

30.3.2023-31.12.2025 (VN-10066-2023)

RAVINTEIDEN TALTEENOTON JA
LÄMMÖNTUOTANNON
TEHOSTAMINEN SEKÄ
JÄTEVEDENPUHDISTAMON JA
ENERGIALAITOKSEN
YHTEISTYÖN KEHITTÄMINEN

TURUN SEUDUN ENERGiantuotanto Oy
Ympäristöministeriön osin rahoittama hanke



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

TIIVISTELMÄ

Kakolan lämpöpumppulaitos on Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon yhteydessä toimiva kaukolämpöä ja kaukojäähdytystä vuodesta 2009 alkaen tuottanut laitos. Talteen otettava lämpömäärä vastaa noin 15 % Turun alueen kaukolämpötarpeesta sekä 90 % kaukojäähdytstarpeesta. Hankkeen käynnistämisen vaikuttimena oli alustavien selvitysten perusteella saatu käsitys, että lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotantoa on mahdollista tehostaa 5–10 % kasvattamalla lämpöpumppulaitokselle johdettavan puhdistetun jäteveden määrää. Lämpöpumpuille johdettavan jäteveden määrän kasvattaminen ei kuitenkaan ole mahdollista ilman lisäinvestointeja puhdistetun jäteveden puskurointiin normaalitilanteessa.

Hankkeen tuloksena Kakolan lämpöpumppulaitoksella on vuonna 2024 tuotettu yli 56000 MWh enemmän kaukolämpöä ja yli 8000 MWh enemmän kaukojäähdytystä verrattuna vuoteen 2023. Tuotannon kasvu on ollut molemmissa tapauksissa n. 22 %. Vuoden 2024 kuukausitason tasaisuus kertoo myös onnistuneesta puhdistetun jäteveden puskuroinnista ja virtauksenjaosta. Lisäksi kaukojäähdytyksen tuotannon kasvu samanaikaisesti kaukolämmön kanssa osoittaa, että aiemmin pelkästään kylmäakkuna toimineen altaan muuttaminen myös kaukolämmön tuotantoa tukevaksi ei heikentänyt mahdollisuuksia kaukojäähdytyksen tuotantoon. Puskurialtaan myötä Kakolan lämpöpumppulaitoksen häiriönsietokyky on myös parantunut, kun Kakolan jätevedenpuhdistamon virtausvaihtelujen sekä kuormitusmuutosten vaikutusta on saatu pienennettyä.

Hanketta on esitelty Turun seudun puhdistamo Oy:n ajankohtaista artikkelissa sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivien esityksessä. Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n, Turku Energian sekä Turun seudun puhdistamo Oy:n välillä. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointi- ja kehitysnäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus puhdistetun jäteveden potentiaalista kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotannossa on parantunut edelleen.

Hankkeen positiiviset ympäristövaikutukset ovat moninaiset. Odotukset ylittänyt kaukolämmön tuotannon sekä kaukojäähdytyksen tuotannon tehostuminen ovat lisänneet alueellista kapasiteettia sekä antavat mahdollisuuden vähentää muiden energialähteiden käyttöä, samalla pienentäen lämmöntuotannon hiilijalanjälkeä. Lisäksi kaukolämmön tuotantoon muutettu puskuriallas on vähentänyt lämpöpumppujen säätötarvetta näin vähentäen laitteiden kunnossapitokustannuksia sekä liitännäisiä kuljetus- ja rahtitarpeita. Puskurialtaan myötä Kakolan lämpöpumppulaitoksen häiriönsietokyky on parantunut, kun Kakolan jätevedenpuhdistamon virtausvaihtelujen sekä kuormitusmuutosten vaikutusta on saatu pienennettyä.

Viestintä on ollut onnistunutta ja hanke on herättänyt kiinnostusta kansallisesti. Kontaktoidut laitetoimittajat ja urakoitsijat osoittivat halukkuuttaan hankkeeseen sitoutumiseen, minkä ansiosta kaikki muutostyöt saatiin toteutettua vuoden 2023 aikana. Hankkeen osalta haasteita on aiheuttanut jonkin verran hankeorganisaation sisäisten aikataulujen yhteensovittaminen ja sovittu toimintamalli, jossa Turun seudun puhdistamo Oy vastaa raportoinnista viranomaisten suuntaan. Investointihankkeelle määritelty budjetti käytettiin kokonaisuudessaan. Kustannusjako poikkesi alkuperäisestä arviosta asennuspalvelun kustannuksien kasvaessa, mikä johtui ensisijaisesti merkittävästi nousseista sähkö-, instrumentointi- ja automaatioasennuskustannuksista.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
1. Hankkeen tausta ja tavoite	3
1.1. Hankkeen tausta	3
1.2. Hankkeen tavoite	3
2. hankkeen toteutus	4
2.1. Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattaminen ja kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina	4
3. Hankkeen tulokset	5
3.1. Tulosten arviointi	6
3.2. Tulosten hyödyntäminen	7
4. Hankkeen vaikutukset	7
4.1. Ympäristövaikutus	7
4.2. Työllisyysvaikutus	8
4.3. Muut vaikutukset	8
5. viestinnän toteutuminen ja tulokset	8
6. talousraportti	9
7. yhteenveto ja johtopäätökset	9
Taulukko 1. Toteutuneet muutostyöt ja niiden aikataulu investointihankkeessa	5
Taulukko 2. Kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotanto Kakolan lämpöpumppulaitoksella vuosina 2021– 2024	6

1. HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITE

1.1. Hankkeen tausta

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon lähtevästä, puhdistetusta jätevedestä otetaan lämpöenergiaa talteen Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n (TSE) Kakolan lämpöpumppulaitoksella. Talteen otettava lämpömäärä vastaa noin 15 % Turun alueen kaukolämpötarpeesta sekä 90 % kaukojäähdytystarpeesta. Lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotantoa on mahdollista edelleen tehostaa 5–10 % kasvattamalla lämpöpumppulaitokselle johdettavan puhdistetun jäteveden määrää. Lämpöpumpuille johdettavan jäteveden määrän kasvattaminen ei kuitenkaan ole mahdollista ilman lisäinvestointeja puhdistetun jäteveden puskurointiin normaalitilanteessa.

Huippuvirtaamatilanteissa vastaavasti Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon aktiivilieteprosessin jälkikäsitteilyn kapasiteetti ylittyy, jolloin kapasiteetin ylittävät vedet johdetaan ohitusvesienkäsittely-yksikölle. Tämä kasvattaa lämpöpumpuille menevää kiintoainekuormaa ja heikentää lämmöntuotantokykyä. Puhdistetusta jätevedestä lämpöä tuottavan prosessin kannalta olennaista on syöttönesteen mahdollisimman alhainen kiintoainepitoisuus maksimaalisen lämpötehon saavuttamiseksi. Tehostamalla jätevedenkäsittelyn kiintoaineen talteenottoa saadaan jätevedessä oleva ravinne- ja energiapotentiaali hyödynnettyä täysimääräisesti.

Hankkeen toteutumisesta vastaa Turun seudun puhdistamo Oy yhteistyössä Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n kanssa. Hanke on Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n osalta investointihanke ja Turun seudun puhdistamo Oy:n osalta TKI-hanke. Tässä loppuraportissa käsitellään investointihanketta.

1.2. Hankkeen tavoite

Kakolan lämpöpumppulaitokselle johdettava virtaama on Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolta tulevan epätasaisen jätevesivirtaaman vuoksi jouduttu rajoittamaan n. 2000 m³/h, mikä on noin puolet lämpöpumppujen teoreettisesta maksimikapasiteetista. Jäteveden maksimaalisen energiapotentiaalin hyödyntämiseksi Turun Seudun Energiantuotanto Oy hankkii ja asentaa laitteistoja, jotka mahdollistavat kapasiteetin kasvattamisen. Kapasiteetin kasvattamisessa olennaista on syöttöpumppauksen sekä lämpöpumppujen säädettävyys vaihtuvien olosuhteiden mukaisesti ja lämpöpumpuilta poistuvan veden takaisinkierätyksessä syötteeksi alhaisten jätevesivirtaamien aikaan.

Kesäaikaan Kakolan lämpöpumppulaitoksella on ollut kylmäntuotannon virtausvaihtelujen tasaamiseen n. 15 000 m³ allas. Tämä allas on mahdollistanut kaukojäähdytysverkon tasaisen ja tehokkaan toiminnan, mutta kaukolämmön tuotantoon tai jakeluun altaalla ei ole ollut vaikutusta. Osana investointihanketta kyseinen tasausallas kuitenkin muutetaan toimimaan myös lämmityskaudella höyrystimille menevän puhdistetun jäteveden puskurialtaana. Tämä muutostyö mahdollistaa kaukojäähdytyksen tuotantoa vastaavan puskuritoiminnon myös kaukolämmön tuotannossa, jolloin lämpöpumppujen tehokkuus ja toimintavarmuus kasvavat sekä alasajot vähenevät.

Lämpöpumppulaitoksen prosessia kehittämällä on tavoitteena saada tuotettua Kakolan lämpöpumppulaitoksella energiaa Turun seudun kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkkoihin 5–10 % enemmän vuosien 2022–2023 tilanteeseen verrattuna.

2. HANKKEEN TOTEUTUS

Investointihankkeen toteutus jaettiin kahteen työpakettiin: Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattaminen sekä kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina. Investointihanke on toteutettu kokonaisuudessaan vuoden 2023 aikana. Työpaketit ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa ja esitellään tässä yhteisesti.

2.1. Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattaminen ja kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina

Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattamisella tarkoitetaan niitä toimia, joilla Kakolan jätevedenpuhdistamolta tulevaa syötettä saadaan kasvatettua lähemmäs lämpöpumppulaitoksen teoreettista 4000 m³/h maksimia. Kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina on suurin yksittäinen näistä toimista, mutta myös muita toimenpiteitä kapasiteetin kasvattamiseksi on toteutettu.

Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattamisen työpaketti käynnistyi huhtikuussa 2023 kattavalla prosessi-, putkisto-, sekä sähkö-, instrumentointi- ja automaatio suunnittelulla. Suunnitelmien pohjalta todettiin, että tavoitteisiin pääseminen edellyttää sekä lämpöpumpuille menevän syötteen kasvattamista kokoaikaisesti että virtaaman tasaamista, jotta rajuilta lämpöpumppujen tehonsäädöiltä vältyttäisiin. Suunnitelmissa määritettiin myös toimenpiteet, joilla tavoitteeseen päästään sisältäen esimerkiksi tarvittavat hankinnat, uusien putkistojen reitit sekä automaation toimintamalli.

Suunnitelmien valmistumisen jälkeen edettiin hankintoihin. Hankinnoista suurimpia olivat putkisto- ja teräsrakenteiden hankinnat sekä uudet sähkö- ja instrumenttitarpeet, kuten venttiilit ja taajuusmuuttajat.

Kapasiteetin kasvattamisen asennustyöt käynnistyivät elokuussa 2023. Lämpöpumpuille puhdistettua jätevettä pumppaavien pumppujen sähkömoottoreita vaihdettiin uusiin säädettävyyden lisäämiseksi ja virtaaman kasvattamiseksi. Samalla uusittiin myös taajuusmuuttajat ja tarvittava sähköistys. Uusi putkisto rakennettiin mahdollistamaan puskurialtaaseen höyrystimeltä palaavan veden kierto takaisin lämpöpumppujen syötteeksi. Venttiilit toimilaitteineen sekä virtausmittaus kaapelointineen lisättiin säädettävyyden mahdollistamiseksi. Myös automaatio-ohjelmisto päivitettiin tarvittavilta osin. Tarkempi erittely toteutuneista muutoksista ja aikataulusta on esitetty taulukossa 1.

Tehtävän nimi	Toteutusaikataulu
Suunnittelu	3.4. - 25.8.2023
Prosessisuunnittelu	
Putkistosuunnittelu	
Järjestelmäkuvaus	
Hoitotaso	
Hankinnat	3.4. - 10.10.2023
Taajuusmuuttajat	
Sähkömoottorit	
Kaapeloinnit	
Venttiilit	
Putkisto ja hoitotaso	
Virtausmittaus	
Asennukset	21.8. - 20.11.2023
Sprinklerputkisto	
Putkistoasennus ja hoitotaso	
Sähkömoottorien vaihdot	
SA-asennukset	24.8. - 20.11.2023
Valmistavat työt	
Kaapeloinnit	
SA-asennukset	
Kytkenät	
Taajuusmuuttajien vaihdot	23.10. - 8.11.2023
Eristystyöt	16.10 - 3.11.2023
Käyttöönotto	6.11. - 28.11.2023
Automaatiolaajennus	
Venttiilit ja instrumentit	
Prosessierotusten purku ja täytöt	
Taajuusmuuttajat	
Automaatiosovellus	
Toimilaitteiden vaihto	
Jälkityöt	19.12. - 20.12.2023
Pumpun virtauksen ohjaimen asennus	

Taulukko 1. Toteutuneet muutostyöt ja niiden aikataulu investointihankkeessa.

3. HANKKEEN TULOKSET

Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattaminen ja kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina ovat investointien osalta valmistuneet vuonna 2023. Kaikki suunnitellut muutostyöt ovat näin ollen olleet käytössä vuoden 2024 lämmityskaudella. Turun seudun Energiantuotanto Oy on seurannut muutostöiden vaikutuksia ja yhteenvedo saavutetuista tuloksista on esitetty taulukossa 2.

Lämpöpumpun tuotanto 2021, toteuma			Lämpöpumpun tuotanto 2023, toteuma		
	tuotanto, lämpö	tuotanto, jäähdytys		tuotanto, lämpö	tuotanto, jäähdytys
	MWh	MWh		MWh	MWh
tammi	30 413	1 517	tammi	13 756	1 742
helmi	24 514	1 399	helmi	25 040	1 570
maalis	22 997	1 819	maalis	25 590	1 821
huhti	18 173	2 112	huhti	14 323	2 075
touko	15 511	2 884	touko	13 451	2 965
kesä	20 852	5 416	kesä	22 121	5 067
heinä	25 697	6 759	heinä	29 750	6 265
elo	23 839	4 144	elo	26 392	5 928
syys	13 993	2 803	syys	15 738	4 273
loka	14 934	2 623	loka	26 875	2 286
marras	16 912	2 044	marras	14 151	1 059
joulu	22 872	1 721	joulu	28 154	1 632
	250 705	35 241		255 340	36 683
Lämpöpumpun tuotanto 2022, toteuma			Lämpöpumpun tuotanto 2024, toteuma		
	tuotanto, lämpö	tuotanto, jäähdytys		tuotanto, lämpö	tuotanto, jäähdytys
	MWh	MWh		MWh	MWh
tammi	25 347	1 699	tammi	28 946	1 639
helmi	23 148	1 437	helmi	23 490	1 588
maalis	23 442	1 743	maalis	26 037	1 791
huhti	17 694	1 901	huhti	17 388	1 968
touko	14 920	2 733	touko	22 300	5 668
kesä	27 070	5 180	kesä	28 582	6 024
heinä	30 028	6 059	heinä	30 806	7 908
elo	24 588	6 177	elo	30 928	7 166
syys	4 099	813	syys	22 912	4 610
loka	14 436	2 311	loka	21 356	2 274
marras	14 595	2 013	marras	29 061	2 178
joulu	15 394	1 717	joulu	29 745	1 989
	234 761	33 783		311 549	44 803

Taulukko 2. Kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotanto Kakolan lämpöpumppulaitoksella vuosina 2021–2024.

3.1. Tulosten arviointi

Taulukossa 2. Esitetyistä kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotantoluvuista on havaittavissa jonkin verran vaihtelua vuotuisissa tuotantomäärissä. Vuonna 2022 sekä kaukolämmön että kaukojäähdytyksen tuotanto on ollut keskimääräistä matalampaa. Merkittävin muutos tuotantoluvuissa on kuitenkin havaittavissa vuonna 2024. Vuonna 2024 Kakolan lämpöpumppulaitoksella on tuotettu yli 56000 MWh enemmän kaukolämpöä ja yli 8000 MWh enemmän kaukojäähdytystä verrattuna vuoteen 2023. Tämä tarkoittaa n. 22 % kasvua kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotannossa aiempaan verrattuna. Turun seudulla kaukolämmön energiamaksu asiakkaalle on noin 70 €/MWh vuoden keskiarvolla. Mikäli lämpöpumppulaitoksella kasvanut tuotanto siirtyisi sellaisenaan suoraan asiakkaiden käyttöön muun kaukolämmöntuotannon päälle, tarkoittaisi se n. 4,0 milj. € tuloa. Todellisuudessa tuotannon kasvu ei

kuitenkaan suoraan siirry kulutukseen ja lisääntynyt tuotanto tarkoittaa myös lisääntynyttä sähkönkäyttöä lämpöpumppulaitoksella. Tästä syystä on mielekkäämpää vertailla kasvanutta energiamäärää rahallisen arvon sijasta. Joka tapauksessa on perusteltua todeta, että vuoden 2023 aikana toteutetut investoinnit ovat kasvattaneet Kakolan lämpöpumppulaitoksen kaukolämmön sekä kaukojäähdytyksen tuotantoa merkittävästi.

Investointihankkeen tavoitteena oli kasvattaa Kakolan lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotantoa 5–10 % kasvattamalla lämpöpumppulaitokselle johdettavan puhdistetun jäteveden määrää. Saavutettu n. 22 % tehostus kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotannossa ylittää huomattavasti asetetut tavoitteet. Taulukon 2. Tuloksista on myös havaittavissa vuoden 2024 tuotannon tasaisuus eri kuukausina. Kuukausitason tasaisuus kertoo onnistuneesta puhdistetun jäteveden puskuroinnista ja virtauksenjaosta. Lisäksi kaukojäähdytyksen tuotannon kasvu samanaikaisesti osoittaa, että aiemmin pelkästään kylmäakkuna toimineen altaan muuttaminen myös kaukolämmön tuotantoa tukevaksi ei heikentänyt mahdollisuuksia kaukojäähdytyksen tuotantoon.

3.2. Tulosten hyödyntäminen

Hankkeen tuloksia on hankkeen aikana esitelty sidosryhmille laaja-alaisesti. Hankkeesta on pidetty Turun seudun puhdistamo Oy:n toimesta esitys kevään 2024 Vesilaitosyhdistyksen Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen -päivillä. Tulosten jakaminen sidosryhmille jatkuu hankkeen päättymisen jälkeen. Lisäksi hanke on kehittänyt yhteistyötä Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n, lämpöpumppulaitosta operoivan Turku Energian sekä Turun seudun puhdistamo Oy:n välillä. Yhteistyön kehittyminen on näkynyt muun muassa aktiivisena tiedonvaihtona sekä ajatuksina uusista kehityshankkeista Kakolan lämpöpumppulaitoksen toiminnan jatkokehittämiseksi.

4. HANKKEEN VAIKUTUKSET

4.1. Ympäristövaikutus

Hankkeen positiiviset ympäristövaikutukset ovat moninaiset. Odotukset ylittänyt kaukolämmön tuotannon sekä kaukojäähdytyksen tuotannon tehostuminen ovat lisänneet alueellista kapasiteettia sekä antavat mahdollisuuden vähentää muiden energialähteiden käyttöä, samalla pienentäen lämmöntuotannon hiilijalanjälkeä. Lisäksi kaukolämmön tuotantoon muutettu puskuriallas on vähentänyt lämpöpumppujen säätötarvetta näin vähentäen laitteiden kunnossapitokustannuksia sekä liitännäisiä kuljetus- ja rahtitarpeita. Puskurialtaan myötä Kakolan lämpöpumppulaitoksen häiriönsietokyky on parantunut, kun Kakolan jätevedenpuhdistamon virtausvaihtelujen sekä kuormitusmuutosten vaikutusta on saatu pienennettyä.

4.2. Työllisyysvaikutus

Hankkeen aikaansaama työllisyysvaikutus on projektin alusta alkaen ollut monipuolinen. Suunnitelman mukaisesti hankkeen toteutuksessa on ollut mukana suunnittelijoita, usean sektorin urakoitsijoita sekä työjohtoa. Tavarantoimittajina on toiminut yrityksiä mekaaniselta laitepuolelta sekä sähkö-, instrumentointi- ja automaatiosektorilta. Hankkeen käytännön toteutuksesta on vastannut Turku Energia ja raportoinnista Turun seudun puhdistamo Oy. Oman organisaation osalta hanke on työllistänyt osapäiväisesti kaksi työntekijää koordinoinnin, viestinnän ja hallinnon osalta. Kokonaisuudessaan investointihankkeen työllisyysvaikutus on ollut noin kolme henkilötyövuotta.

4.3. Muut vaikutukset

Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n, Turku Energian sekä Turun seudun puhdistamo Oy:n välillä. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointi- ja kehitysnäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus puhdistetun jäteveden potentiaalista kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotannossa on parantunut edelleen.

5. VIESTINNÄN TOTEUTUMINEN JA TULOKSET

Hankkeen viestintä on toteutettu suunnitelman mukaisesti mahdollisimman avoimesti ja monipuolisesti. Pääasiallinen viestintäkanava on ollut sähköposti, jonka kautta hankeorganisaation ulkopuolisille jäsenille (suunnittelijat, urakoitsijat, laitetoimittajat ja palveluntarjoajat) on jaettu tietoa ja toimeksiantoja. Sisäinen viestintä on tapahtunut sähköpostin lisäksi palaverissa, keskusteluseminareissa, puhelimitse ja keskinäisin keskusteluin.

Vuoden 2023 aikana järjestettiin yhteinen infotilaisuus Ympäristöministeriön avustamille hankkeille sekä yksi seurantalpalaveri hankkeen valvojan kanssa. Lisäksi valvojalle toimitettiin väliraportti vuoden tapahtumista. Vuonna 2024 järjestettiin kolme seurantalpalaveria valvojan kanssa sekä toimitettiin väliraportti. Vuonna 2025 järjestettiin kaksi valvontalpalaveria sekä toimitettiin hankkeen loppuraportti.

Hankeorganisaation kesken kokouksia on järjestetty tarvittaessa, missä keskustellut asiat on kirjattu ylös osallistujille jaettuihin muistioihin. Kokouksista merkittävä osa järjestettiin vuonna 2023 hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheen ollessa aktiivista. Vuosi 2024 on keskittynyt enemmän toteutuksen vaikuttavuuden seurantaan, jolloin myös viestintä on ollut suoraviivaisempaa. Hankkeen aikana muodostunut materiaali ja suunnitelmat ovat tallennettuna hankkeen toteutuksessa mukana olleiden organisaatioiden tiedostojenhallintajärjestelmiin, mistä ne ovat katsottavissa ja jaettavissa koko hankeorganisaation kesken.

Viestintä on ollut onnistunutta ja hanke on herättänyt kiinnostusta kansallisesti. Tästä esimerkkinä Turun seudun puhdistamo Oy:n hankkeesta tekemä ajankohtaista artikkeli loppuvuodesta 2023 sekä puheenvuoro Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivillä maaliskuussa 2024. Kontaktoidut laitetoimittajat ja urakoitsijat osoittivat halukkuuttaan hankkeeseen sitoutumiseen, minkä ansiosta kaikki

muutostyöt saatiin toteutettua vuoden 2023 aikana. Myös sidosryhmäyhteistyö on kehittynyt hankkeen seurauksena.

Viestinnän osalta haasteita on aiheuttanut jonkin verran hankeorganisaation sisäisten aikataulujen yhteensovittaminen ja sovittu toimintamalli, jossa Turun seudun puhdistamo Oy vastaa raportoinnista viranomaisten suuntaan. Hankkeen suunnitellut toimet ja raportoinnit on kuitenkin tehty kattavasti ja aikataulussa.

6. TALOUSRAPORTTI

Ympäristöministeriö on myöntänyt valtionavustuslain (688/2001) mukaisena valtionapuviranomaisena harkinnanvaraista valtionavustusta hankkeen toteuttajaosapuolille. Rahoitus on osa ravinteiden kierrätyksen hankkeille kohdistettua Ahti-ohjelmaa. Hankesuunnitelmassa ilmoitettu alkuperäinen kokonaisbudjetti hankkeelle on ollut 850 000 € (alv 0%). Hanke on jaettu TKI- ja investointiosuuksiin, joista TKI-osuuden alkuperäinen kustannus on ollut 300 000 € ja investointiosuuden 550 000 €.

Investointihankkeen kustannukset ovat kohdistuneet kolmeen kategoriaan; suunnitteluun ja projektinjohtoon, asennuspalveluun sekä laite- ja tarpeistohankintoihin. Suunnittelun ja projektinjohtoon merkittävimpinä kuluina ovat toteutussuunnittelu, joka sisälsi niin putkisto- ja koneistosuunnittelua kuin sähkö-, instrumentointi-, ja automaatio-suunnitteluakin sekä Turku Energian toteuttamaa työn koordinoimista ja johtoa.

Laite- ja tarpeistopuolen suurimmat kustannukset kohdistuivat putkistoon ja sulkuventtiileihin sekä sähkömoottoreihin ja taajuusmuuttajiin. Putkistomuutoksia ja laitteita sekä instrumentteja tarvittiin lämpöpumpuille johdettavan puhdistetun jätevesivirtaaman kasvattamiseksi ja kylmäakun hyödyntämiseksi jäteveden puskurina.

Kolmanneksi kustannuksia on kohdistunut hankittujen mekaanisten osien ja laitteiden asennuksiin sekä sähkö-, instrumentointi- ja automaatioasennuksiin. Hankkeen tarkemmat kustannukset ovat esillä Kustannuserittely -liitteellä. Investointihankkeelle määritelty 550 000 € budjetti käytettiin kokonaisuudessaan. Kustannukset tosin jakautuivat alkuperäisestä arviosta poiketen lähes tasan välineiden ja laitteiden sekä ostopalveluiden ja urakoiden kesken. Alkuperäisestä arviosta eniten nousivat asennuspalvelun kustannukset, mikä johtui ensisijaisesti merkittävästi nousseista sähkö-, instrumentointi- ja automaatioasennuskustannuksista.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Hankkeen tavoitteena oli kehittää lämpöpumppulaitoksen prosessia ja saada näin tuotettua Kakolan lämpöpumppulaitoksella energiaa Turun seudun kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkkoihin 5–10 % enemmän vuosien 2022–2023 tilanteeseen verrattuna.

Investointihankkeen toteutus jaettiin kahteen työpakettiin: Lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattaminen sekä kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina. Investointihanke on toteutettu kokonaisuudessaan vuoden 2023 aikana. Työpaketit ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa ja kylmäakun hyödyntäminen jäteveden puskurina onkin yksi merkittävimmistä lämpöpumppulaitoksen kapasiteetin kasvattamisen mahdollistajista.

Hankkeelle asetetut tavoitteet saavutettiin ja tavoitteeseen nähden kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotanto nousi merkittävästi odotuksia enemmän. Tuotannon tehostumiset ovat lisänneet alueellista kapasiteettia sekä antavat mahdollisuuden vähentää muiden energialähteiden käyttöä, samalla pienentäen lämmöntuotannon hiilijalanjälkeä. Lisäksi puskurialtaan myötä Kakolan lämpöpumppulaitoksen häiriönsietokyky on parantunut, kun Kakolan jätevedenpuhdistamon virtausvaihtelujen sekä kuormitusmuutosten vaikutusta on saatu pienennettyä.

Hanketta on esitelty Turun seudun puhdistamo Oy:n ajankohtaista artikkelissa vuonna 2023 sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivien esityksessä vuonna 2024. Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n, Turku Energian sekä Turun seudun puhdistamo Oy:n välillä. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointi- ja kehitysnäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus puhdistetun jäteveden potentiaalista kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotannossa on parantunut edelleen.

Investointihankkeelle määritelty 550 000 € budjetti käytettiin kokonaisuudessaan. Kustannukset tosin jakautuivat alkuperäisestä arviosta poiketen lähes tasan välineiden ja laitteiden sekä ostopalveluiden ja urakoiden kesken. Alkuperäisestä arviosta eniten nousivat asennuspalvelun kustannukset, mikä johtui ensisijaisesti merkittävästi nousseista sähkö-, instrumentointi- ja automaatioasennuskustannuksista.

Jatkotoimenpiteiden osalta hankkeen aihepiiriin liittyvissä suunnitelmissa on kehittää edelleen kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotantoa optimoimalla puskurialtaan käyttöä eri vuodenaikoina. Lisäksi suunnitelmissa on mahdollisesti muuttaa lämpöpumppulaitokselta takaisin jätevedenpuhdistamolle palautuvan veden purkukohtaa. Purkukohdan muutoksella estettäisiin satunnaisesti esiintyvää jo kerran talteenottoprosessin läpikäyneen veden uudelleen käsittelyä.

30.3.2023-31.12.2025 (VN-10066-2023)

RAVINTEIDEN TALTEENOTON JA
LÄMMÖNTUOTANNON
TEHOSTAMINEN SEKÄ
JÄTEVEDENPUHDISTAMON JA
ENERGIALAITOKSEN
YHTEISTYÖN KEHITTÄMINEN

TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY
YMPÄRISTÖMINISTERIÖN OSIN RAHOITAMA HANKE



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

TIIVISTELMÄ

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo on Turun Kakolanmäessä sijaitseva laitos, joka puhdistaa Turun alueen asumis- ja teollisuusjätevedet laadukkaasti ja kustannustehokkaasti. Laitos on aloittanut toimintansa loppuvuonna 2008. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon lähtevästä, puhdistetusta jätevedestä otetaan lämpöenergiaa talteen Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n (TSE) Kakolan lämpöpumppulaitoksella.

Hankkeen käynnistämisen vaikuttimena oli alustavien selvitysten perusteella saatu käsitys, että lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotantoa on mahdollista edelleen tehostaa 5–10 % kasvattamalla lämpöpumppulaitokselle johdettavan puhdistetun jäteveden määrää. Lämpöpumpuille johdettavan jäteveden määrän kasvattaminen ei kuitenkaan ole mahdollista ilman lisäinvestointeja puhdistetun jäteveden puskurointiin normaalitilanteessa. Huippuvirtaamatilanteissa vastaavasti Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon aktiivilieteprosessin kapasiteetti ylittyy, jolloin kapasiteetin ylittävät vedet johdetaan ohitusvesienkäsittely-yksikölle (OVK). Tämä kasvattaa lämpöpumpuille menevää kiintoainekuormaa ja heikentää lämmöntuotantokykyä.

Hankkeen tuloksena kiintoainekuormitus lämpöpumppulaitokselle on esiselkeytysten ajotapaa muuttamalla vähentynyt vertailujaksoihin verrattuna n. 30 % - 50 %, mikä vastaa noin 3000–4000 kg kiintoainetta kuukaudessa. Lisäksi suunnittelun yhteydessä havaittiin useita korjaustarpeessa olevia hiekkasuodatusaltaita. Saneerattu hiekkasuodatusallas läpäisi muutostöiden jälkeen keskimäärin 47 % enemmän vettä vertailujaksoon verrattuna. Diplomityön kautta saatiin pilot-mittakaavan tietoa eri suodatusmenetelmien tehokkuudesta ohitusvesienkäsittely-yksiköstä poistuvan kiintoaineen ja ravinteiden vähentämiseksi. Koeajojen perusteella kumpikin vertailtu tekniikka vähentää ohitusvesienkäsittely-yksiköstä lähtevää kuormitusta. Fosforituloksia vertailtaessa ultrasuodatuksella poistui yli 70 % OVK:lta lähtevästä fosforista ja nukkakangassuodattimellakin noin 30 %.

Hanketta on esitelty Turun seudun puhdistamo Oy:n ajankohtaista artikkelissa vuonna 2023 sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivien esityksessä vuonna 2024. Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Turun seudun puhdistamo Oy:n, Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n sekä Turku Energian välillä. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointi- ja kehitysnäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessin syy-seuraussuhteista on kehittynyt edelleen. Hankkeen aikana toteutettiin diplomityö yhteistyössä LUT-Yliopiston kanssa.

Hankkeen positiiviset ympäristövaikutukset ovat moninaiset. Odotukset ylittänyt kiintoaineen poistuminen on vähentänyt lämpöpumppulaitokselle päätyvää kiintoainekuormitusta mahdollistaen tehokkaamman kaukolämmön sekä kaukojäähdytyksen tuotannon Kakolan lämpöpumppulaitoksella. Kiintoaineen parantunut poistuminen on myös suoraan vähentänyt purkuvesistöön päätyvää kuormitusta. Hankkeen myötä Kakolan jätevedenpuhdistamon häiriönsietokyky on myös parantunut, kun virtaamanhallintaa on saatu kehitettyä ja etenkin esiselkeytyksen laskeutuvuutta parannettua kesäkauden vaikeissa olosuhteissa.

Viestintä on ollut onnistunutta ja hanke on herättänyt kiinnostusta kansallisesti. Kontaktoidut yhteistyökumppanit osoittivat halukkuuttaan hankkeeseen sitoutumiseen, minkä ansiosta tavoitteet oli mahdollista saavuttaa. Hankkeen osalta haasteita on aiheuttanut jonkin verran hankeorganisaation sisäisten aikataulujen yhteensovittaminen ja hankkeen edetessä tarkentunut suunnitelma lopputöiden määrästä sekä pilot-koeajojen toteutuksesta. TKI-hankkeelle hyväksytyllä muutosehdotuksella määritellystä 217 000 euron budjetista käytettiin lopulta vain noin puolet. Kustannukset poikkesivat alkuperäisestä pilot-laitteistoon liittyvien kustannusten merkittävästi pienennyttä.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
1. Hankkeen tausta ja tavoite	3
1.1. Hankkeen tausta	3
1.2. Hankkeen tavoite	3
2. Hankkeen toteutus	4
2.1. Esiselkeytyksien tasauskäyttö.....	4
2.2. Ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella.....	4
2.3. Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio....	5
3. Hankkeen tulokset.....	6
3.1. Esiselkeytyksien tasauskäyttö.....	6
3.2. Ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella.....	8
3.3. Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio....	8
3.4. Tulosten arviointi	10
3.5. Tulosten hyödyntäminen	11
4. Hankkeen vaikutukset	11
4.1. Ympäristövaikutus.....	11
4.2. Työllisyysvaikutus	12
4.3. Muut vaikutukset	12
5. Viestinnän toteutuminen ja tulokset.....	12
6. Talousraportti	13
7. Yhteenveto ja johtopäätökset	14
Taulukko 1. Esiselkeytyksien virtaamat vertailujaksoilla.....	6
Taulukko 2. Virtaukset ja kiintoaineet vertailujaksoilla	7
Taulukko 3. Esiselkeytyksen reduktio vertailujaksoilla	7
Taulukko 4. Hiekkasuodatussolu 18 virtaama ja suodatuskapasiteetti vertailujaksoilla.....	8
Taulukko 5. Pilottikokeiden fosforitulokset.....	9

1. HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITE

1.1. Hankkeen tausta

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon lähtevästä, puhdistetusta jätevedestä otetaan lämpöenergiaa talteen Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n (TSE) Kakolan lämpöpumppulaitoksella. Talteen otettava lämpömäärä vastaa noin 15 % Turun alueen kaukolämpötarpeesta sekä 90 % kaukojäähdytystarpeesta. Lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotantoa on mahdollista edelleen tehostaa 5–10 % kasvattamalla lämpöpumppulaitokselle johdettavan puhdistetun jäteveden määrää. Lämpöpumpuille johdettavan jäteveden määrän kasvattaminen ei kuitenkaan ole mahdollista ilman lisäinvestointeja puhdistetun jäteveden puskurointiin normaalitilanteessa.

Huippuvirtaamatilanteissa vastaavasti Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon aktiivilieteprosessin jälkikäsitteilyn kapasiteetti ylittyy, jolloin kapasiteetin ylittävät vedet johdetaan ohitusvesienkäsittelyyksikölle. Tämä kasvattaa lämpöpumpuille menevää kiintoainekuormaa ja heikentää lämmöntuotantokykyä.

Kiintoaine sisältää merkittävän määrän ravinteita, jotka mereen päätyessään toimivat kuormituksena, mutta oikealla tavalla käsiteltynä hyödyllisinä raaka-aineina. Samalla tavalla puhdistetusta jätevedestä lämpöä tuottavan prosessin kannalta olennaista on syöttönesteen mahdollisimman alhainen kiintoainepitoisuus maksimaalisen lämpötehon saavuttamiseksi. Tehostamalla jätevedenkäsittelyn kiintoaineen talteenottoa saadaan jätevedessä oleva ravinne- ja energiapotentiaali hyödynnettyä täysimääräisesti.

Hankkeen toteutumisesta vastaa Turun seudun puhdistamo Oy yhteistyössä Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n kanssa. Hanke on Turun seudun puhdistamo Oy:n osalta TKI-hanke ja Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n osalta investointihanke. Tässä loppuraportissa käsitellään TKI-hanketta.

1.2. Hankkeen tavoite

Kakolan lämpöpumppulaitokselle johdetaan puhdistettua jätevettä Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolta kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotantoon. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolta lähtevän epätasaisen jätevesivirtaaman vuoksi Kakolan lämpöpumppulaitosta on jouduttu rajoittamaan noin puoleen lämpöpumppujen teoreettisesta maksimikapasiteetista. Jäteveden maksimaalisen energiapotentiaalin hyödyntämiseksi Turun seudun puhdistamo Oy selvittää yhdessä konsultin kanssa vaihtoehtoja jätevedenpuhdistusprosessin ja siihen liittyvän lämpöpumppulaitoksen virtausvaihtelujen tasaamiseksi ja kiintoainekuorman vähentämiseksi omassa prosessissaan. Selvityksessä saadaan tietoa esiselkeytysaltaiden mahdollisuudesta toimia tasausaltaina sekä virtaamien ohjauksen vaikutuksesta ohitusvesienkäsittely-yksikön toimintaan. Lisäksi konsultti tutkii vaihtoehtoja ohitusvesienkäsittely-yksikössä puhdistettujen vesien erillisuodatukseen. Tarkoituksena on kerätä tietoa olemassa olevista

kiintoainepitoisen jäteveden käsittelyyn soveltuvista korkean kapasiteetin suodatusmenetelmistä sekä niiden soveltuvuudesta Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessiin.

Selvitysvaiheen tavoitteena on hankkia Turun seudun puhdistamo Oy:lle koeajoon ohitusvesienkäsittely-yksiköstä poistuvien vesien suodatusjärjestelmä. Tässä vaiheessa saatuja tietoja hyödynnetään myös koeajojen näytteenottosuunnitelmassa. Koeajovaiheessa selvitysvaiheen perusteella saatu biologisen prosessin ohitusvesiin soveltuva pilot-laitteisto liitetään Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessiin. Koeajovaiheesta toteutetaan diplomityö. Koeajojen aikana seurataan suodatusjärjestelmän toimintaa vaihtelevissa prosessiolosuhteissa näytteenottosuunnitelmien mukaisesti.

2. HANKKEEN TOTEUTUS

TKI-hankkeen toteutus jaettiin neljään työpakettiin: Esiselkeytyksien tasauskäyttö, ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella, ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio. TKI-hanke on toteutettu vuosien 2023–2025 aikana.

2.1. Esiselkeytyksien tasauskäyttö

Esiselkeytyksen tasauskäytöllä tarkoitetaan niitä toimia, joilla Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon tulopumpuilta tulevaa syklittäistä virtaamaa saataisiin tasattua esiselkeytyksessä. Lähtötilanteessa esiselkeytyksistä kahdessa neljästä on käytössä pinnanmittaus sekä automaattiventtiilit altaan tyhjennyksessä.

Esiselkeytyksien tasauskäytön suunnittelu käynnistyi syksyllä 2023 lähtötilanteen kartoittamisella ja tavoitteen määrittämisellä. Tavoitteeksi asetettiin esiselkeytyksestä ilmastukseen tai vaihtoehtoisesti ohitusvesienkäsittely-yksikölle menevän kiintoaineen väheneminen ja virtaaman tasoittuminen.

Työpaketti jatkui vuonna 2024 data-analyysillä ja vuodenaikojen vaihtelun vaikutuksen vertailulla. Vuodenajoilla havaittiin olevan vaikutuksia etenkin biologisen aktiivisuuden osalta, mikä näkyy esiselkeytyksen laskeutumishopeuden muutoksina. Vuonna 2025 konsultti antoi suositukset toimenpiteistä kiintoaineen ja virtaaman tasaamiseksi esiselkeytyksissä. Konsultin suosittelemat toimenpiteet tuotantoautomaatioon ovat vielä toteuttamatta, mutta toteutuksen mahdollisuutta vuodelle 2026 on suunniteltu. Operaattorin toteuttamat ohjaustoimenpiteet on otettu käyttöön vuoden 2025 kesäkaudella sisältäen esiselkeytyksien käyttöä sykleittäin laskeutuvuushasteiden ajankohtina ja useamman esiselkeytyksen käytön suurten virtaamien sekä kylmän vuodenajan jaksoina.

2.2. Ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella

Ohitusvesienkäsittely-yksikön (OVK) käynnin tasoittaminen prosessiohjauksella tarkoittaa niitä toimia, joilla pyritään tasaamaan esiselkeytyksestä suurten virtaamien aikaan ohitusvesienkäsittely-yksikölle ja ilmastukseen johdettua virtaamaa. Lähtötilanteessa ilmastuksen kapasiteetti on rajoitettu noin 7700 m³/h, jonka jälkeen loput vedet johdetaan ohitusvesienkäsittely-yksikköön. OVK:ssa on kaksi linjaa,

joista toinen on ensisijainen linja ja se käynnistyy automaattisesti pintojen noustessa asetetulle tasolle. Toinen linja vastaavasti käynnistyy virtaaman noustessa asetetun raja-arvon yli.

Ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittamisen suunnittelu käynnistyi syksyllä 2023 lähtötilanteen kartoittamisella ja tavoitteen määrittämisellä. Tavoitteeksi asetettiin esiselkeytyksestä ilmastukseen tai vaihtoehtoisesti ohitusvesienkäsittely-yksikölle menevän virtaaman ohjaaminen mahdollisimman optimaalisesti olosuhteet huomioiden.

Vuonna 2024 tehdyn lähtötilanneanalyysin perusteella todettiin, että halutun tuloksen saavuttamiseksi OVK:n tuloputkessa olevat automaattiset toimilaitteet tulee uusida jatkuvaan säätöön soveltuviksi. Tämän perusteella toimilaitteet lisättiin investointilistalle vuodelle 2025. Lisäksi havaittiin, että ilmastukseen tulee sallia hetkellisesti suurempia virtaamia ohitusvesienkäsittely-yksikön tuloksen parantamiseksi.

Työpaketti edistyi vuonna 2025 OVK:n toimilaitteiden hankinnalla sekä asennuksella. Konsultin suosittelemat toimenpiteet tuotantoautomaatioon ovat vielä toteuttamatta, mutta toteutuksen mahdollisuutta vuodelle 2026 on suunniteltu. Toimilaitteisiin liittyvät kustannukset eivät sisällyneet tähän hankkeeseen vaan ne toteutettiin yhtiön omana investointiprojektina.

2.3. Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio

Ohitusvesienkäsittely-yksikön (OVK) puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio tarkoittavat niitä toimia, joilla pyritään vähentämään OVK:lta lämpöpumpuille tai ympäristöön päätyvää kiintoainekuormitusta. Työpaketit liittyvät toisiinsa ja esitellään tässä yhteisesti. Lähtötilanteessa OVK:lla käsitelty vesi johdetaan ensisijaisesti hiekkasuodatuksen, mutta hiekkasuodatuksen kapasiteetin tullen vastaan puhdistettu vesi menee suoraan poistokanavaan ja samalla Kakolan lämpöpumpulaitoksen syötteenä. Hiekkasuodatus on toiminut jälkikäsitteilyprosessina Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla loppuvuodesta 2008 alkaen ilman suodatusmassan vaihtoa.

Suunnittelu käynnistyi syksyllä 2023 lähtötietojen kartoittamisella. Ensimmäisessä vaiheessa keskityttiin analysoimaan ohitusvesienkäsittely-yksiköltä lähtevän veden kuormitusta eri virtaamatilanteissa. Kuormitusdatan perusteella puhdistamoyhtiön kesätyöntekijä yhdessä konsultin kanssa tarkasteli kiintoaineen poistoon parhaiten soveltuvia jälkikäsitteilymenetelmiä, joista yksi oli olemassa olevan hiekkasuodatuksen tehostaminen flotaatiolla.

Suunnittelun jatkuessa vuonna 2024 tarkasteltiin konsultin toimesta samanaikaisesti hiekkasuodatuksen toimivuutta solukohtaisesti. Kattavassa analyysissä paljastui merkittäviä eroja eri hiekkasuodatussolujen toimivuudessa sekä havaittiin myös useita korjaustarpeessa olevia altaita. Suunnittelun tuloksena yhtä kiintoaineen poistoon soveltuvaa jälkikäsitteilymenetelmää koeajettiin pilottimittakaavassa OVK:lta lähtevän veden puhdistamiseksi diplomityönä vuonna 2025. Lisäksi yhtiön omana investointiprojektina saneerattiin kaksi hiekkasuodatussolun pohjarakennetta suodatuksen kapasiteetin tehostamiseksi.

3. HANKKEEN TULOKSET

3.1. Esiselkeytyksien tasauskäyttö

Esiselkeytyksen tasauskäytön tulosten seurannassa on keskitytty kesäajan vaikeasti laskeutuvan lietteen ajankohtaan sekä marraskuun kylmempään ja sateisempaan ajanjaksoon. Kaikki operaattorin toteuttamat ohjaustoimenpiteet on otettu käyttöön vuoden 2025 kesäkaudella sisältäen esiselkeytyksien käyttöä sykleittäin laskeutuvuushasteiden ajankohtina ja useamman esiselkeytyksen käytön suurten virtaamien sekä kylmän vuodenajan jaksoina. Tulokset tasauskäytön vaikutuksista on havaittavissa taulukoissa 1 ja 2.

Nimi	Yksikkö	elo.24	syys.24	marras.24	elo.25	syys.25	marras.25
Tuleva jätevesi, yhteensä	m3/d	2023317	2278886	3124857	2088508	2739398	3424898
Käsittelyyn, yhteensä	m3/d	2046972	2380224	3081807	2071757	2664506	3322520
Esiselkeytykseen, L1 virtaama	m3/h	526	1170	1194	363	1074	1256
Esiselkeytykseen, L2 virtaama	m3/h	1454	1605	388	250	1506	1480
Esiselkeytykseen, L3 virtaama	m3/h	820	470	979	978	761	1012
Esiselkeytykseen, L4 virtaama	m3/h	2	2	1228	933	2	555
Esiselkeytyksen ohi, virtaama	m3/h	295	334	479	354	668	501

Taulukko 1. Esiselkeytyksien virtaamat vertailujaksoilla

Taulukossa 1 esitetyistä esiselkeytyksen virtaamista on havaittavissa vuoden 2024 elo- ja syyskuussa käytetty ohjaustaktiikka, jossa kolme esiselkeytystä on käytössä ja yksi varalla kesän rankkasateita varten. Tätä ohjaustapaa on Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla käytetty vuosia ja sen on havaittu toimivan hyvin suurimman osan ajasta. Vuodelle 2025 ohjaustapaa kuitenkin tarkasteltiin uudelleen ja tämä on havaittavissa taulukon 1 elokuun 2025 virtaamista. Elokuussa 2025 käytössä oli pääsääntöisesti kaksi esiselkeytystä yhtäaikaaisesti ja kaksi esiselkeytystä oli varalla virtaamapiikkejä sekä mahdollisesti heikkoa lietteen laskeutuvuutta varten.

Marraskuuden 2024 ja 2025 välillä ei taulukon 1 perusteella ole havaittavissa merkittävää eroa, mutta todellisuudessa ajotapa oli vuosien välillä erilainen. Marraskuussa 2024 esiselkeytyks 2 otettiin käyttöön kuun loppupuolella virtaamien noustessa, kuten ohjaustapa on ollut. Kuitenkin vuonna 2025 esiselkeytyks 4 otettiin käyttöön kuun puolivälissä jo ennen virtaamien merkittävää nousua. Tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset ovat paremmin nähtävissä taulukon 2 kiintoainepitoisuuksista.

Nimi	Yksikkö	elo.24	syys.24	elo.25	syys.25	marras.24	marras.25
Tuleva jätevesi, yhteensä	m3/d	2023317	2278886	2088508	2739398	3124857	3424898
Ohitus esiselkeytetty vesi, OVK	m3/d	14473	1634	19877	178432	285482	47900
Ohitus esiselkeytetty vesi, poistokanava	m3/d	0	0	0	1	290	0
Tuleva jätevesi, kiintoaine	mg/l	394	344	322	262	263	221
Esiselkeytetty vesi, kiintoaine	mg/l	444	399	133	137	150	99
Ilmastus, L1/6 kiintoaine	g/l	7,2	6,8	2,8	4,1	4,9	4,1
Ilmastus, L2/6 kiintoaine	g/l	7,2	6,7	3,9	4,6	4,9	4,2
Ilmastus, L3/6 kiintoaine	g/l	7,4	6,9	3,9	5,2	4,9	4,2
Ilmastus, L4/6 kiintoaine	g/l	3,6	6,9	4,2	5	5,5	4,4
Jälkiselkeytetty vesi, kiintoaine	mg/l	6,9	3,7	2,8	2,5	4,9	3,4
Käsitelty jätevesi, kiintoaine	mg/l	2,7	1,9	1,5	1,3	2,7	1,3
Käsitelty ohitus, kiintoaine	mg/l	1100		27	21	31	17

Taulukko 2. Virtaukset ja kiintoaineet vertailujaksoilla

Taulukossa 2 on esitetty tulo- ja OVK:n virtaamien lisäksi myös kiintoainepitoisuudet koko jätevedenpuhdistusprosessin ajalta. Taulukon 1 esiselkeytyksen virtaamista havaittu ajotapaero vuosien 2024 ja 2025 välillä ja ajotavan vaikutus on konkreettisesti nähtävissä taulukon 2 tuloksista. Merkittävimmin ero on havaittavissa esiselkeytyksen kiintoainepitoisuuksissa, jotka heijastuvat lopulta koko loppuprosessiin. Hyvin toimiva esiselkeytyks vähentää puhdistusprosessin kiintoainepitoisuutta n. 50 % tulevaan pitoisuuteen verrattuna. Esiselkeytyksen toiminta sekä myös toimimattomuus heijastuu suoraan ilmastuksen kiintoainepitoisuuksiin sekä OVK:n tuloksiin. Vuodeksi 2025 käyttöön otettujen toimenpiteiden vaikutuksesta kesäajan tulokset ovat parantuneet merkittävästi vuodesta 2024. Muutos on havaittavissa taulukon 2 kiintoainepitoisuuksista koko puhdistusprosessin ajalta sekä taulukon 3 esiselkeytyksen reduktiosta.

	Yksikkö	elo.24	syys.24	elo.25	syys.25	marras.24	marras.25
Tuleva jätevesi, kiintoaine	mg/l	394	344	322	262	263	221
Esiselkeytetty vesi, kiintoaine	mg/l	444	399	133	137	150	99
Esiselkeytyksen reduktio %		-13 %	-16 %	59 %	48 %	43 %	55 %

Taulukko 3. Esiselkeytyksen reduktio vertailujaksoilla

Marraskuiden 2024 ja 2025 välillä on havaittavissa sama esiselkeytyksen ohjaustavan muutoksen vaikutus kuin kesäkaudellakin, mutta lievempänä. Taulukoiden 2 ja 3 perusteella niin esiselkeytyksen reduktio kuin koko prosessin kiintoaineenpoisto ovat tehostuneet. Marraskuun tulosten tulkinnessa virhettä kuitenkin tuo merkittävästi suurempi ohitusvesienkäsittely-yksikön käyttö vuonna 2024. Tällä on lähtökohtaisesti vaikutusta käsitellyn jäteveden sekä käsitellyn ohituksen kiintoainepitoisuuksiin, mutta ei niinkään esiselkeytyksen reduktioon.

3.2. Ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella

Ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella edistyi vuonna 2025 OVK:n toimilaitteiden hankinnalla sekä asennuksella. Konsultin suosittelemat toimenpiteet tuotantoautomaatioon ovat kuitenkin vielä toteuttamatta, joten tuloksia muutostöistä ei olla vielä saatu. Odotuksissa on, että vuonna 2026 toteutettavissa olevat ohjelmamuutokset parantavat jätevedenpuhdistusprosessin kiintoaineen poistotehoa hyödyntämällä aktiivilieteprosessin kapasiteettia ja tehokkuutta nopeissa virtausvaihteluissa. Tämä mahdollistaa OVK:n hyödyntämisen niissä tilanteissa, kun se on tehokkaimmillaan eli yhtäjaksoisissa korkean virtaaman tilanteissa.

3.3. Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio

Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatuksen suunnittelun tuloksena havaittiin useita korjaustarpeessa olevia hiekkasuodatusaltaita. Vuonna 2025 yhtiön omana investointiprojektina saneerattiin kaksi hiekkasuodatussolun pohjarakennetta suodatuksen kapasiteetin tehostamiseksi. Taulukossa 4 on esitetty solu 18 muutostyön vaikutukset altaan virtaamaan ja kapasiteettiin. Tuloksissa on vertailtu vuosia 2020–2023 muutostyön jälkeiseen vuoteen 2025. Allas on otettu pois käytöstä loppuvuonna 2024, jonka vuoksi se on poistettu tulosten vertailusta.

Nimi	Yksikkö	marras.20	joulu.20	marras.21	joulu.21	marras.22	joulu.22	marras.23	joulu.23	marras.25	joulu.25
S18 virtaama	m ³ /h	219	230	203	135	163	159	242	161	270	284
S18 suodatuskapasiteetti	%	48,6	51	45,2	30	36,3	35,4	53,8	35,8	60	63,2

Taulukko 4. Hiekkasuodatussolu 18 virtaama ja suodatuskapasiteetti vertailujaksoilla

Taulukosta 4 on havaittavissa hiekkasuodatuksen virtaaman olevan vuosina 2020–2023 keskimäärin 189 m³/h ja suodatuskapasiteetin keskimäärin 42 %. Muutostöiden jälkeen vuoden 2025 saman ajanjakson virtaamien keskiarvo on noussut keskimäärin 277 m³/h ja suodatuskapasiteetti n. 62 %. Tuloksista voidaan todeta, että hiekkasuodatussolun saneeraus on nostanut keskimääräistä läpivirtausta ja kapasiteettia noin 47 %.

Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodattamiseksi puhdistamoyhtiön kesätyöntekijä yhdessä konsultin kanssa tarkasteli kiintoaineen poistoon parhaiten soveltuvia jälkikäsittelymenetelmiä, joista yksi oli olemassa olevan hiekkasuodatuksen tehostaminen flotaatiolla. Suunnittelun tuloksena yhtä kiintoaineen poistoon soveltuvaa jälkikäsittelymenetelmää koeajettiin pilottimittakaavassa OVK:lta lähtevän veden puhdistamiseksi diplomityönä vuonna 2025. Samalla todettiin, että Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla hiekkasuodatuksen tehostaminen flotaatiolla ei ole järkevä vaihtoehto rakenteellisten haasteiden sekä saavutettavan hyödyn epävarmuuden vuoksi.

Diplomityössä tarkasteltiin kahta tertiäärikäsittelyn suodatustekniikkaa ohitusvesienkäsittely-yksiköstä poistuvan veden suodattamiseksi eri prosessiolosuhteissa. Työssä käytetyt menetelmät olivat keraaminen ultrasuodatus (UF) soveltuva membraanikalvo sekä nukkakangassuodatin (PCMF). Työ sisälsi pilottikokeita Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla vaihtelevissa tulovirtaamatilanteissa. Diplomityössä arvioitiin kiintoaineen, fosforin ja sameuden poistotehokkuutta sekä toiminnallista suorituskykyä. Myös PFAS-yhdisteiden ja lääkeaineiden poistotehokkuutta tarkasteltiin.

Diplomityön perusteella keraaminen ultrasuodatus saavutti pilotoitokokeissa paremmat tulokset kaikilla mitattavilla parametreilla. Kiintoaineen ja sameuden poistotehokkuuden arviointi osoittautui epäluotettavaksi koagulanttina käytetyn ferrisulfaatin jälkisaostumisen vuoksi. Määrittämisestä luotettavimmaksi osoittautui fosfori, jonka pitoisuuksien minimi, maksimi ja keskiarvo ovat esitettyinä taulukossa 5. Pitoisuuden keskiarvo oli ultrasuodatuksella 0,03 mg/l ja nukkakangassuodattimella 0,07 mg/l. Molemmat pitoisuudet laskivat merkittävästi OVK:lta lähteviin pitoisuuksiin nähden.

Selite	Fosforipitoisuus mg/l (OVK)	Fosforipitoisuus mg/l (PCMF)	Fosforipitoisuus mg/l (UF)
Yksikkö	mg/L	mg/L	mg/L
min	0.04	0.03	0.01
max	0.54	0.19	0.04
keskiarvo	0.11	0.07	0.03

Taulukko 5. Pilottikokeiden fosforitulokset

Kumpikaan pilottilaitteista ei poistanut merkittävästi lääkeaineita ja PFAS-yhdisteitä, mikä oli oletettavaa, sillä kyseisten pysyvien yhdisteiden poisto vaatii lähtökohtaisesti vahvaa hapettamista tai sitomista esimerkiksi aktiivihilleen. Käytettävyyden osalta ultrasuodatus osoittautui ennako-oletuksen mukaisesti herkemäksi vaatien optimointia tuottavuuden ja likaantumisen hallinnan osalta.

Työn tuloksia tullaan hyödyntämään tulevaisuuden lähtötietoina täyden mittakaavan suodatusratkaisun suunnittelussa, joka tähtää yhdisteltyyn ravinteiden ja haitta-aineiden poistoon uusien EU:n jätevesidirektiivin vaatimusten mukaisesti. Käyttöön otettava ratkaisu tulee vähentämään merkittävästi myös Kakolan lämpöpumppulaitokselle päätyvää kiintoainekuormaa, sillä ratkaisu sisältää ohitusvesienkäsittely-yksiköstä poistuvien vesien hallinnan.

3.4. Tulosten arviointi

Esiselkeytyksen tasauskäytön osalta toteutetut toimenpiteet ovat parantaneet kiintoaineen poistuvuutta sekä edistäneet laskeutuvuutta kesäkaudella 2025. Merkittävimmin ero on havaittavissa esiselkeytyksen kiintoainepitoisuuksissa, jotka heijastuvat lopulta koko loppuprosessiin. Vuoden 2025 kiintoainepitoisuudet ovat esiselkeytyksestä poistuvassa vedessä yli kolme kertaa vuoden 2024 vertailujaksoa matalammat. Jälkiselkeytyksessä vedessä kiintoainepitoisuuksien ero on kaksinkertainen ja lähtevässä vedessäkin yli puolitoistakertainen. Lämpöpumppulaitokselle päätyvän kiintoaineen osalta merkittävin on lähtevän veden kiintoainepitoisuus. Vuoden 2025 elo-syyskuun kiintoainekuormitus lämpöpumppulaitokselle on vähentynyt vuoden 2024 vertailujaksoon verrattuna yli 3000 kg eli n. 30 %, vaikka vuosi 2025 vesimäärä oli noin 10 % suurempi.

Marraskuun tarkastelujaksolla kiintoainepitoisuuksien tulokset ovat kesäkautta vastaavat. Vuonna 2025 esi- ja jälkiselkeytyksen tulokset ovat puolitoistakertaa pienemmät vuoden 2024 tuloksiin verrattuna ja lähtevän veden osalta kaksi kertaa pienemmät. Lämpöpumppulaitokselle kohdistuvan kiintoainekuormituksen määrä on vähentynyt vuoden 2024 vertailujaksoon verrattuna yli 4000 kg eli n. 50 %, vaikka vuosi 2025 oli vesimäärältään noin 10 % runsaampi. Toki tuloksia jonkin verran mahdollisesti vääristää ohitusvesienkäsittely-yksikön runsaampi virtaama marraskuussa 2024.

Ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatuksen suunnittelun tuloksena havaittiin useita korjaustarpeessa olevia hiekkasuodatusaltaita. Taulukon 4 tuloksista on havaittavissa vertailun hiekkasuodatuksen virtaaman olevan vuosina 2020–2023 keskimäärin 189 m³/h ja suodatuskapasiteetin keskimäärin 42 %. Muutostöiden jälkeen vuoden 2025 saman ajanjakson virtaamien keskiarvo on noussut keskimäärin 277 m³/h ja suodatuskapasiteetti n. 62 %. Tuloksista voidaan todeta, että hiekkasuodatussolun saneeraus on nostanut keskimääräistä läpivirtausta ja kapasiteettia noin 47 %. Saavutettua tulosta tullaan hyödyntämään tulevaisuuden saneeraussuunnittelussa ja toteutusvaihtoehtojen tarkastelussa, kun mietitään EU:n jätevesidirektiivin implementointia Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla.

Diplomityön kautta saatiin pilot-mittakaavan tietoa eri suodatusmenetelmien tehokkuudesta ohitusvesienkäsittely-yksiköstä poistuvan kiintoaineen ja ravinteiden vähentämiseksi. Vertailussa mukana olivat keraaminen ultrasuodatus sekä nukkakangassuodatin. Koeajojen perusteella kumpikin tekniikka vähentää ohitusvesienkäsittely-yksiköstä lähtevää kuormitusta ultrasuodatuksen ollessa tehokkaampi, mutta toisaalta herkempi prosessi. Fosforituloksia vertailtaessa ultrasuodatuksella poistui yli 70 % OVK:lta lähtevästä fosforista ja nukkakangassuodattimellakin noin 30 %. Saavutettua tulosta tullaan hyödyntämään, kun mietitään EU:n jätevesidirektiivin implementointia Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla.

TKI-hankkeen tavoitteena oli selvittää yhdessä konsultin kanssa vaihtoehtoja jätevedenpuhdistusprosessin ja siihen liittyvän lämpöpumppulaitoksen virtausvaihtelujen tasaamiseksi ja kiintoaineen vähentämiseksi jäteveden maksimaalisen energiapotentialin hyödyntämiseksi. Tarkoituksena oli myös kerätä tietoa olemassa olevista kiintoainepitoisen jäteveden käsittelyyn soveltuvista korkean kapasiteetin suodatusmenetelmistä sekä niiden soveltuvuudesta Kakolanmäen

jätevedenpuhdistamon prosessiin. Huolimatta siitä, että virtausvaihtelujen jatkuvatoimiseksi tasaamiseksi tehtävät automaatiomuutokset ovat vielä kesken on hankkeella saavutettu merkittävää parannusta virtauksien tasoittamiseksi ja kiintoainekuorman rajoittamiseksi lämpöpumppulaitokselle. Pelkästään ohjaustavan muutoksilla tehdyt toimenpiteet ovat vertailujaksoilla pienentäneet Kakolan lämpöpumppulaitoksen kiintoainekuormitusta useilla tonneilla kuukaudessa. Lisäksi diplomityön sekä konsultin selvitysten kautta on saatu arvokasta tietoa tulevia investointeja varten pitkälle tulevaisuuteen.

3.5. Tulosten hyödyntäminen

Hankkeen tuloksia on hankkeen aikana esitelty sidosryhmille laaja-alaisesti. Hankkeesta on pidetty Turun seudun puhdistamo Oy:n toimesta esitys kevään 2024 Vesilaitosyhdistyksen Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen -päivillä. Tulosten jakaminen sidosryhmille jatkuu hankkeen päättymisen jälkeen.

Lisäksi hanke on kehittänyt yhteistyötä Turun seudun puhdistamo Oy:n, Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n ja lämpöpumppulaitosta operoivan Turku Energian välillä. Yhteistyön kehittyminen on näkynyt muun muassa aktiivisena tiedonvaihtona sekä ajatuksina uusista kehityshankkeista niin Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon kuin Kakolan lämpöpumppulaitoksen toiminnan jatkokehittämiseksi. Diplomityön myötä myös yhteistyö Turun seudun puhdistamo Oy:n ja LUT-Yliopiston välillä on syventynyt.

4. HANKKEEN VAIKUTUKSET

4.1. Ympäristövaikutus

Hankkeen positiiviset ympäristövaikutukset ovat moninaiset. Odotukset ylittänyt kiintoaineen poistuminen on vähentänyt lämpöpumppulaitokselle päätyvää kiintoainekuormitusta mahdollistaen tehokkaamman kaukolämmön sekä kaukojäähdytyksen tuotannon Kakolan lämpöpumppulaitoksella. Kiintoaineen parantunut poistuminen on myös suoraan vähentänyt purkuvesistöön päätyvää kuormitusta, sillä kiintoaineessa on sitoutuneena aina myös fosforia, typpeä ja orgaanisia aineita. Lisäksi tehostunut kiintoaineen poistuminen jätevedenpuhdistusprosessissa tarkoittaa enemmän raaka-ainetta biokaasuntuotantoon, sillä jätevedenpuhdistamolta poistuva liete hyödynnetään biokaasulaitoksen mädättämössä syötteenä.

Hankkeen myötä Kakolan jätevedenpuhdistamon häiriönsietokyky on myös parantunut, kun virtaamanhallintaa on saatu kehitettyä ja etenkin esiselkeytyksen laskeutuvuutta parannettua kesäkauden vaikeissa olosuhteissa.

4.2. Työllisyysvaikutus

Hankkeen aikaansaama työllisyysvaikutus on projektin alusta alkaen ollut monipuolinen. Suunnitelman mukaisesti hankkeen toteutuksessa on ollut mukana suunnittelijoita, laitoksen oma kunnossapitoryhmä sekä kesätyöntekijä ja diplomityöntekijä.

Tavarantoimittajina on toiminut yrityksiä mekaaniselta laitepuolelta sekä ohjaustapojen optimoimiseksi palveluntarjoaja automaatiosektorilta. Hankkeen käytännön toteutuksesta, koordinoinnista ja raportoinnista on vastannut Turun seudun puhdistamo Oy. Oman organisaation osalta hanke on työllistänyt osapäiväisesti neljä työntekijää projektin johdon, koordinoinnin, toteutuksen, viestinnän ja hallinnon osalta. Kokonaisuudessaan TKI-hankkeen työllisyysvaikutus on ollut noin viisi henkilötyövuotta.

4.3. Muut vaikutukset

Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Turun seudun puhdistamo Oy:n, Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n sekä Turku Energian välillä. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointi- ja kehitysnäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessin syy-seuraussuhteista on kehittynyt edelleen. Hankkeen aikana toteutettiin diplomityö yhteistyössä LUT-Yliopiston kanssa.

5. VIESTINNÄN TOTEUTUMINEN JA TULOKSET

Hankkeen viestintä on toteutettu suunnitelman mukaisesti mahdollisimman avoimesti ja monipuolisesti. Pääasiallinen viestintäkanava on ollut sähköposti, jonka kautta hankeorganisaation ulkopuolisille jäsenille (suunnittelijat, laitetoimittajat ja palveluntarjoajat) on jaettu tietoa ja toimeksiantoja. Sisäinen viestintä on tapahtunut sähköpostin lisäksi palaverissa, keskusteluseroissa, puhelimitse ja keskinäisissä keskusteluissa.

Vuoden 2023 aikana järjestettiin yhteinen infotilaisuus Ympäristöministeriön avustamille hankkeille sekä yksi seurantalaveri hankkeen valvojan kanssa. Lisäksi valvojalle toimitettiin väliraportti vuoden tapahtumista. Vuonna 2024 järjestettiin kolme seurantalaveria valvojan kanssa sekä toimitettiin väliraportti. Vuonna 2025 järjestettiin kaksi valvontalaveria sekä toimitettiin hankkeen loppuraportti.

Hankeorganisaation kesken kokouksia on järjestetty tarvittaessa, missä keskustellut asiat on kirjattu ylös osallistujille jaettuihin muistioihin. Kokouksista merkittävä osa järjestettiin vuonna 2023 hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheen ollessa aktiivista. Vuosina 2024–2025 Turun seudun puhdistamo Oy on yhdessä konsultin kanssa järjestänyt hankepalaverin kerran kuukaudessa. Hankepalaverissa on käyty läpi toimitettuja tietoja sekä suunnittelun etenemistä, keskusteltu toteutuskelpoisista ratkaisuista ja suosituksista sekä arvioitu tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksia.

Hankkeen aikana muodostunut materiaali ja suunnitelmat ovat tallennettuna hankkeen toteutuksessa mukana olleiden organisaatioiden tiedostojenhallintajärjestelmiin, mistä ne ovat katsottavissa ja jaettavissa koko hankeorganisaation kesken.

Viestintä on ollut onnistunutta ja hanke on herättänyt kiinnostusta kansallisesti. Tästä esimerkkinä Turun seudun puhdistamo Oy:n hankkeesta tekemä ajankohtaista artikkeli loppuvuodesta 2023 sekä puheenvuoro Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivillä maaliskuussa 2024. Kontaktoidut yhteistyökumppanit osoittivat halukkuuttaan hankkeeseen sitoutumiseen, minkä ansiosta tavoitteet oli mahdollista saavuttaa. Myös sidosryhmäyhteistyö on kehittynyt hankkeen seurauksena.

Viestinnän osalta haasteita on aiheuttanut jonkin verran hankeorganisaation sisäisten aikataulujen yhteensovittaminen ja hankkeen edetessä tarkentunut suunnitelma lopputöiden määrästä sekä pilot-koeajojen toteutuksesta. Hankkeen suunnitellut toimet ja raportoinnit on kuitenkin tehty kattavasti ja aikataulussa.

6. TALOUSRAPORTTI

Ympäristöministeriö on myöntänyt valtionavustuslain (688/2001) mukaisena valtionapuviranomaisena harkinnanvaraista valtionavustusta hankkeen toteuttajaosapuolille. Rahoitus on osa ravinteiden kierrätyksen hankkeille kohdistettua Ahti-ohjelmaa. Hankesuunnitelmassa ilmoitettu alkuperäinen kokonaisbudjetti hankkeelle on ollut 850 000 € (alv 0%). Hanke on jaettu TKI- ja investointiosuuksiin, joista TKI-osuuden alkuperäinen kustannus on ollut 300 000 € ja investointiosuuden 550 000 €.

TKI-hankkeen kustannukset ovat kohdistuneet useaan kategoriaan; suunnittelupalveluun, asennuspalveluun, laboratoriopalveluun, pilot-laitteistoon liittyviin kuluihin sekä diplomityöntekijän palkkioon. Suunnittelun merkittävimpinä kuluina ovat olleet työpaketteihin kuuluvien tietojen läpikäynti ja datan pohjalta tapahtunut kehitystoimenpiteiden kartoitus ja toimenpide-ehdotukset. Asennuspalveluun, laboratoriopalveluun ja pilot-laitteistoon liittyvät kulut ovat käytännössä koostuneet pilot-laitteiston käyttökuntoon asentamisesta, pienistä putkistotöistä sekä pilot-koeajojen analyseistä.

Hankkeen tarkemmat kustannukset ovat esillä Kustannuserittely -liitteellä. TKI-hankkeelle määritelty alkuperäinen 300 000 euron budjetti pienennettiin loppuvuoden 2024 hyväksytyllä muutosehdotuksella 217 000 euroon pilot-laitteistoon liittyvien kustannusodotusten pienennyttyä. Vuonna 2025 kuitenkin realisoitui, että pilot-laitteiston kulut olivat vielä huomattavasti pienemmät, sillä sopiva nukkekangassuodatinkoeajolaitteisto oli jo Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla eikä ultrasuodatuksen saaminen paikan päälle vaatinut merkittäviä kustannuksia. Laitteistojen koeajaminen oli myös huomattavasti ennakoitua edullisempaa.

Muutetusta 217 000 € budjetista käytettiin lopulta vain n. 92 500 euroa. Loppuraporttia tehdessä havaittiin myös, että vuoden 2023 laskutuksessa on tapahtunut virhe, kun Ympäristöministeriöltä laskutettu osuus on sisältänyt arvonlisäveron. Tämän virheellisen laskutuksen määrä on 233,76 euroa. Lisäksi vuodenvaihteessa 2023 sekä 2024 yhtiölle saapuneet laskut ovat jääneet merkitsemättä kustannuserittelyyn ja näin ollen ne eivät ole sisältyneet Ympäristöministeriölle toimitettuun

rahoituspyyntöön. Tämän osuuden määrä on vuodelta 2023 3402,75 euroa ja vuodelta 2024 93 euroa. Kyseiset kustannukset on korjattu kustannuserittely-liitteelle vuodelle 2025.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Hankkeen tavoitteena oli selvittää yhdessä konsultin kanssa vaihtoehtoja jätevedenpuhdistusprosessin ja siihen liittyvän lämpöpumppulaitoksen virtausvaihtelujen tasaamiseksi ja kiintoaineen vähentämiseksi jäteveden maksimaalisen energiapotentiaalin hyödyntämiseksi. Tarkoituksena oli myös kerätä tietoa olemassa olevista kiintoainepitoisen jäteveden käsittelyyn soveltuvista korkean kapasiteetin suodatusmenetelmistä sekä niiden soveltuvuudesta Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessiin.

TKI-hankkeen toteutus jaettiin neljään työpakettiin: Esiselkeytyksien tasauskäyttö, ohitusvesienkäsittely-yksikön käynnin tasoittaminen prosessinohjauksella, ohitusvesienkäsittely-yksikön puhdistettujen vesien suodatus sekä hiekkasuodatuksen flotaatio. TKI-hanke on toteutettu vuosien 2023–2025 aikana.

Hankkeelle asetetut tavoitteet saavutettiin ja odotuksiin nähden kiintoaineen poistuminen on ollut suurempaa vähentäen lämpöpumppulaitokselle päätyvää kiintoainekuormitusta mahdollistaen tehokkaamman kaukolämmön sekä kaukojäähdytyksen tuotannon Kakolan lämpöpumppulaitoksella. Kiintoaineen parantunut poistuminen on myös suoraan vähentänyt purkuvesistöön päätyvää kuormitusta. Lisäksi Kakolan jätevedenpuhdistamon häiriönsietokyky on parantunut, kun virtaamanhallintaa on saatu kehitettyä ja etenkin esiselkeytyksen laskeutuvuutta parannettua kesäkauden vaikeissa olosuhteissa.

Hanketta on esitelty Turun seudun puhdistamo Oy:n ajankohtaista artikkelissa vuonna 2023 sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivien esityksessä vuonna 2024. Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Turun seudun puhdistamo Oy:n, Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n sekä Turku Energian välillä. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointi- ja kehitysnäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessin syy-seuraussuhteista on kehittynyt edelleen. Hankkeen aikana toteutettiin diplomityö yhteistyössä LUT-Yliopiston kanssa.

TKI-hankkeelle määritelty alkuperäinen 300 000 euron budjetti pienennettiin loppuvuoden 2024 hyväksytyllä muutosehdotuksella 217 000 euroon pilot-laitteistoon liittyvien kustannusodotusten pienennyttyä. Vuonna 2025 kuitenkin realisoitui, että pilot-laitteiston kulut olivat vielä huomattavasti pienemmät, sillä sopiva nukkakangassuodatinkoeajolaitteisto oli jo Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla eikä ultrasuodatuksen saaminen paikan päälle vaatinut merkittäviä kustannuksia. Laitteistojen koeajaminen oli myös huomattavasti ennakoitua edullisempaa. Muutetusta 217 000 € budjetista käytettiin lopulta vain n. 92 500 euroa.

Jatkotoimenpiteiden osalta hankkeen aihepiiriin liittyvissä suunnitelmissa on toteuttaa hankkeen aikana suunnitellut toimenpiteet laitoksen tuotantoautomaatioon virtaamien hallittavuuden kehittämiseksi. Pidempiaikaisena suunnitelmana on kehittää täyden mittakaavan suodatusratkaisua, joka tähtää yhdisteltyyn ravinteiden ja haitta-aineiden poistoon uusien EU:n jätevesidirektiivin vaatimusten mukaisesti.