

30.10.2020. Dokumenttia on muokattu kuvien osalta 1.2.2021 saavutettavuuden parantamiseksi.

## HANKESUUNNITELMA

### Hankkeen nimi:

**LÄMMÖNTALTEENOTON ENERGIATASE KAUPUNGISSA JA VAIKUTUS JÄTEVESIEN KÄSITTELYYN**

**Nimilyhenne: JV-LÄMPÖ**

### Hakija:

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY

Ilmalantori 1, 00240 Helsinki

Y-tunnus: 2274241-9

Hakijan yhteyshenkilö: Anna Kuokkanen ([anna.kuokkanen@hsy.fi](mailto:anna.kuokkanen@hsy.fi), 040-334 2850, PL 320, 00066 HSY)

Vastuullinen vetäjä: Tommi Fred ([tommi.fred@hsy.fi](mailto:tommi.fred@hsy.fi), PL 101, 00066 HSY)

### Hankkeen kesto ja kokonaisbudjetti

Hankkeen kesto on 1/2021–12/2022, työpakettikohtainen aikataulu kohdassa toteuttamissuunnitelma

Kokonaisbudjetti (ALV 0 %) on 481 000 euroa

YM:ltä haettava rahoitusosuus on 384 800 euroa / 80 % hankkeen budjetista.

Hakija haluaa nostaa esiin suurimman rahoitusosuuden hakemisen perusteena, että rahoitusta on haettu ainoastaan hankkeen ulkoisten palveluiden ja hankintojen osalta, eikä budjettiin ole sisällytetty hankekonsortion jäsenten omaa työtä, jonka arvioidaan olevan n. 2–6 henkilötyöviikkoa kutakin konsortion seitsemää osapuolta kohden. Konsortion jäsenten työpanos on kuvattu toteuttamissuunnitelmassa.

### Hankkeen tiivistelmä

Hankkeessa määritetään lämmöntalteenoton energiatase kaupungissa sisältäen keskitetyn lämmön talteenoton raakavedestä, kiinteistökohtaisesti jätevedestä ja keskitetyn kaukolämmön ja kaukokylmän tuotannon käsitellystä jätevedestä. Hankkeessa mallinnetaan ja lasketaan lämpötilan laskun vaikutuksia jätevesien viemärointiin ja puhdistamoiden käsittelyprosessiin, erityisesti typenpoistotehoon ja verrataan vaikutuksia saavutettavaan lämpöenergiahyötyyn. Hankkeessa perehdytään lämmön talteenoton ja varastoinnin innovatiivisiin menetelmiin hyödyntäen lämmön varastointia faasimuunnosmateriaaleihin, sekä kerätyn lämmön erilaisiin käyttötapoihin erityisesti keskittyen lämmön hyödyntämiseen talvikuukausina.

Hankkeessa selvitetään myös käytäntöjä ja lainsäädännöllisiä ja hallinnollisia ohjauskeinoja Suomessa, pohjoismaissa, Saksassa ja Englannissa.

Hankkeen tuotoksena on osahankkeiden raporttien lisäksi analyttinen yhteenveto, joka sisältää ristikkäisvaikutusten tarkastelun ja hankkeen tuloksia viestitään mm. webinaarin muodossa. Hankkeen tulokset saatetaan verkkoon helposti saataville.

Hankkeen tulokset hyödyttävät energianeutraaliuteen ja ympäristövaikutusten minimointiin pyrkiviä kaupunkeja, samoin kuin niiden vesilaitoksia ja energiayhtiöitä, ja auttavat varmistamaan vesilaitosten liittyvien tasapuolisen kohtelun tulevaisuudessa. Hankkeen toteutus painottuu voimakkaasti yliopisto-, tutkimuslaitos- ja suunnittelutoimistoyhteistyöhön ja se tuottaa sekä vesi- että energia-alalle uutta tietoa ja osaamista.

### Hankkeen tausta ja tarve

Jäteveden sisältämä lämpö on merkittävä resurssi, jonka nykyistä tehokkaampaan hyödyntämiseen kohdistuu paljon ja perusteltua kiinnostusta. Jäteveden lämpö on samalla välttämättömyys jäteveden biologiselle käsittelylle, erityisesti typenpoistolle. Typellä on merkittävä rooli Itämeren rehevöittäjänä ja yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla rehevöitymisen ehkäisyssä. Biologisen typenpoiston tehokas toiminta on tärkeää myös kasvihuonekaasujen minimoinnin osalta, sillä typenpoistossa muodostuva typpioksiduuli on voimakas kasvihuonekaasu. Lämpö on tarpeen

myös jätevesiverkostossa. Se pienentää jäteveden jäätymisriskejä ja mm. hidastaa jäteveden sisältämän rasvan jähmettymistä, mikä voi vaikuttaa tukosten todennäköisyyteen pienemmillä putkiosuuksilla. Verkoston jäätyminen ja rasvatukokset haittaavat asukkaiden ja yritysten arkea ja muodostavat terveystarpeita.

Tällä hetkellä ymmärrys jäteveden lämmön energiapotentialista ja vaikutuksista jätevedenpuhdistukseen on hajautuneena, jolloin kaikki ympäristövaikutukset huomioon ottaen päätöksenteolle ei ole työkaluja. Vesihuoltolaitoksilla ei ole tietoa hyödynnettävistä energiamääristä, ja puhdistamoja edeltäviä talteenottoratkaisuita tarkastellaan ainoastaan uhkana. Vesihuoltolaitosten ulkopuolella ei puolestaan tiedosteta, että kiinteistöiltä lähtevä jäteveden lämpö ei ole heitetty hukkaan, vaan sitä tarvitaan jätevedenpuhdistuksessa.

Pääkaupunkiseudun ja Turun viemärintialueiden käsitellyn jäteveden lämpöä käytetään keskitetysti ja tehokkaasti hyödyksi kaukolämmön ja kaukokylmän tuotannossa, mitä ei nykyisellään oteta huomioon, kun tarkastellaan kiinteistöjen energiatasetta. Kun tilannetta tarkastellaan ainoastaan yksittäisen kiinteistön näkökulmasta, lämmön talteenotto jätevedestä on alkanut näyttäytyä lähes välttämättömyytenä.

Eriyisesti talvikuukausina suurten kaupunkien lämmitys on haastavaa toteuttaa hiilineutraalisti. Vesihuoltoon liittyvää vettä kuitenkin lämmitetään ympäri vuoden ja erityisesti kesäkuukausina lämpöä on hankala suoraan hyödyntää. Hankkeessa tutkitaan, miten tämän lämmön talteenotto ja kausivarastointi esimerkiksi faasimuutosmateriaaleihin olisi mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa ja miten se voisi vähentää lämmityksen aiheuttamia päästöjä kaupungeissa.

Nykytilanteessa kiinteistökohtaista lämmön talteenottoa jätevedestä ei ole täysin kielletty vesilaitosten toimitusehdoissa. Muutaman yksittäisen kiinteistön kohdalla jäteveden lämmön talteenotto ei muodostu ongelmaksi, mutta laajamittaisesti toteutettuna sillä voi olla haitallista vaikutusta, mikä on myös toimitusehtojen mukaan kiellettyä. Teollisuuden jätevesien kohdalla virtaamat voivat olla suuria ja näin ollen teollisuuden toteuttaman lämmön talteenoton vaikutukset voivat olla nopeita. Lämmön talteenoton yleistyminen pakottaa vesihuoltolaitokset jossain vaiheessa toimiin jätevedenpuhdistuksen vaarantumisen estämiseksi. Jotta liittyjät eivät joudu eriarvoiseen asemaan, erilaiset tulevaisuuden skenaariot vaikutuksineen tulee pystyä määrittämään ennen kiinteistökohtaisen talteenoton yleistymistä.

Hanke tukee avustushaun tavoitteita auttamalla arvioimaan lämmön talteenottoratkaisujen kokonaisedullisuutta kaupunkien mittakaavassa ja välttämään kokonaisuuden kannalta hyödyttöä tai pitkällä aikavälillä jopa haitallista osaoptimointia. Hankkeen osapuolet edustavat Etelä-Suomea, mutta sekä lämmön talteenoton potentiaaliset hyödyt että jätevedenpuhdistuksen haasteet korostuvat pohjoisessa ja hankkeen tulokset ovat valtakunnallisesti hyödyllisiä.

Hankkeen toteutus painottuu voimakkaasti yliopisto- ja suunnittelutoimistoyhteistyöhön ja se tuottaa sekä vesi- että energia-alalle uutta holistista osaamista ja uusia näkökulmia vesihuollon lämpösisältöä koskien.

## Hankkeen tavoitteet

Hankkeen keskeisiä tavoitteita ovat:

- Tarkastella kokonaisvaltaisesti veden sisältämää lämpöenergiaa sekä lämmön hyödyntämisen että jätevedenkäsittelyn näkökulmasta ja välittää tietoa eri toimijoiden kesken.
- Tuottaa ja levittää tietoa eri talteenottovaihtoehtojen eduista ja haasteista, keskitetystä kaukolämmön- ja kylmän tuottamisesta ja sen roolista kaupunkien energiatasessa sekä lämmön merkityksestä jätevedenpuhdistuksessa.
- Tuottaa selkeä ja numeerinen, koko kaupungin tai viemärintialueen kokonaisuutena kattava vertailu raakaveden lämmön talteenoton, kiinteistökohtaisen lämmön talteenoton ja puhdistetusta jätevedestä tapahtuvan keskitetyn kaukolämmön ja -kylmän tuotannon kesken.
- Tuottaa selkeä ja numeerinen vertailu puhdistamoja edeltävän lämmön talteenoton ja jäteveden viemärintiin ja puhdistukseen kohdistuvien vaikutusten välillä. Tavoitteena ei ole määrittää jäteveden viemärintiin tai puhdistuksen kannalta hyväksyttävää minimilämpöä, koska se tarkoittaisi hyväksyttävän minimipuhdistustehon määrittelyä.
- Tuottaa selkeä ja analyttinen loppuraportti ja osaraportit, jotka ovat suoraan hyödynnettävissä useiden eri tahojen toimesta: kaupunkien päätöksentekijät, vesihuoltolaitokset, energiayhtiöt, suunnittelijat, kiinteistöt ja kiinteistökohtaisen lämmön talteenoton parissa työskentelevät, ja välittää tietoa mm. webinaarissa.
- Tukea energianeutraaliuteen ja ympäristövaikutusten minimointiin pyrkiviä kaupungeja samoin kuin muita lämmön talteenottoon linkittyviä toimijoita niiden päätöksenteossa.

## Hankkeen odotettavat tulokset ja vaikutukset

Hankkeessa tuotetaan perusteltua tietoa eri lämmöntalteenottotapojen vaikutuksista koko kaupungin tai viemäröintialueen mittakaavassa. Hanke tuottaa uutta tietoa kokonaisuudesta verrattuna nykytilanteeseen, jossa tarkastellaan vaikutuksia ainoastaan yksittäisen kiinteistön tai laitoksen tasolla.

Hankkeen tulokset ovat sovellettavissa muihin kaupunkeihin ja ne antavat työkaluja suunnittelulle ja ratkaisujen valinnoille. Hankkeen odotettavia tuotoksia ovat:

- Eri tahojen käyttöön soveltuva yleistajuinen yhteenvetoraportti ja tiivistelmä/esitysmateriaali ja osahankkeiden omat, syventävät raportit
- Selkeät ja yksiselitteiset laskelmat eri lämmön talteenottotapojen keskinäisistä suhteista koko kaupungin tai viemäröintialueen mittakaavassa.
- Selkeät ja yksiselitteiset laskelmat energiahyötyjen suhteesta vesistökuormaan tai vaihtoehtoisesti tarvittaviin puhdistamoinvestointeihin (esim. kWh per lisääntynyt typpikilo tai per puhdistamoinvestointieuro)
- Kooste lainsäädännöllisistä ja sopimuksellisista ohjauskeinoista ja tilanteesta ja käytännöistä muissa maissa.
- Lähtökohta yhteisille pelisäännöille kiinteistökohtaiselle tai muulle ennen jätevedenpuhdistamo tapahtuvalle lämmön talteenotolle liittyvien eriarvoisen aseman ehkäisemiseksi tulevaisuudessa.
- Katsaus tulevaisuuden mahdollisuuksiin lämpöenergian talteenoton ja varastoinnin saralla
- Webinaari, jossa esitellään hankkeen tulokset ja johtopäätökset

Hankkeen päätutkimuskysymys on, mikä on kaupungin mittakaavassa paras tapa hyödyntää veden ja jäteveden lämpösisältöä, kun otetaan huomioon sekä energia että vaikutukset jäteveden käsittelyyn ja viemäröintiin.

Hanke tuottaa sekä vesi- että energia-alalle uutta tietoa ja osaamista. Hankkeen tulokset antavat tietoa valintojen tueksi pyrittäessä energiatehokkuuteen ja auttavat varmistamaan vesilaitosten liittyvien tasapuolisen kohtelun tulevaisuudessa.

## Toteuttamissuunnitelma

Hanke koostuu kuudesta työpaketista, jotka etenevät osin rinnakkain.

Työpaketit 1–5 ovat itsessään toisistaan riippumattomia, mutta niiden välillä tapahtuu tiedonvaihtoa ja niissä käytetään osittain samoja lähtötietoja, esim. tarkasteltavien jätevedenpuhdistamoiden tulovirtaamia ja jäteveden lämpötiloja. Ohjausryhmä koordinoi päävetäjän (Gaia Consulting Oy, jonka työ ostetaan ulkopuolisena palveluna) johdolla työpaketteja siten, että ne tukevat sekä toisiaan että ristikkäisvaikutusten laskentaa ja analyttisen yhteenvetoraportin laatimista mahdollisimman hyvin.

Työpaketissa 6 vedetään yhteen työpakettien 1–5 tulokset, lasketaan ristikkäisvaikutukset ja tuotetaan viestintämateriaali. Työpaketin 6 toteuttaa päävetäjä Gaia Consulting Oy.

Työpakettien pääasiallinen toteutus tapahtuu ostopalveluina VTT:n, Aalto Yliopiston ja konsulttien toimesta (kuvattu tarkemmin työpakettikohtaisesti). Sen lisäksi hankkeessa konsortiona mukana olevat vesi- ja energia-alan toimijat osallistuvat työhön toimittamalla lähtötiedot, lisäämällä verkostoon tarvittavat uudet lämpötilamittaukset, osallistumalla ohjausryhmän kokouksiin ja mahdollisiin ylimääräisiin kokouksiin ja workshoppeihin, kommentoimalla työpakettien tuotoksina olevia raportteja ja diplomitöitä niiden edistyessä ja olemalla käytettävissä asiantuntija-apuna työpakettien päätoteuttajille. Hankekonsortion jäsenten roolit painottuvat eri työpaketeissa eri tavoin, siten että vesilaitosten rooli korostuu työpaketeissa 2, 3 ja 5 ja energialaitosten työpaketeissa 1 ja 4.

Seuraavassa kuvassa on alustava hankeaikataulu. Minimissään neljän ohjausryhmän kokouksen lisäksi voidaan osa palavereista pitää pienemmällä kokoonpanolla tai toteuttaa workshop-tyyppisinä tiettyjen työpakettien tukemiseksi.

**Kuva 1.** Alustava hankeaikataulu. Kuva dokumentin lopussa.

### **Työpaketti 1: Lämmöntalteenoton energiatase kaupungissa**

Työpaketin 1 toteuttaa VTT.

Työpaketti tarkastelee ja mallintaa eri energiataseen komponentteja (Kuva 2) sekä tekee skenaariotarkastelut.

**Kuva 2.** Lämpöenergiataseeseen vaikuttavia tekijöitä ja niiden välisiä kytkentöjä kaupunkienergiajärjestelmässä. Puhtaan veden, jäteveden ja lämpöenergian kierto kaupungissa on monimuotoinen kokonaisuus. Kuva dokumentin lopussa.

Työpakettin tuloksena saadaan kiinteistökohtaisen lämmöntalteenoton (JVLTO) vaikutus keskitettyjen lämpöpumppulaitosten (Katri Vala Helsingissä, Kakolanmäki Turussa ja Suomenoja Espoossa) energiantuotantoon eri kiinteistökohtaisen JVLTO-tekniikan yleisyysasteilla puhdistamojen vaikutusalueella. Tarkastelussa lasketaan JVLTO:n yleisyyskkenaariot (0%, 25 %, 50%, 75 % ja 100%) ja näihin liittyvät energiavaikutukset sekä puhdistamolle saapuvan jäteveden lämpötilan muutokset eri skenaarioilla. Lisäksi Turussa tarkastellaan raakaveden lämmöntalteenottoa osana kaupunkienergiajärjestelmää sekä lämmöntalteenoton vaikutusta kiinteistöjen lämpimän veden valmistuksen energiantarpeeseen.

### **Alitehtävä 1.1 Tapaustutkimuskohteiden viemäröntialueiden (Viikinmäki Helsingissä, Kakolanmäki Turussa ja Suomenoja Espoossa) tiedonkeruu**

- Jäteveden virtaamat ja lämpötilat eri vuodenaikoina
- Sateiden vaikutus virtaamiin ja lämpötiloihin, hulevedet
- Arvioidaan jäteveden jäähtymisen matkalla kiinteistöiltä ja puhdistamolle käyttäen työpakettin 2:n verkostomallia (Fluidit Oy)
- Puhdistamojen vaikutusalueen rakennuskanta, keskitettyjen lämpöpumppujen tuotanto nyt
- Raakavedenottojen virtaamat ja lämpötilat eri vuodenaikoina (Turku & HSY)
- Lisäksi Turun tapaustutkimuksessa tarkastellaan raakaveden virtaamat ja lämpötilat eri vuodenaikoina sekä tähän liittyvän lämpöenergian vuodenaikavaraston potentiaaliarvion lähtötiedot

Tulos: Perusteet tapaustutkimusalueiden energiamallinnukselle valmiit. Käsitys mallinnettavasta kiinteistökannasta valmis.

### **Alitehtävä 1.2 Tapaustutkimuskohteiden alueiden Case kiinteistöissä tehtävät tarkemmat tarkastelut**

- Valitaan kattava otanta rakennuskannan tyyppirakennuksista eri ikäluokista ja käyttötarkoituksista edustamaan energiamallinnuksen rakennuskantaa
- Otetaan kiinteistöjen (HSY/Helen, Turku, Turku Energia, HSY/Fortum) anonymisoiduista laskutustiedoista kohteiden vesi, kaukolämmön määrä ja arvioidaan data-analyysillä lämpimän veden lämmittämisen osuus eri ikäisissä kiinteistöissä. Data valitaan kohteista, joista tunnitainen kulutusaikasarja on saatavilla.
- Tutkitaan jo asennettujen JVLTO-järjestelmien performanssidataa valittujen kiinteistöjen osalta, mikäli näitä tietoja on saatavilla (Helen, Turku Energia, Fortum)

Tulos: Tyyppirakennukset ja niiden lämpimän veden kulutusmallit valmiit energiatasemallinnukseen

### **Alitehtävä 1.3 Tapaustutkimuskohteiden viemäröntialueiden skenaariomallinnus (Helsinki, Turku ja Espoo)**

- Asetetaan kiinteistötason skenaariot JVLTO 0% 25% 50%, 75% ja 100% ja lisäksi Turussa raakaveden lämmöntalteenoton skenaariot (esim. jäähtyminen 2°C tai 3 °C)
- Mallinnetaan tapaustutkimusalueet (3 kpl)
- Lasketaan skenaarioiden vaikutus jäteveden lämpötilaan puhdistamoilla
- Lasketaan vaikutus puhdistamojen jälkeisten keskitettyjen lämpöpumppujen tuotantoon
- Lasketaan raakaveden lämmöntalteenoton vaikutus kiinteistöjen lisääntyneeseen lämpimän veden valmistuksen energiankulutukseen (Turku)

Tulos: Tapaustutkimuskohteiden energiatasemallit. Kiinteistökohtaisen lämmöntalteenoton (JVLTO) vaikutus keskitettyjen lämpöpumppulaitosten (Helsinki/Katri Vala & Turku/Kakolanmäki & Espoo/Suomenoja) energiantuotantoon eri JVLTO-tekniikan yleisyysasteilla puhdistamojen vaikutusalueella. Raakaveden lämmöntalteenoton vaikutus lämmitystarpeeseen kiinteistöillä Turussa. Raportti skenaariomallinnuksen tuloksista.

### **Työpaketti 2: Lämpötilan muutokset ja vaikutus jätevesiverkostossa**

Työpakettin 2 toteuttaa Fluidit Oy tai Aalto yliopisto ja Fluidit Oy yhdessä. Työ tehdään Aalto yliopiston Vesi- ja ympäristötekniikan diplomityönä siten että diplomityöntekijän työnantajana on joko Fluidit Oy tai Aalto yliopisto. Työn sisältö tarkentuu aloituksessa, reunaehtoina diplomityön akateemisten vaatimusten ja hankkeen tavoitteiden täyttäminen. Lisäksi työpakettin toteuttamiseksi lisätään lämpötilamittauksia jätevesiverkostoihin. Mittauskohteiden määrä ja sijainti sovitaan työn alussa, siten että ne tukevat työn toteuttamista mahdollisimman hyvin.

Työssä esitetään lämpötilan muuttuminen verkostossa eri tilanteissa ja arvioidaan verkoston jäätymisriskejä ja kovien rasvojen jähmettymistä ja muita mahdollisia lämpötilan ja sen muutosten vaikutuksia.

### **Alitehtävä 2.1. Ylimääräisten lämpötilamittausten tarpeen arviointi, mittauspaikkojen valinta ja asennus**

Tässä alitehtävässä käydään läpi olemassa oleva lämpötilatieto valituilta tutkimusalueilta, varmistetaan datan laatu ja riittävyys sekä arvioidaan lisättävien mittauksien tarvetta. Arvioin perusteella uusia mittauspaikkoja valitaan ja mittaukset asennetaan.

### **Alitehtävä 2.2. Verkostomallien muokkaus ja mallinnusskenaariot**

Työssä on suunniteltu käytettävän Helsingin osalta mallia, joka sisältää sekaviemäröidyn keskusta-alueen ja erillisviemäröidyn Länsi-Helsingin ja Turun viemäriverkon ja Turun puhdasvesiverkon tai niiden osien malleja ja niissä käytössä olevaa Fluidit Oy:n mallinnusohjelmaa, siten että Fluidit Oy lisää malleihin lämpötilan ja sen muuttumisen verkostossa ja lämpötilan muutosten mallinnusta kehitetään työssä. Skenaariotarkasteluja tehdään eri virtaamatilanteissa ja vuodenaikoina ja eri lämmöntalteenottomäärillä. Mallinnettavien alueiden valinta ja tarkasteltavat skenaariot tarkentuvat työn alussa.

### **Alitehtävä 2.3. Lämpötilamuutosten vaikutusten arviointi**

Perustuen alitehtävän 2.2. mallinuksen tuloksiin arvioidaan lämpötilamuutosten vaikutuksia ennen kaikkea fysikaalis-kemiallisesta näkökulmasta, kuten vaikutuksista tukosten muodostumiseen ja jäätymisriskeihin.

### **Työpaketti 3: Lämpötilan vaikutus typenpoistoon**

Työpakettin 3 toteuttaa AFRY Finland Oy tai Aalto yliopisto AFRY Finland Oy yhdessä. Työ tehdään Aalto yliopiston Vesi- ja ympäristötekniikan diplomityönä siten että diplomityöntekijän työnantajana on joko AFRY Finland Oy tai Aalto yliopisto. Jälkimmäisessä tapauksessa konsulttia käytetään asiantuntija-apuna työn ohjauksessa. Työn sisältö tarkentuu aloituksessa, reunaehtoina diplomityön akateemisten vaatimusten ja hankkeen tavoitteiden täyttyminen.

Työn pääkohdat ovat:

#### **Alitehtävä 3.1 Toteutunut typenpoisto eri lämpötiloissa kolmella eri jätevedenpuhdistamolla**

Lasketaan lämpötilan vaikutus puhdistustulokseen ja vesistöön johdettuun kuormaan ammonium- ja kokonaistypen osalta kolmella eri jätevedenpuhdistamolla (Viikinmäki Helsingissä, Kakolanmäki Turussa ja Suomenoja Espoossa). Työssä käytetään vähintään viiden vuoden dataa. Mahdolliset lämpötilasta riippumattomien poikkeustilanteiden datajaksot poistetaan tarvittaessa. Viikinmäen, jossa on jälkidenitrifikaatiosuodatus, osalta lasketaan erikseen aktiivilieteprosessin tulos ja kokonaistulos.

Tarkasteluun otetaan mukaan myös aktiivilieteprosessin typpireduktio -korrelaatio ja verrataan Viikinmäen mittausdataa ja kirjallisuusarvoja.

#### **Alitehtävä 3.2 Typenpoistotulos eri lämpötiloissa prosessimallilla ja vertaaminen laitosten toteutuneisiin tuloksiin**

Mallinnus täydentää mittausdatan analysointia, koska mallinnuksella pystytään tarkastelemaan lämpötilan muutoksen vaikutusta typpitulokseen muiden olosuhteiden pysyessä muuttumattomina. Olemassa olevan puhdistamon mallin rakentaminen, kalibrointi ja validointi on rajattu pois työstä, jotta alitehtävien 3.2 ja 3.2 työmäärä pysyy diplomityön raameissa. Mallinnuksessa käytetään ensisijaisesti olemassa olevaa ja kalibroituja puhdistamomallia ja input-dataa ja vaihtoehtoisesti yksinkertaista esidenitrifikaatiolla varustetun aktiivilieteprosessin mallia tai mallinnusohjelman valmista, soveltuvaa puhdistamomallia sekä mallinnusohjelman tarjoamia oletusarvoja jäteveden laadulle. Käytettävissä olevat vaihtoehdot riippuvat työn toteuttajaorganisaatiosta ja mallinnusohjelmasta.

Mallinnuksessa käytetään Activated Sludge Model prosessimallia 1 tai 3 joka on laajasti käyttöön vakiintunut "state of the art" -malli, jota on käytetty sekä lukuisissa vertaisarvioituissa tutkimuksissa että jätevedenpuhdistamoiden prosessisuunnittelussa. Mallissa on otettu huomioon lämpötilan vaikutus sekä hiiltä että ammoniumtyyppiä poistavien mikrobien aktiivisuuteen. Mallinnuksessa käytetään vapaasti valittavaa mallinnusohjelmaa, esim. GPS-X

Mallinnus tehdään sekä muuttaen lämpötilaa, jolloin käsittelytulos muuttuu, että muuttaen lämpötilan ohella lieteikää ja allastilavuutta siten, että typenpoistotulos ja aktiivilietepitoisuus pysyvät valitun vertailulämpötilan mukaisena. Mallinnuksen tuloksia verrataan mitattuihin ja analysoidaan mahdollisten erojen syytä.

#### **Alitehtävä 3.3 Yhteenveto lämpötilan vaikutuksista typpikuormaan, N<sub>2</sub>O-päästöihin ja kemikaalien ja energian kulutukseen perustuen mitattuihin ja mallinnettuihin tuloksiin**

Lasketaan ammoniumtypen ja kokonaistypen typpikuorma vesistöön sekä N<sub>2</sub>O-päästö eri lämpötiloissa kohdepuhdistamolla, perustuen alitehtävien 3.1. ja 3.2 tuloksiin. Esitetään arvot muutoksena sovittavaan vertailulämpötilaan (esim. lämpötilan nykyinen vuosikeskiarvo). Arvioidaan ASM-mallin ja laitosten mitattujen tulosten yhdenmukaisuutta.

Lasketaan vaikutukset puhdistamoiden energian ja kemikaalien kulutukseen ja edelleen hiilijalanjälkeen.

Esitetään tulokset laskettuna per lämpöaste ja per 100 000 liittyjää tai muulla yhdessä sovittavalla tavalla, siten että työpaketissa 6 voidaan tuloksia helposti verrata TP 1 tuloksiin ja laskea ristikkäisvaikutukset.

#### **Alitehtävä 3.4 Lämpötilamuutosten kompensoimiseksi tarvittava puhdistamokapasiteetti ja investointikustannukset**

Lasketaan edeltävien alitehtävien perusteella lietepitoisuuden kasvun estämiseksi tarvittava aktiivilieteprosessin allastilavuuden lisäys kohdepuhdistamoilla lämpötilan alentuessa, verrattuna erikseen sovittavaan vertailulämpötilaan. Käytetään työpaketin 1 tuloksia eri JV-LTO-osuuksien vaikutuksista, tai esitetään tulokset laskettuna per lämpöaste ja per 100 000 liittyjää tai muulla yhdessä sovittavalla tavalla, siten että työpaketissa 6 voidaan tuloksia helposti verrata TP 1 tuloksiin ja laskea ristikkäisvaikutukset.

Lasketaan tarvittavat investointikustannukset kohdepuhdistamoiden viemäröintialueiden osalta, käyttäen lähtökohtana Blominmäen jätevedenpuhdistamon toteutuneita investointikustannuksia ja suhteutettuna sen kapasiteettiin. Kustannusten arviointi tehdään yhteistyössä päävetäjä Gaia Consultingin ja ohjausryhmän kanssa. Tämä osuus voidaan vaihtoehtoisesti sisällyttää työpakettiin 6.

#### **Työpaketti 4: Lämmönvarastoinnin innovatiiviset menetelmät**

Työpaketin 4 toteuttaa Aalto yliopisto, energian konversion tutkimusryhmässä. Työ tehdään diplomityönä ja työn sisältö tarkentuu aloituksessa, reunaehtoina diplomityön akateemisten vaatimusten ja hankkeen tavoitteiden täytyminen. Työssä tarkastellaan erilaisia lämmön varastointitapoja erityisesti kausivarastoinnin näkökulmasta (vertaillaan suoraan toisen välittäjäaineen lämmittämistä sekä mahdollisuuksia käyttää erilaisia innovatiivisia faasimuutosmateriaaleja). Työssä kartoitetaan myös mahdollisia käyttökohteita tälle kerätylle lämmölle sekä sen varastoinnin keston aikajännettä.

#### **Alitehtävä 4.1. Vesihuoltojärjestelmän lämpöpotentiaali ja lämpötarve kaupunkiympäristössä**

Tässä alitehtävässä käytetään syötteenä pääosin Työpaketissa 1 kerättyä tietoa, mutta se muokataan sopivaksi tukemaan lämmönvarastointitarkastelua. Työssä hyödynnetään aiemmin mainittuja esimerkkialueita, mutta arviointi yleistetään koskemaan suomalaisia olosuhteita laajemmin.

#### **Alitehtävä 4.2. Lämmönvarastointitekniikat**

Tässä alitehtävässä tehdään kirjallisuuteen ja ulkomaisista kohteista kerätyn tiedon pohjalta katsaus lämmönvarastointitekniikoihin ja niihin liittyviin viimeaikaisiin innovaatioihin. Työn tekijät haastattelevat muun muassa Ruotsin KTH:lla olevia tutkijoita, jotka ovat tehneet alustavaa tarkastelua Tukholmassa.

#### **Alitehtävä 4.3. Lämmönvarastoinnin mahdollisuudet**

Alitehtävässä tarkastellaan mahdollista lämmön varastointia ja potentiaalisia uudelleenkäyttökohteita sekä arvioidaan potentiaalia hyötyjä, joita varastoinnilla saavutettaisiin. Näin voidaan syventää kartoitusta raakaveden ja jäteveden potentiaalista energian lähteenä kaupunkien hiilineutraaliin lämmitykseen talvikuukausina ja antaa ideoita tulevaisuuden kehitystyölle.

#### **Työpaketti 5: Käytännöt, ehdot ja ohjauskeinot**

Työpaketin 5 toteuttaa päävetäjä Gaia Consulting Oy.

Työpaketissa selvitetään kyselyillä ja tarvittaessa haastatteluilla, millaisilla sopimuksellisilla, lainsäädännöllisillä ja hallinnollisilla keinoilla vesihuoltolaitoksilla on mahdollista vaikuttaa kiinteistökohtaisten lämmön talteenotto-ratkaisuiden käyttöönottoon tällä hetkellä ja millaisia hallinnollisia työkaluja tai lainsäädäntömuutoksia on tarve kehittää, mikäli osoittautuu, että nykyinen säädöskehys ei riittävästi turvaa vesihuoltolaitosten toimintamahdollisuuksia.

Työpaketissa selvitetään muiden maiden käytäntöjä, sopimus- ja toimitusehtoja ja mahdollisuuksia vaikuttaa jätevesien lämmön talteenottoon ainakin pohjoismaiden, Saksan ja Englannin osalta.

Työpakettien tuloksena on raportti, jossa esitetään nykytilanne Suomessa ja valituissa muissa maissa ja kehittämistarpeet Suomessa.

### **Työpaketti 6: Ristikkäisvaikutukset, yhteenveto ja johtopäätökset**

Työpaketissa 6 vedetään yhteen työpakettien 1–5 tulokset ja muodostetaan niiden perusteella näkemys kokonaisuudesta ja kaupungin mittakaavassa suositeltavista ratkaisuista.

#### **Alitehtävä 6.1. Laskettavat ristikkäisvaikutukset**

Lasketaan työpakettien 1 ja 3 tuloksista lämmön talteenoton energiahyödyn ja vesistön typpikuorma keskinäinen suhde ja vastaavasti energiahyödyn ja puhdistamokapasiteetin kasvatustarpeen suhde. Laskelmat tehdään talvi- ja kesäjaksolle tai talvijaksolle ja vuosikeskiarvolle. Lisäksi lasketaan tarvittavat puhdistamoinvestoinnit suhteessa lämpötilamuutokseen (ellei sisällytetä työpakettiin 3) ja työpaketissa 1 määritettyyn energiahyöttyyn.

#### **Alitehtävä 6.2. Yhteenvetoraportti ja tiivistelmä**

Laaditaan yhteenvetoraportti työpakettien 1–5 ja osatehtävän 6.1. keskeisestä sisällöstä. Työpakettien tulosten referoinnin lisäksi yhteenvedossa analysoidaan ja vertaillaan osaraporttien tuloksia soveltuvin osin numeerisesti (alitehtävä 6.1) ja muuten sanallisesti, ja tehdään johtopäätöksiä kokonaisuudesta.

Pääkohdista laaditaan esitysmateriaaliksi sopiva tiivistelmä.

### **Viestintäsuunnitelma**

Koska hankkeen pääasiallisena tavoitteena on uuden tiedon tuottaminen ja tiedon välittäminen eri toimijoiden kesken, tulosten viestintä on olennaisen tärkeä osa hanketta.

Viestinnän kohteena ovat valtion ja kaupunkien päätöksentekijät, vesihuoltolaitokset, energialaitokset, suunnittelijat ja kiinteistökohtaisen lämmöntalteenotosta parissa työskentelevät. Näiden ryhmien tavoittamiseksi viestintää kohdistetaan esim. Vesilaitosyhdistys VVY:lle, Suomen Kiinteistöliitto ry:lle, Rakli ry:lle ja Energiategollisuus ry:lle.

HSY tekee hankkeelle sen käynnistyessä oman verkkosivun, jonne kaikki hankkeessa valmistuvat raportit ja opinnäytetyöt saatetaan verkkoon vapaasti saataville. Pääosa aktiivisesta viestinnästä tapahtuu hankkeen valmistuttua, kun työpaketissa 6 laadittavat yhteenveto ja viestintämateriaalit ovat valmistuneet. Hankkeen lopussa pidetään osallistujille maksuton webinaari. Webinaarin suunnittelusta vastaa Gaia Consulting ja visuaalisesta toteutuksesta HSY:n puitesopimustoimittaja, joka on tämän hakemuksen tekohetkellä Chance kuva- ja äänipalvelut.

Osallistujatiedot tiedottavat hankkeen edistymisestä, valmistuneista raporteista ja webinaarista soveltuvin osin omilla kanavillaan ja kontaktiensa kautta. Osahankkeiden toteuttajia pyydetään tarjoamaan esityksiä soveltuviin seminaareihin kuten Vesihuoltopäivät, Isännöintipäivät ja Energiamesut. Esityksiä voivat pitää myös hankekonsortion jäsenet.

### **Riskien tunnistaminen**

Hanke on lähes yksinomaan datan käsittelyä, eikä toteutukselle ole merkittäviä riskejä. Koska kyse on laajasta kokonaisuudesta ja loppuyhteenveto voidaan viimeistellä vasta osakokonaisuuksien valmistuttua, on tärkeää, että osahankkeet käynnistyvät ajallaan ja että tarvittavien lähtö- ja lisätietojen toimittamisessa ei viivästellä.

Energiasemallinnuksen (TP 1) erottelukyky riippuu saatavilla olevien mittausdatojen (jäteveden virtaamat, hulevedet ja lämpötilat) resoluutiosta ja mittauspisteiden määrästä. Aluetason (esim. kaupunginosittain) data on parempi kuin yksi ainoa mittaus puhdistamolla, koska eri alueiden jätevesi-infrastruktuuri ja kiinteistöt ovat eri ikäisiä ja ovat siten toiminnaltaan erilaisia. Työpaketti 1 on laajin ja siten aikataulullisesti kriittisin.

Verkostomallinnukseen (TP 2) liittyvän epävarmuuden taso on korkea, koska käytettävissä ei ole vakiintunutta mallia. Tämä vaikuttaa määrällisten tulosten tarkkuuteen ja sovellettavuuteen muihin kohteisiin. Mitä enemmän mittausdataa verkostosta on saatavilla, sitä tarkempia ja luotettavampia tuloksista saadaan. Hankkeen budjetissa on varauduttu lämpötilamittausten lisäämiseen verkostoon. Vähimmilläänkin työpaketti antaa laadullisen ja suuntaa-antavan arvion eri lämmöntalteenottomäärien odotettavissa olevista vaikutuksista.

Jätevedenpuhdistusprosessin toiminnan (TP 3) osalta on saatavilla runsaasti ja luotettavaa dataa kaikilta kolmelta tarkasteltavalta jätevedenpuhdistamolta ja käytettävä ASM-malli on vakiintunut ja laajasti käytetty ja tunnustettu. Työpakettien tulosten voidaan odottaa olevan tarkkoja eikä sen toteutuksen osalta ole tunnustettu erityisiä riskejä.

Energian varastoinnin (TP4) haasteena on työpaketin laajuus, mutta hyvällä ohjauksella päästään keskittymään muutaman esimerkin kautta tuomaan projektiin konkreettisia tuloksia.

Diplomityönä toteutettavat työpaketit 2–4 edellyttävät sopivien diplomityöntekijöiden löytämistä oikea-aikaisesti. Aalto yliopiston edustajien näkemys on, että diplomityöntekijöiden saatavuus on tulee olemaan hyvä ja koska diplomityön kesto on kuusi kuukautta, aloitusajoissa on joustovaraa, kun valmistelu käynnistetään heti hankkeen alussa. Tarvittaessa yksittäisiä työpaketteja voidaan korvata konsulttiselvityksillä, jolloin sisältö määritetään osin uudestaan, tai muiden suomalaisten tekniikan alan yliopistotasoisten kouluttajien diplomitoilla.

Työpaketin 5 osalta ei ole tunnustettu erityisiä riskejä. Kaikilta halutuilta kohteilta ei välttämättä saada vastauksia, mutta se ei vaaranna työpaketin toteutumista.

Työpaketti 6 on riippuvainen edeltävien työpakettien toteutuksesta. Tästä aiheutuvaan riskiin on varauduttu sillä, että työpaketin 6 toteuttaja on samalla hankkeen päävetäjä ja pääsee näin alusta asti vaikuttamaan muiden työpakettien ohjaukseen ja varmistumaan, että niiden fokus pysyy hankkeen tavoitteiden mukaisena ja tuotokset tukevat työpaketin 6 toteutusta. Hankekonsortion jäsenet tukevat päävetäjää ohjaustyössä.

## **Hankeorganisaatio ja yhteistyötahot**

Hankeorganisaatio käsittää sekä konsortion, jonka jäsenet osallistuvat oman rahoituksen osuuteen, että osapuolia, joilta työkokonaisuudet ostetaan alihankintana. Konsortion jäsenet tekevät konsortiosopimuksen hankkeen rahoituksen varmistuttua.

### **Seuraavat osapuolet muodostavat konsortion:**

Konsortion jäsenet toimittavat lähtötietoja, osallistuvat työn ohjaukseen ja ovat työpakettien toteuttajien käytettävissä asiantuntija-apuna. Sulkeissa on nimetty pääyhteyshenkilöt, joka vastaavat hankkeen koordinoinnista organisaatioiden sisällä.

Hakija: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, joka vastaa pääkaupunkiseudun vesihuollosta sekä jätehuollosta ja tuottaa ilmanlaatutietoa ja seudullista tietoa alueen kuntien käyttöön. Kuntayhtymän omistavat Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen. (vastuullinen vetäjä Tommi Fred, yhteyshenkilö Anna Kuokkanen)

- Toimialajohtaja Tommi Fred (TkL) on toiminut HSY:n ja sitä edeltäneen Helsingin Veden palveluksessa vuodesta 2000. Nykyisessä roolissaan hän toimii vesihuollon toimialajohtajana. Sitä ennen Fred toimi prosessiasiantuntijana Nopon Oy:ssä ja jätevesialan konsulttina Suunnittelukeskus Oy:ssä (nyk. FCG) vuosina 1993-1997. Lisensiaattityönsä Tommi Fred teki jätevedenpuhdistuksen mallinnuksesta ja diplominsinööriopinnot keskittyivät kemiantekniikkaan. Tommi Fredillä on pitkä ja monipuolinen vesihuollon ja kemiantekniikan ura ja hän on toiminut jätevedenpuhdistuksen kehittämis- ja tutkimushankkeiden parissa koko työuransa ajan. Kehittämishankkeissa Tommi Fredillä on vahva käytännön operoinnin näkemys ja pyrkimys vesihuollon laaja-alaisen toiminnan kehittämiseksi. Energiatalous ja sittemmin ilmastonmuutoksen ehkäisyn sekä sopeutumisen teemat ovat olleet mukana kehittämistyössä koko työuran ajan. Kansainvälistä näkökulmaa työhönsä Fred on hankkinut niin pohjoismaisella tasolla kuin toimimalla Suomen edustajana EUREAU:ssa vuosina 2010-2015. Pietarin Vodokanalin konsulttina Fred on työskennellyt ennakoivan kunnossapidon kehittämishankkeessa (YM) ja jätevedenpuhdistuksen kehittämiseen liittyvässä hankkeessa (YM) vuosien 2005-2010 aikana.

Turun seudun puhdistamo Oy (Jarkko Laanti)

Turun Vesihuolto Oy (Eeva-Leena Rostedt)

Turun Seudun Vesi Oy (Osmo Puurunen)

Helen Oy (Juhani Aaltonen)

Turku Energia (Mika Karbin)

Fortum (Simon Lintu)



### Seuraavien osapuolten työpanos ostetaan alihankintana:

Gaia Consulting Oy (Tuomas Raivio, Tuukka Rautiainen, Jussi Airaksinen), päävetäjänä toimiminen eli kokonaisuuden koordinointi, raportointi ympäristöministeriölle ja työpaketit 5 ja 6.

- Liiketoimintajohtaja Tuomas Raivio (TKT) toimii energiasektorin tiimiesimiehenä Gaiassa. Tuomas on johtanut useita laajoja projektikokonaisuuksia selvitys- ja kehityshankkeiden ja teknologia- tutkimuskokonaisuuksien tiimoilta. Tutkijakoulutus ja dosenttuuri antavat Tuomakselle vahvan tieteellisen tutkimuksen suorittamisen ja ohjaamisen osaamispohjan. Pitkäaikainen kokemus konsultoinnista tukee laajojen hankekokonaisuuksien ohjausosaamista. Tuomas on myös johtanut useita vaikuttavuusarvioinnin ja toiminnallisen arvioinnin hankkeita. Hänellä on kokemusta sekä strategiaprosesseista että operatiivisen riskienhallinnan kehittämisestä. Hän on väitellyt systeemi- ja operaatiotutkimuksen alalta ja hänellä on vankka kokemus systeemianalyttisestä lähestymistavasta vaativiin monitahoisiin ongelmiin. (CV liitteenä)
- Liiketoimintapäällikkö Tuukka Rautiainen (DI) on erikoistunut Gaialla energiatoimialan haasteisiin ja ilmastokysymyksiin. Hänellä on vankka tausta energiayhtiöiden prosessien ja liiketoiminnan kehitystehtävistä yhtiöiden sisällä sekä palveluntarjoajan roolissa. Hän on toteuttanut mm. useita strategisia liiketoiminnan kehityshankkeita, vaikuttavuusarviointeja, ilmastotiekartta- ja päästövähennysselvityksiä sekä ollut mukana yrityskauppahankkeissa. (CV liitteenä)
- Jussi Airaksinen (HTM) on työssään erikoistunut laaja-alaisesti ympäristösäätelyyn ja toimijoiden väliseen vuorovaikutukseen ympäristön käyttöön liittyvissä hankkeissa. Hän on ollut muiden lupa- ja säätelyhankkeiden ohessa toteuttamassa useita merialueiden käyttöön liittyviä lupahankkeita. Hänellä on kokemusta monitoimijaympäristössä toteutettavasta vuorovaikutuksesta. Jussi on aiemmin toiminut säädösvalmistelijana ympäristölainsäädännön alalla sekä ympäristöoikeuden ja vuorovaikutuskäytäntöjen tutkijana. Hänellä on kokemusta sekä opintotaustaa ympäristöpolitiikan ohjauskeinojen suunnittelusta ja arvioinnista. (CV liitteenä)

Seuraavat tahot vastaavat työpakettien 1–4 toteutuksesta tai osallistuvat niihin keskeisessä roolissa opinnäytetyön ohjaajan tai valvojan ominaisuudessa tai asiantuntijana. Roolit työpaketeittain on kuvattu tarkemmin kohdassa ”Toteutussuunnitelma”.

VTT (Jari Shemeikka), työpaketti 1.

- Jari Shemeikka (DI) kaupunkien energiaratkaisujen tutkimustiimin päällikkö, jolla on yli 25 vuoden kokemus rakennusten ja yhdyskuntien energiaratkaisuista. Hän on ollut mukana kehittämässä rakennuskohtaisia ja alueellisia energiajärjestelmäratkaisuja ja niiden liittyvää simulointimallinnusta useissa kansallisissa ja eurooppalaisissa projekteissa. Shemeikka tuntee eurooppalaisen rakennusten energiatehokkuuslainsäädännön (EPDB), jonka kansallisen implementaation kehittämisessä ympäristöministeriölle hän on ollut mukana useassa projektissa vuosien varrella. (CV liitteenä)

Aalto Yliopisto (Anna Mikola, Annukka Santasalo-Aarnio), työpaketit 2, 3 ja 4.

- Professor of Practice Anna Mikola (TKT) on toiminut yli 18 vuoden ajan suunnittelu-, asiantuntija- ja tutkimustehtävissä vesihuoltoalalla. Anna Mikola vastaa jätevedenpuhdistuksen ja lietteiden käsittelyn opetuksesta ja tutkimuksesta Aalto-yliopiston Insinöörیتieteiden korkeakoulun Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmässä. Hän suunnittelee, ohjaa ja koordinoi jatkuvasti diplomi-insinööri- ja tohtoritason tutkimushankkeita. Professori Mikolan tutkimusryhmän painopistealueita ovat jätevesien resurssien talteenotto, mikropollutanttien poisto ja käsittelyprosessien resurssioptimointi. (CV liitteenä)
- Apulaisprofessori Annukka Santasalo-Aarniolla (TKT) on 13 vuoden asiantuntijuus energian varastoinnin alalta. Hän vetää monialaista energian varastoinnin ryhmää, jossa eri energian muutosprosesseja sekä lämmön - ja sähkön varastointia tutkitaan monialaisessa ryhmässä Aalto-yliopiston Insinöörیتieteiden korkeakoulussa. Hänen pääfokusalansa ovat täysin uudet, innovatiiviset energian varastointisysteemit sekä uudet lämmönvarastointimateriaalit, joissa ei käytetä kriittisiä raaka-aineita. (CV liitteenä)

Fluidit Oy (Markus Sunela), työpaketti 2.

- Teknologijahtaja Markus Sunelalla (FT, DI, Eur Ing) on vuosikymmenen kokemus erittäin vaativista mallinnustöistä ja hän tuntee eri mallinnusohjelmat läpikotaisin. Sunela vastaa konsultin ohjelmistokehityksestä ja verkostojen mallintamiseen liittyvästä virtaus- ja lämmönsiirtoteknisestä

tutkimuksesta ja tuotekehityksestä. Sunela on mm. toteuttanut useita eri mallinnussovelluksia ja hän on kehittänyt menetelmät automaatiojärjestelmien 1:1 mallintamiseen osaksi verkostomalleja. (CV liitteenä)

AFRY Finland Oy (Kristian Sahlstedt), työpaketti 3.

- Kristian Sahlstedt (TkL) on Suomen johtavia jätevedenkäsittelyn prosessiasiantuntijoita ja projektipäälliköitä. Hän toimii AFRYN Prosessit ja vienti -osaston päällikkönä. Hänellä on 19 vuoden kokemus vesihuollon suunnittelu- ja asiantuntijatehtävistä Suomessa ja lähialueilla, erityisenä osaamisalueena projektinjohto, prosessien ohjaus, biologisen jätevedenkäsittelyn syvälinen tuntemus, optimointi ja mallintaminen. Yleis- ja toteutussuunnittelukokemusta vastaavana prosessisuunnittelijana on yli 80 jätevedenpuhdistamolta (AVL 200 – 8 000 000) Pohjoismaissa, Baltiassa, Venäjällä, Valko-Venäjällä ja Ukrainassa; vierailukohteina on ollut yli 100 puhdistamoa 20 maassa. Useissa suunnittelukohteissa on ollut merkittävä teollisuusjätevesikuormitus. Sahlstedt on julkaissut useita artikkeleita ja esitelmää kotimaisissa ja kansainvälisissä julkaisuissa ja konferensseissa. Sahlstedt on Suomen johtava jätevedenpuhdistamojen prosessimallinnuksen asiantuntija. Toimiessaan tutkijana Teknillisessä korkeakoulussa hän hankki perusteellisen tieteellisen ymmärryksen jätevesiprosessien mikrobiologiasta sekä suunnitteli ja toteutti mm. Suomen ensimmäiset täyden mittakaavan puhdistamomallinnukset. (CV liitteenä)

		1-6/2021	7-12/2021	1-6/2022	7-12/2022
<b>Työpaketti 1</b>	Lämmöntalteenoton energiatase kaupungissa				
<b>Työpaketti 2</b>	Lämpötilan muutokset ja vaikutus jätevesiverkostossa*				
<b>Työpaketti 3</b>	Lämpötilan vaikutus typenpoistoon*				
<b>Työpaketti 4</b>	Lämmönvarastoinnin innovatiiviset menetelmät *				
<b>Työpaketti 5</b>	Käytännöt, ehdot ja ohjauskeinot**				
<b>Työpaketti 6</b>	Ristikkäisvaikutukset, yhteenveto ja johtopäätökset				
<b>Ohjausryhmän kokoukset (4-8 kpl)</b>		👥	👥	👥	👥
<b>Tulosten esittely webinaarissa</b>					👤

\*) Ajankohta tarkentuu, kesto n. 6 kk

\*\*\*) Ajankohta tarkentuu, kesto n. 3 kk

### Erilaisia energiataseen tekijöitä kaupungissa

