet                                                                                                            | Vaaran aiheuttaja                                                                                                                                            | Vaara                                                                                  |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Teollisuus     | Valuma-alueen tehtaat ja teollisuus                                                                                | Suuronnettomuus teollisuusalueella, sammutusvedet, kemikaalivuoto tehdasalueella                                                                             | Ympäristölle vaaralliset ja myrkylliset kemikaalit                                     |
| Teollisuus     | Valuma-alueen tehtaat ja teollisuus                                                                                | Savukaasut tai myrkylliset kaasupäästöt teollisuusalueelta: ilman kautta tulevat päästöt voivat estää ilmanoton laitokselle                                  | Savukaasut, myrkylliset kaasut                                                         |
| Teollisuus     | Valuma-alueen tehtaat ja teollisuus                                                                                | Teollisuuslaitoksen jätevesiä pääsee häiriötilanteen takia käsittelemättöminä vesistöön (hulevedet ja tehtaan jätevedet).                                    | Kemiallinen saastuminen                                                                |
| Teollisuus     | Valuma-alueen tehtaat ja teollisuus                                                                                | Teollisuuslaitosten tynnyreiden, konttien tai säiliöiden vuoto jokeen, purkupaikalla tapahtuvat onnettomuudet                                                | Ympäristölle vaaralliset ja myrkylliset kemikaalit                                     |
| Voimalaitokset | Yläpuoliset voimalaitokset: Fortum Power and Heat, Jylhämä voimalaitos, Utanen, Ala-Utos, Pälli, Pyhäkoski, Montta | Yläpuolinen voimalaitospato murtuu ja aiheuttaa äkillisen tulva-aallon.                                                                                      | Raakavedenottoputket hajoavat suuren virtaaman seurauksena, ei vedenottoa laitokselle. |
| Jätevesi       | Siirtoviemärit; Muhoksen siirtolinja (3000m <sup>3</sup> /d); Oulun veden omat jätevesiviemärit                    | Merkittävä viemärivuoto tai -sortuma tai putkirikko vesistöналituksessa aiheuttaa jätevesien valumiseen jokeen                                               | Patogeenit, ammoniumtyppi                                                              |
| Jätevesi       | Jätevedenpumppaamot                                                                                                | Laaja sähkökatko keskeyttää jätevedenpumppaamisen. Käsittelemättömät jätevedet päätyvät jokeen. Lisäksi ei saada tuotettua riittävästi talousvettä jakeluun. | Patogeenit, ammoniumtyppi                                                              |

**Taulukko 3.4 Keskitason riskit, jotka aiheuttavat jatkuvaa kuormitusta jokeen, mutta jotka voidaan hallita vedenkäsittelyllä ja seuraus jää vähäiseksi**

|                     | Kohteet                                            | Vaaran aiheuttaja                                                                                                                                               | Vaara                               |
|---------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Jätevesi            | Hulevesiviemäreiden kautta jokeen tuleva kuormitus | Hulevesien aiheuttamat vedenlaatumuutokset.                                                                                                                     | Kiintoaineet, kupari, sinkki, typpi |
| Jätevesi            | Jäteveden ohijuoksutukset                          | Automaatio- tai tiedonsiirtohäiriön vuoksi jäteveden ohijuoksutuksessa pääsee käsittelemätöntä jätevettä vesistöön.                                             | Patogeenit, ammoniumtyppi           |
| Jätevesi            | Haja-asutusalueet                                  | Käsittelemättömiä jätevesiä pääsee ympäristöön (Pikkaralassa n. 2000 asukasta liittymättä viemäriverkostoon)                                                    | Patogeenit, ammoniumtyppi           |
| Maa- ja metsätalous | Lannoitteet                                        | Maataloudessa käytettävät lannoitteet kulkeutuvat vesistöön                                                                                                     | Typpiyhdisteet, fosfaattifosfori    |
| Turvetuotanto       | Turvetuotanto valuma-alueella                      | Turvetuotannosta tulevat valumavedet                                                                                                                            | pH, COD, P, N, kiintoaine           |
| Luonnonolosuhteet   | Rankkasateet, jään sulaminen, tulvat               | Tulvien aikaan tapahtuvat nopeat vedenlaatumuutokset (kuormituksen lisääntyminen joessa), ilmastonmuutoksen ennakoitua lisäävän rankkasateiden todennäköisyyttä | COD, kiintoaine                     |
| Luonnonolosuhteet   | Rannat                                             | Rantatörmän sortuma aiheuttaa kiintoainehuuhtouman (lyhytaikainen säännöstely lisää todennäköisyyttä), ilmastonmuutos                                           | Kiintoaineet                        |

**Taulukko 3.5 Keskitason riskit, jotka ovat todennäköisyydeltään mahdollisia ja seuraukset voivat olla haitallisia**

|                          | Kohteet        | Vaaran aiheuttaja                                                                                                                    | Vaara                               |
|--------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Turvetuotanto</b>     | Metsäojitukset | Metsäojitusten kautta jokeen tuleva kuormitus, kuivatukset, erityisesti happamien sulfaattimaiden ojitukset (Sanginjoen valuma-alue) | kiintoaine, metallit, sulfaatti, pH |
| <b>Luonnonolosuhteet</b> | Jääpato/suppo  | Jääpato/suppo kaivaa pohjasedimenttiä ja estää vedenoton laitokselle                                                                 | Vedentuotantokatko                  |

Merkittävimmät teollisuuskohteet, joilla voi olla vaikutusta Oulujoen veden laatuun, ovat vedenottamoiden läheisyydessä sijaitseva Takalaanilan teollisuusalue sekä Fermion Oy:n lääketehdas. Mahdollisen kemikaalivuodon tai likaisten sammutus- tai muiden valumavesien päätyminen jokeen lisäksi haittaa vedenkäsittelylaitosten toiminnalle voivat aiheuttaa mahdolliset savukaasut, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa paineilmaa tarvitseville prosesseille ja toisaalta ilmanvaihdon kautta aiheuttaa vedenlaadun heikentymistä talousveden varastoaltaissa.

Vakavassa sähkökatkotilanteessa vedenkäsittelylaitosten toiminta on turvattu varavoimalla, mutta laitosten toiminta edellyttää jatkuvan lietteiden ja pesuvesien viemäroinnin ja sitä kautta myös viemäriverkoston toiminnan tulee olla turvattu. Lisääntynyt jätevesikuormitus raakavedessä edellyttää talousveden laadun turvaamiseksi erityisesti sähköä tarvitsevien otsonointi- ja UV-desinfiointiprosessien toiminnan varmistamisen.

Taulukoissa 3.4 ja 3.5 esitetyt riskit linkittyvät tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen. Sivujokien kautta turvetuotantoalueilta sekä maa- ja metsätaloudesta tulevan kuormituksen ennakoita püsytän vähintään samalla tasolla myös tulevaisuudessa. Runsaiden sateiden ja säätilan vaihteluiden myötä valuma-alueilta tulee myös jatkossa jatkuvaa kuormitusta Oulujokeen ja vuodenaikaisvaihtelut kiintoaineen ja liuenneen orgaanisen aineen määrissä (COD) tulevat jatkumaan. Vedenkäsittelylaitosten tulee pystyä myös tulevaisuudessa käsittelemään lisääntyneet kiintoaineen ja orgaanisen aineen määrät, vastaamaan useamman kerran vuodessa tapahtuviin vedenlaadun muutoksiin, varautua kriittisten kemikaalien saantiin sekä varmistaa energian saatavuus.

### 3.3.3 Vähäiset riskit

Kohteisiin, joissa riskin suuruus luokiteltiin vähäiseksi, kuuluivat mm. tie-, raide- ja vesiliikenne (esimerkiksi vaarallisten aineiden kuljetukset ja onnettomuudet lähimmillä silloilla), öljypäästöt, leväkukinnot, suljetut kaatopaikat, kalankasvatuslaitokset sekä jäteveden siirtoviemärit ja valuma-alueen jätevedenpuhdistamo.

Nämä riskit pystytään hallitsemaan nykyisellä vedenkäsittelyllä ja riskin seuraus jäi vähäiseksi tai korkeintaan haitalliseksi ja toisaalta riskin todennäköisyys harvinaiseksi tai erittäin harvinaiseksi.

**4****YHTEENVETO**

Oulun Vesi on ainoana suurena vesilaitoksena Suomessa yhden raakavesilähteen varassa. Jos vedenotto Oulujoesta estyy, voidaan poikkeustilanteessa toimittaa vettä jakeluun ainoastaan 13 l/as/d, kun normaali kulutus on 171 l/as/d. Oulun Vesi kuuluu tämän takia vesilaitosten varmuusluokituksessa heikoimpaan luokkaan III. Maa- ja metsätalousministeriö on esittänyt Oulun Vedelle vaatimuksen varmuusluokituksen nostamisesta vähintään luokkaan II, jolloin vettä tulisi olla poikkeustilanteessa käytettävissä vähintään 50 l/as/d. Tätä edellytystä ei ole mahdollista täyttää nykyisillä raakavesilähteillä.

Talousvettä valmistetaan Oulujoesta kahdella pintavedenpuhdistamolla, joiden prosessit on suunniteltu jokiveden käsittelyyn. Pintavedenpuhdistamoilla saadaan normaalitilanteessa valmistettua laadultaan erinomaista talousvettä.

Pintaveden käyttö talousveden valmistukseen tulee säilymään pääasiallisena menetelmänä myös tulevaisuudessa ja pintavedenpuhdistamoilla on varauduttu mahdollisiin häiriötilanteisiin.

Ennakoivasta varautumisesta huolimatta Oulujokeen kohdistuu useita riskejä, joihin vesilaitos ei pysty omalla toiminnallaan vaikuttamaan. Jos pintavedenpuhdistamoiden tuotantoprosessi jouduttaisiin keskeyttämään, riittää vettä ilman lisävesilähteitä jakeluun ainoastaan 3-10 tunniksi.

Riskianalysissä vakavimmaksi Oulujoen veden laatua ja toisaalta pintaveteen pohjautuvan talousveden toimitusvarmuutta uhkaavaksi riskiksi nousi säteilyriski mahdollisessa ydinlaskeuma- tai ydinkoetilanteessa. Riskianalyysin perusteella talousveden valmistus pintavedenottamoilla joudutaan pahimmassa laskeumatilanteessa keskeyttämään useiksi vuorokausiksi. Jos talousvedentuotanto joudutaan keskeyttämään pintavesilaitoksilla, tilanne on äärimmäisen kriittinen. Esimerkiksi Oulun yliopistolliselle sairaalalle ja kaupunginsairaalle ei pystytä johtamaan niiden kulutusta vastaavaa vesimäärää. Muille kriittisille vedenkäyttäjille mm. terveysasemat, palvelutalot ja elintarviketeollisuus vettä saadaan toimitettua vain säiliöautokuljetuksina selvästi normaalia kulutusta pienempi vesimäärä. Vedenjakelun keskeytyminen johtaa nopeasti tilanteeseen, jossa potilaita on mahdollisuuksien mukaan kuljetettava naapurikuntiin ja lähikaupunkeihin. Asukkaiden vedenjakelua turvataan mahdollisuuksien mukaan naapurikunnista saatavalla pohjavedellä, jonka jakelu tapahtuu vesiposteista ja jakelupisteistä.

Muut merkittävät riskit kohdistuivat lähialueen vaarallisia kemikaaleja käyttävään teollisuuteen, joissa tapahtuva onnettomuus voi aiheuttaa merkittävän raakavesilähteen saastumisen ja raakavedenoton keskeytymisen laitoksille.

Pintavedenkäsittelyssä jatkuvasti huomioitava tekijä on Oulujokeen kohdistuva kuormitus. Kiintoaineen, humusyhdisteiden ja metallien määrä joessa vaihtelee voimakkaasti vuodenajasta riippuen ja yhdisteiden poistaminen jokivedestä edellyttää keskeytymätöntä kemiallista vedenkäsittelyprosessia. Viimeisen 10 vuoden aikana tapahtunut orgaanisen aineen kuormituksen lisääntyminen joessa on aiheuttanut vesilaitoksella talousveden valmistukseen tarvittavien saostuskemikaalien määrän kaksinkertaistumisen.

## 5

**LÄHTEET**

ACCLIM II- Ilmastonmuutosarviot ja asiantuntijapalvelu sopeutumistutkimuksia varten. Lyhyt loppuraportti. 2011. Ilmatieteenlaitos, Helsingin yliopisto, Suomen ympäristökeskus

Airola J, Nurmi P, Pellikka K. 2014. Huleveden laatu Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014.

Castrén J., Poutanen H., Herttuainen J. 2014. Changes in the NOM content of raw water from Lake Päijänne and implications for drinking water treatment in Helsinki, Finland. The 9<sup>th</sup> Nordic Drinking Water Conference, Helsinki, 2014.

Forsius M., Räike A., Huttunen I., Poutanen H., Mattsson, T., Kankaanpää S., Kortelainen P., Vuorilehto V-P. 2016. Observed and predicted future changes of dissolved organic carbon in Lake Päijänne catchment: Implication for water treatment of the Helsinki Metropolitan area. The 10<sup>th</sup> Nordic Drinking Water Conference, Reykjavik, 2016.

Ilmasto-opas.fi – verkkosivusto. ”Suomen muuttuva ilmasto”. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/>. Viitattu 27.2.2017.

Oulun Vesi 2016. Toimintakertomus 2015.

Pöyry Finland Oy 2016. Fortum Power and Heat Oy, Vaalan kunta, Petäjäkosken Kala, Oulujoen Lohi ja Montan Lohi. Oulujoen alaosan yhteistarkkailu. Vesistötarkkailu 2015.

Vaaramaa, K. 2013. Säteilyn aiheuttamat riskit vedenlaadulle. Oulun pohjavesiseminaari 25.3.2013. Säteilyturvakeskus.

WSP Finland Oy. 2015. Oulun vesihuollon kehittämissuunnitelma vuosille 2015–2030.