



SYKLI

# VETKU-hanke

VETKU on Ympäristöministeriön rahoittama ja Suomen ympäristökeskuksen toteuttama **Jätevedenpuhdistamo energian tuottajana ja kuluttajana-hanke**. Hankkeen tavoitteena on vauhdittaa siirtymää kohti jätevedenkäsittelyn energiaomavaraisuutta. Sykli on koonnut hankemateriaalista ja haastatteluista oheisen koulutusmateriaalin.

- Rahoittaja: Ympäristöministeriö
- Pää toteuttaja: Suomen ympäristökeskus (Syke)
- Partneri: Suomen ympäristöopisto Sykli
- Osarahoittajat: Flowplus Oy, Lakeuden keskuspuhdistamo Oy, Neve Oy, Someron Vesihuolto Oy, Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto, Vesikolmio Oy



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute

FLOWPLUS



LAKEUDEN  
KESKUSPUHDISTAMO OY



NAPAPIIRIN  
VESI OY



Vesihuoltolaitosten  
kehittämisrahasto



Someron  
Vesihuolto Oy



Vesikolmio Oy



SYKLI

# Jätevedenpuhdistamo energian tuottajana ja kuluttajana

Huom. Uusi Jätevesidirektiivi ei ole vielä lainvoimainen, joten asiasisältö voi siltä osin vielä muuttua, materiaali laadittu 20.11.2025.



# Sisällysluettelo

1. Taustaa energiatehokkuuden tehostamiseen
2. Jätevedenpuhdistuksen energiankulutus- ja tuotanto Suomessa
3. Energiakatselmustoiminta
4. Energiankulutuksen ja –tuotannon seuranta
5. Energiatehokkuuden parantaminen
  - a. Jäteveden pumppaus
  - b. Ilmastus
  - c. Lietteiden kuivaus
6. Haasteet energiatehokkuuden parantamisessa
7. Jätevedenpuhdistamot energian tuottajina
  - a. Määtys
  - b. Lämmöntalteenotto
  - c. Aurinkopaneelit

# 1. Taustaa energiatehokkuuden tehostamiseen

# Yhdyskuntajätevesidirektiiviin uudistaminen - taustaa

- Euroopan unionin neuvosto säätelee yhdyskuntajätevesidirektiivissään (91/271/ETY) yhdyskuntajätevesien käsittelyä ja puhdistamista EU:n jäsenvaltioissa.
- EU:n Yhdyskuntajätevesien käsittelystä annettu yhdyskuntajätevesidirektiivi on hyväksytty vuonna 1991. Direktiivin tarkoituksena oli suojella ympäristöä yhdyskuntajätevesien sekä tiettyjen teollisuudenalojen jätevesien vesistöön johtamisesta aiheutuvilta haitoilta.
- Komissio arvioi direktiiviä vuonna 2019. Arviointi vahvisti, että aiempi direktiivi oli kolmen vuosikymmenen aikana vähentänyt vesien pilaantumista ja parantanut yhdyskuntajätevesien käsittelyä erittäin tehokkaasti.
- Se osoitti kuitenkin myös, että on olemassa epäpuhtauksien lähteitä, joita ei ole vielä huomioitu riittävästi olemassa olevissa säännöissä. Tällaisia ovat esimerkiksi pienemmistä taajamista peräisin olevat epäpuhtaudet ja useat ympäristölle haitalliset mikroepäpuhtaudet.
- Lisäksi arvioinnissa korostettiin, että yhdyskuntajätevesiala on yksi julkisen sektorin suurimmista energiankuluttajista.

# Yhdyskuntajätevesidirektiivin uudistaminen - tavoitteet

**Vuoden alussa 1.1.2025 voimaan tullut uusi yhdyskuntajätevesidirektiivi tiukentaa yleisesti yhdyskuntien jätevesin puhdistusvaatimuksia.** Direktiivin voimaantulosta on 2,5 vuoden määräaika valmistella uudistetun direktiivin edellyttämät muutokset EU:n jäsenmaitten kansalliseen lainsäädäntöön. **Tavoitteena on siis valmistella lainsäädäntömuutokset 31.7.2027 mennessä.**

Jatkossa jätevesistä:

- tulee poistaa myös mikroepäpuhtauksia
- puhdistamoille asetetaan energiatehokkuusvaatimuksia
- viemärylivuodot otetaan hallintaan

Vaatimuksia asetetaan myös:

- Teollisuus- ja laitospuhdistamoiden viemäriin
- Kansanterveysparametrien seurannalle jätevesistä
- Jätevedenpuhdistamoiden energianeutraaliudelle

## Yhdyskuntajätevesidirektiivin uudistaminen – Energianeutraalius ja energiakatselmus

**Energianeutraalius tarkoittaa, että jätevedenpuhdistamo tuottaa vähintään yhtä paljon energiaa kuin se kuluttaa.** Tavoitteena on vähentää jätevedenpuhdistamoiden energiankulutusta ja samalla hyödyntää jätevedenpuhdistusprosessissa syntyvää energiaa. Keinot energianeutraaliuden saavuttamiseksi voivat olla esimerkiksi energiatehokkaiden laitteiden käyttöönotto, uusiutuvan energian hyödyntäminen (kuten aurinko- tai tuulivoima) sekä biokaasun tuotanto jätevedenpuhdistusprosessissa syntyvästä lietteestä.

Uuden yhdyskuntajätevesidirektiivin mukaan puhdistamoiden **energiakatselmukset tulee jatkossa tehdä 4 vuoden välein.** Katselmuksien aloittamisen määräajat on asetettu laitosten avl mukaan alla olevan taulukon mukaan. **Yli 100 000 avl laitoksilla määräaika on vuonna 2028 ja pienemmillä laitoksilla vuonna 2032.**

Avl (laitos + verkosto)	määräaika
Yli 100 000	31.12.2028
10 000 – 100 000	31.12.2032

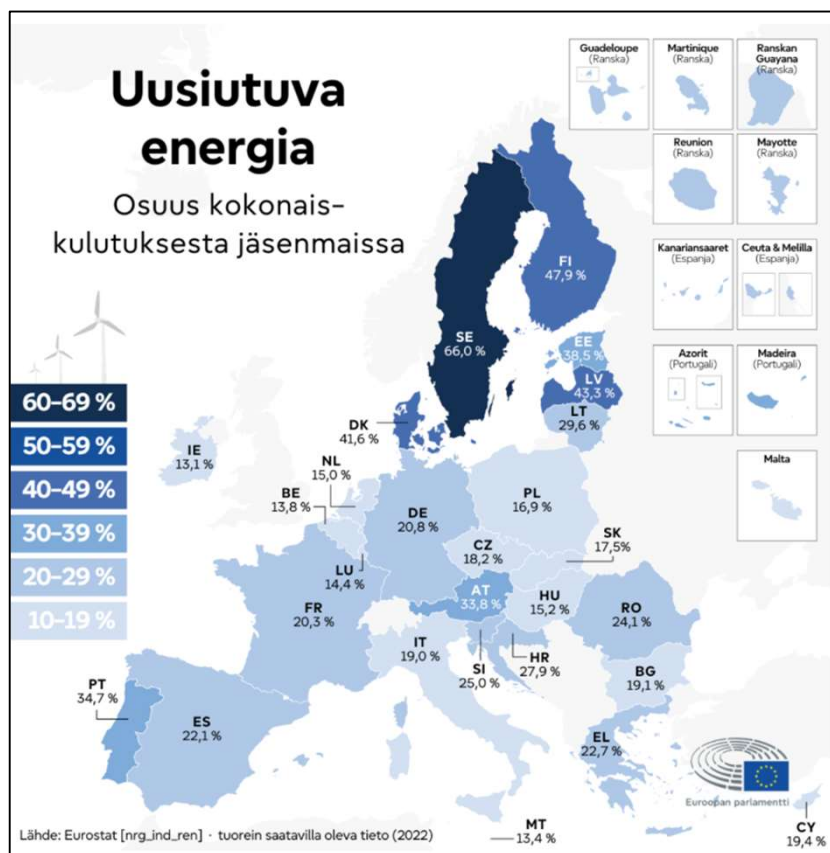
# Vähähiilisyys



Ilmastonmuutoksen vaikutukset tuntuvat jo kaikkialla maailmassa. Äärisääolosuhteet kuten kuivuus, helleaallot, rankkasateet, tulvat ja maanvyörymät ovat yhä yleisempiä myös Euroopassa. Jotta lämpeneminen voitaisiin rajoittaa 1,5 asteeseen, valtioiden hallitustenvälisen **ilmastopaneeli IPCC:n** suosituksen mukaan, **vähähiilisyyden saavuttaminen vuoteen 2050 mennessä** on keskeistä. Tämä tavoite on kirjattu myös Pariisin ilmastopöytäkirjaan, jonka on allekirjoittanut 195 maata, mukaan lukien EU.

Myös **YK:n Agenda 2030**-ohjelman yksi tavoite on vähähiilisyys, joka tulisi saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Suomen kansallisessa ohjelmassa, kestävän energiajärjestelmän teemassa, keskeisessä roolissa ovat uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen, fossiilisesta energiasta luopuminen sekä energiatehokkuuden lisääminen.

# Uusiutuva energia - Euroopan kunnianhimoiset tavoitteet



Kuva. EU:n jäsenmaiden uusiutuvan energian osuudet.

Euroopan kunnianhimoiset ilmastotavoitteet on asetettu **Fit for 55 - ilmastolakipaketissa**. Tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 55 % vuoteen 2030 mennessä ja olla ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä.

Yksi osa lakipaketista oli EU:n uusiutuvan energian direktiivin päivitys, jossa nostettiin tavoitetta uusiutuvien energianlähteiden osuudesta EU:n energiankulutuksessa.

Syyskuussa 2023 parlamentti hyväksyi uudeksi tavoitteeksi, että **uusiutuvien energialähteiden osuus olisi 42,5 % vuoteen 2030 mennessä**. EU-maita kannustetaan tavoittelemaan jopa 45 prosentin osuutta, mikä olisi linjassa komission toukokuussa 2022 esittelemän **RePowerEU-suunnitelman** kanssa. Siinä painotetaan tarvetta siirtyä kiireisesti käyttämään puhtaita energiamuotoja ja vähentää riippuvuutta tuontienergiasta lisäämällä uusiutuvan energian osuutta sähköntuotannossa, teollisuudessa, rakennuksissa ja liikenteessä 45 % vuoteen 2030 mennessä.

Lähde: [Uusiutuva energia: Euroopan kunnianhimoiset tavoitteet | Aiheet | Euroopan parlamentti](#)



# Kiinteistökohtaisen jäteveden hukkalämmön sääntely Suomessa

Suomessa ei tällä hetkellä ole suoraa lainsäädäntöä jäteveden hukkalämmön hyödyntämisestä, mutta aihe on ajankohtainen myös kansainvälisesti. Sekä valtion että kuntien kannalta tilanne on ristiriitainen; **rakennusten energiatehokkuus ja jäteveden puhdistus kuluvat eri hallinaloille**, jotka katsovat toimenpiteitä usein vain oman hallintokuntansa näkökulmasta.

**Jätevesi sisältää lämpöä, joka olisi periaatteessa otettavissa talteen jo jäteveden syntypaikalla esim. kiinteistöissä.** Jos lämpöä otetaan talteen viemärin alkupäässä, jätevesi jäähtyy. Jäähtynyt vesi voi pahimmillaan jäätymä viemäriin ja biologisten (eli lämmöstä riippuvaisten) jäteveden puhdistusprosessien teho jätevedenpuhdistamolla laskee niin, että puhdistamoita pitäisi laajentaa tai jätevettä lämmittää.

Esimerkiksi Ruotsissa jätevesilämpöpumpuille edellytetään vesihuoltolaitoksen lupaa ja käytännössä ne on kielletty useissa kunnissa vesihuollon sopimuskäytännöllä. Sopimusehtojen sääntely näyttäisi koskevan lähinnä maita, joissa maa jäätyy talvisin; viemäreiden jäätymistä pidetään uhkana, joka halutaan estää.

Lähde: [tp5 loppuraportti.pdf](#)



# Kiinteistökohtaisen jäteveden hukkalämmön sääntely Suomessa

Jos kiinteistökohtaista jätevesilämmön talteenottoa halutaan Suomessa rajoittaa, se voisi olla mahdollista toteuttaa **vesihuoltolaitoksen ja kuluttajan välisillä sopimusehdoilla**. Vesihuollon sopimusehtoihin perustuvaa ohjausta voidaan pitää sopivana siitä syystä, että sopimusehdot laaditaan vesihuoltolaitoskohtaisesti, jolloin niissä voidaan ottaa huomioon paikalliset tarpeet.

Mikäli jätevesilämmön talteenoton rajoitukset kohdistuvat poistuvan veden vähimmäislämpötilaan, tätä rajoitusta tulee valvoa. Tällöin **tulee huomioida, että jäteveden lämpötilan tarkkailua ei ole vaadittu asennettavaksi kotitalouksiin**. Jos sopimuksessa säädetään ehtoja koskien jäteveden lämpötilaa ja lämpöpumpun asentamista, voitaisiin vaatia myös poistuvan jäteveden lämpömittauksen valvontaa. Tämä vaatimus olisi **mahdollista liittää esimerkiksi jätevesilämpöpumpun asentamisen ehdoksi**.

Toinen vaihtoehto toimitusehtoihin liittyvälle ohjaukselle on **säännellä jätevesilämpöpumppujen asentamista kunnallisilla rakennusluvilla**. Tämä kuitenkin edellyttäisi, että asiasta on säädetty kunnan rakennusjärjestyksessä. Voidaan kuitenkin arvioida, että vesihuollon toimitusehtojen muuttaminen olisi rakennusjärjestyksen muuttamiseen verrattuna hallinnollisesti kevyempi vaihtoehto.



## 2. Jätevedenpuhdistuksen energiankulutus ja -tuotanto Suomessa

# Energiankulutus

Suomessa jäteveden- ja lietteenkäsittely kuluttaa Vesihuki-hankkeen mukaan vuosittain sähköä noin 580 GWh ja lämpöä noin 73 GWh.

Suurin osa sähköstä ja lämmöstä kuluu jäteveden puhdistusprosessissa. Lämmön talteenottolaitteistot kuluttavat niin ikään runsaasti sähköä, ja mädätyksessä taas tarvitaan lämpöä.

Toiminto	Sähkö [MWh]	Lämpö [MWh]
Jäteveden puhdistus	304 900	41 400
Lämmön talteenotto	265 200	
Lietteen mädätys	9 300	28 400
Lietteen kuivaus	200	3 200
Lietteen kompostointi	500	
Lietteen poltto	200	
<b>Yhteensä</b>	<b>580 300</b>	<b>73 000</b>

Taulukko. Jätevedenpuhdistuksen energiankulutus Suomessa (Lehtoranta ym. 2023).

Lähde: [Vesihuollon kasvihuonekaasupäästöt Suomessa ja päästövähennystoimien vaikuttavuuden arviointi](#)

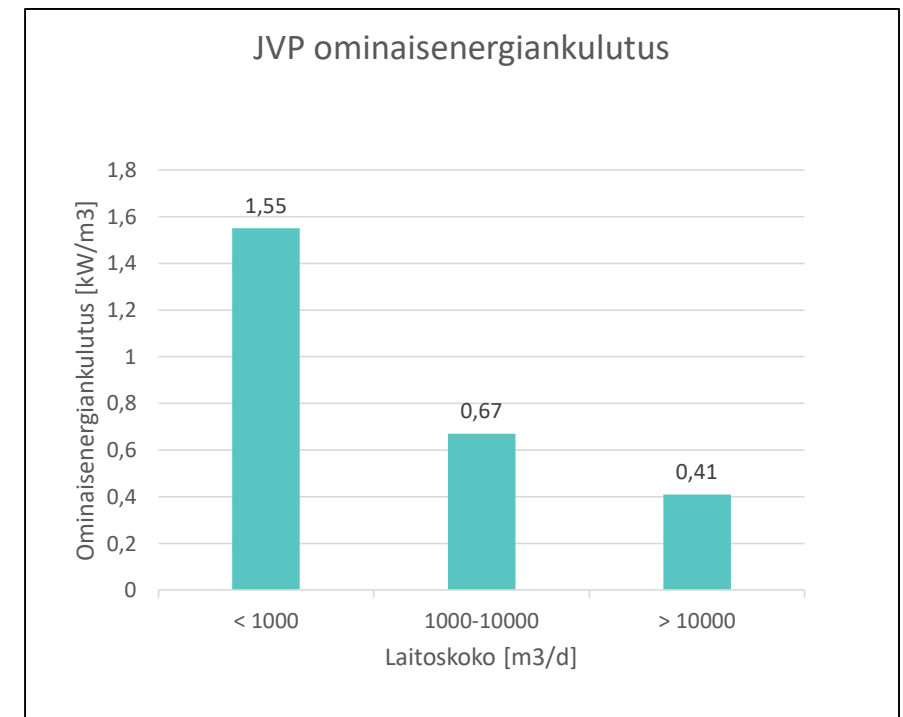


# Energiankulutus laitokseen mukaan

Jätevedenkäsittelyn energiankulutus, sekä sähkön ja lämmön osuudet vaihtelevat suuresti laitoksittain. Energiankulutukseen vaikuttaa muun muassa puhdistamon sijainti sekä laitoksen koko.

Ympäristöministeriön 2014 julkaiseman raportin mukaan **laitoksen koko on energiatehokkuuden kannalta merkittävä tekijä** pienempien laitosten kuluttaessa energiaa moninkertaisesti suuria enemmän poistettua BOD -kiloa ja OCP-tonnia kohden. Typenpoistovaatimuksella ei vaikuttanut olevan selvää vaikutusta energiatehokkuuteen, sillä kokonaistypenpoistolaitokset olivat suurilta osin energiatehokkaimpien laitosten joukossa.

Lähde: [Paras käyttökelpoinen tekniikka \(BAT\) : Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot](#)



Kaavio. Ominaisenergiankulutus laitokseen mukaan.

# Energiankulutukseen vaikuttavat tekijät

Jätevedenpuhdistamon sijainnin ja koon lisäksi laitoksen energiankulutukseen vaikuttavat myös:

- jäteveden koostumus
- putkistojen energiatehokkuus
- pumppujen mitoitus, ohjaus ja huolto
- kompressorien ja säätöventtiilien mitoitus ja ohjaus
- ilmastimien tyyppi ja kunto
- laitoksen sisäiset korkeuserot
- prosessin optimointi
- lietteen käsittely ja jatkojalostus

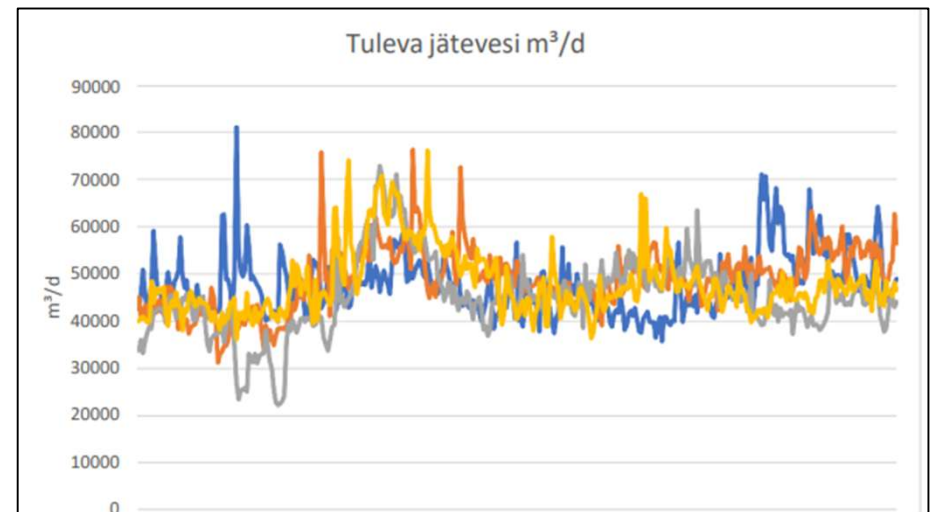


# Energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä

Jätevedenpuhdistamolla tuloksellisen ja tavoitteellisen energianhallintatyön perustana on, että **tunnetaan energiakulutuksen jakautuminen prosessi- ja laitetasolle**. On tärkeä tietää ja ymmärtää mitkä asiat vaikuttavat energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen.

## Vaikuttavia tekijöitä:

- jätevesimäärien vaihtelut
- vuodenaika
- ulkolämpötila
- valitut tekniset ratkaisut
- prosessien ajotavat
- puhdistusvaatimukset
- haitta-aineiden poisto
- toimintahäiriöt
- käytettävät kemikaalit



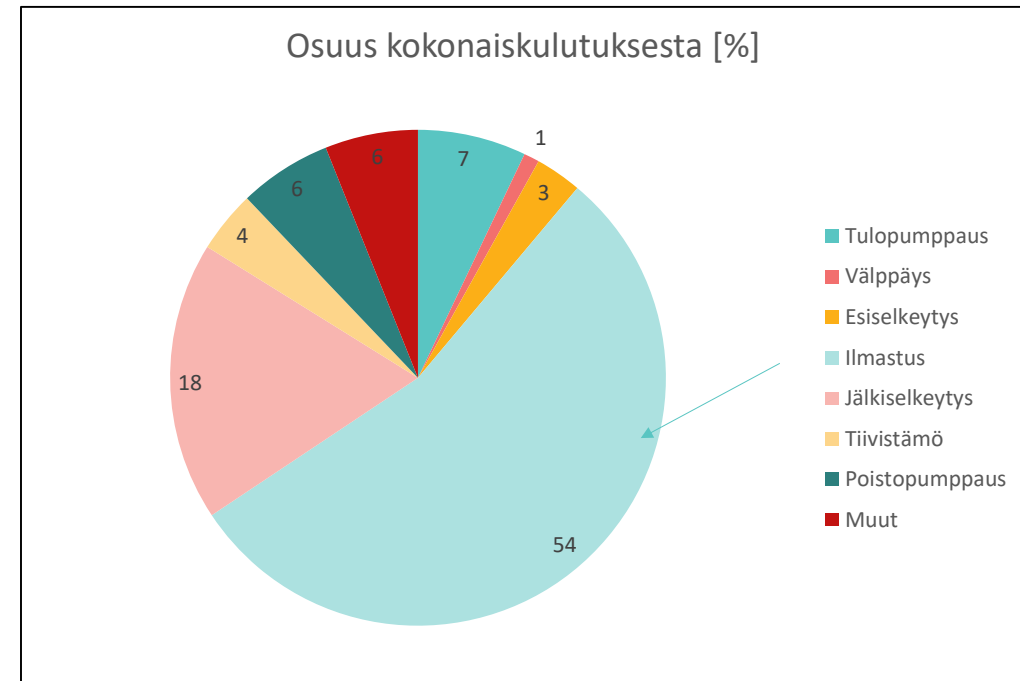
Kuva. Erään puhdistamon tulevan jätevesimäärän vaihtelut eri vuosina.

# Energiankulutuksen muodostuminen

**Energiankulutuksesta valtaosa muodostuu erilaisista pumppauksista sekä jäteveden käsittelyn ilmastuksesta.** Puhdistusprosessin ja lietteen käsittelyn vaatiman sähkö- ja lämpöenergian lisäksi energiaa kuluu **puhdistamokiinteistön** lämmitykseen, valaistukseen, ilmanvaihtoon ja muuhun käyttösähkөөn.

Myös puhdistamon käyttämät **ajoneuvot ja työkoneet** kuluttavat polttoaineita ja elinkaarisesti ajatellen kaikkiin hankintoihin ja mahdollisiin ulkoistettuihin toimintoihin on sitoutunut energiaa.

Taulukossa on esimerkki Kankaanpään jätevedenpuhdistamon sähkönkulutuksen jakaumasta.



Kaavio. Kankaanpään puhdistamon energiankulutuksen osuudet %:na kokonaiskulutuksesta.

# Energiantuotanto Suomessa

Suomessa jäteveden- ja lietteenkäsittely tuottaa, Vesihuki-hankkeen mukaan, vuosittain sähköä noin **81 GWh** ja lämpöä noin **138 GWh**. Suurin osa sähköstä ja lämmöstä tuotetaan **lietteen mädätyksestä saatavalla biokaasulla** ja osa lämmöstä **lämmön talteenoton kautta**. Biokaasua myydään myös liikennepolttoaineeksi ja poltetaan soihduissa hiilidioksidiksi. Lisäksi puhdistetusta jätevedestä tuotetaan **lämpöpumppujen avulla kaukolämpöä ja -jäähdytystä noin 782 GWh**.

Biokaasun hyödyntämistapa on riippuvainen laitoksen koosta ja sijainnista sekä paikallisesti kannattavimmista hyödyntämistavoista.

Suomessa on noin **20 lietemädättämöä** jätevedenpuhdistamoiden yhteydessä. Lisäksi Suomessa toimii myös **yhteiskäsittelylaitoksia**, joissa puhdistamoliete voi olla yksi syöte, tyypillisesti yhdyskuntabiojätteen kanssa.

Lähde: <https://helda.helsinki.fi/items/c5ba76b1-1c70-40a5-a131-8a7137fd436d>

Toiminto	Sähkö [MWh]	Lämpö [MWh]	Polttoaineet [MWh]
Mädätys/biokaasu	75 100	89 600	
Lämmön talteenotto		15 400	
Myyty energia	5 500	32 700	7 000
<b>Yhteensä</b>	<b>580 300</b>	<b>73 000</b>	<b>7 000</b>
Soihdutus			30 800
Kaukolämpö ja - kylmä		<b>782 400</b>	

Kaavio. Jätevedenpuhdistuksessa kaukolämmön- ja kylmän tuotanto Suomessa.



# Energiatase

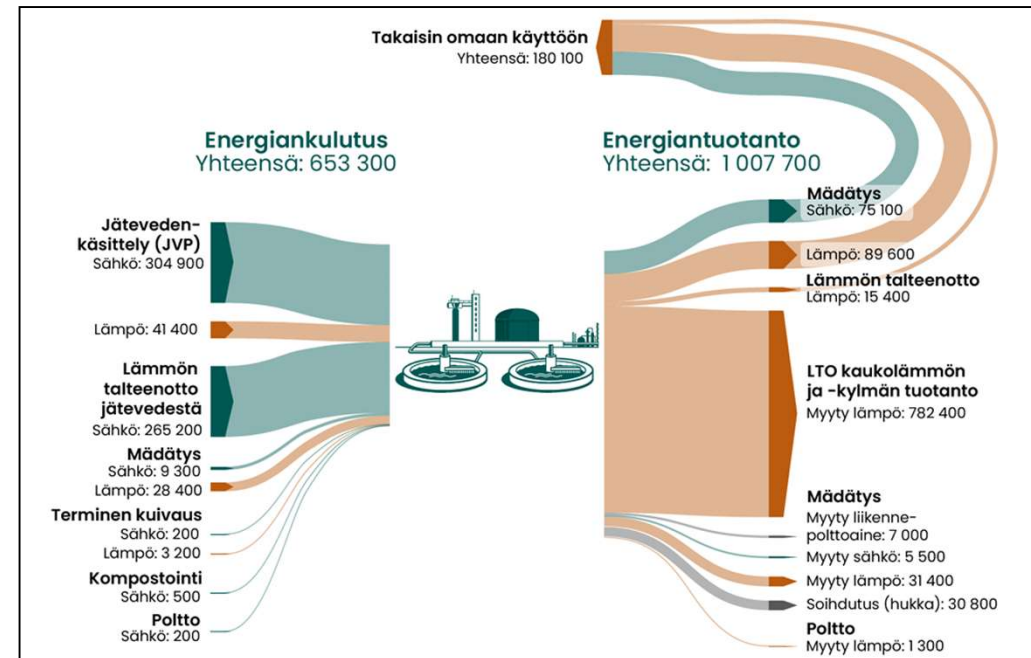
Suomessa jäteveden- ja lietteenkäsittelyssä kulutetaan paljon sähköä, mutta myös tuotetaan energiaa mädätyksen ja lämmön talteenoton avulla. Moni puhdistamo on lämmön suhteen omavarainen ja käsitellyn jäteveden hukkalämpöä hyödynnetään merkittävästi kaukolämmön ja -kylmän tuotannossa.

**Kuvan Energiataseessa** on esitetty lämmön talteenotto jätevedestä (energiankulutus) sekä kaukolämmön ja -kylmän tuotanto (energiantuotanto). Kaukolämpö ja -kylmä ovat kokonaan energiayhtiöiden piirissä tapahtuvaa energiankulutusta ja -tuotantoa, eivätkä ne siis suoraan kuulu vesihuoltolaitoksille.

**Mikäli energianeutraalisuuden tarkasteluun sisällytetään jätevedestä tuotettu kaukolämpö, on energiataseen mukaan Suomen osalta tavoite jo saavutettu.**

EU:n yhdyskuntajätevesidirektiivin uudistuksessa on esitetty tavoite energianeutraalista jätevedenkäsittelystä vuoteen 2030 mennessä. Tavoite koskee yli 10 000 AVL laitoksia, joita Suomessa on 26 kappaletta ja joilla käsitellään noin 73 % kaikista jätevesistä. Tässä energiataseessa on huomioitu myös keskisuuret ja pienet puhdistamot.

Lähde: <https://helda.helsinki.fi/items/c5ba76b1-1c70-40a5-a131-8a7137fd436d>



Kuva. Suomen jäteveden- ja lietteenkäsittelyn energiatase (MWh/vuosi).

# 3. Energiakatselmustoiminta

# Energiakatselmustoiminta

**Energiakatselmukset** on yksi tapa edistää Suomen energiatehokkuusdirektiivin velvoitteiden täyttämistä. Eli katselmukset ovat myös olennainen osa energiatehokkuussopimustoimintaa.

Energiakatselmustoiminnan tavoitteena on **toteuttaa kansallista energia- ja ilmastostrategiaa** ja yhtenä kustannustehokkaana käytännön toimenä **edistää energiansäästöä ja uusiutuvien energialähteiden käyttöä**.

Jotta kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää tavoitteiden mukaan on huolehdittava, että energiakatselmuksia tehdään säännöllisesti ja että ne etenevät kaikilla toimialoilla.

**Työ- ja elinkeinoministeriöllä** on päävastuu energiakatselmustoiminnasta. Katselmustoimintaa ohjaa ministeriön energiaosasto.

**Energiavirastolle** kuuluu työ- ja elinkeinoministeriön toimialalle kuuluvan energiakatselmustoiminnan hallinnoinnin ja toimeenpanon ohjaus.

**Business Finland** vastaa energiatuen myöntämisestä katselmuksille sekä tukien maksatuksesta.

**Motiva** vastaa, Energiaviraston toimeksiannosta, katselmustoiminnan koordinoinnista. Motivan tehtävät katselmustoiminnassa ovat: seuranta, kehittäminen, laadunvarmistus, katselmoijien koulutus ja ohjaus, katselmustuen hakijoiden neuvonta sekä katselmusmarkkinoiden edistäminen.



# Energiakatselmustoiminta jakaantuu Suomessa kahteen osaan

## 1. Vapaaehtoiseen, tuettuihin energiakatselmuksiin PK-yrityksille ja kunnille

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) tukee pienten ja keskisuurten yritysten (kulutus alle 2 700 MWh/a), kuntien, seurakuntien ja säätiöiden energiakatselmuksien toteutusta.

Tuki on joko 40 tai 50 %, riippuen siitä kuuluuko toimija energiatehokkuussopimukseen. Tuki haetaan Business Finlandilta ja tuen hakee katselmuksen tilaaja.

Lue aiheesta lisää Motivan sivuilta:

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuet\\_energiakatselmukset](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuet_energiakatselmukset)

## 2. Pakollisiin, energiatehokkuuslain velvoittamiin yrityksen energiakatselmuksiin suurille yrityksille

Suurten yritysten pakollisiin yrityksen energiakatselmuksiin ei voi saada katselmustukea.

Suurten yritysten pakollisia katselmuksia hallinnoi ja toimeenpanee [Energiavirasto](#).

Toimintamallit energiaviraston sivuilta:

<https://energiavirasto.fi/energiakatselmukset>



# Lakisääteiset energiakatselmukset

[Energiatehokkuuslaki](#) velvoittaa suuret yritykset tekemään yrityksen energiakatselmuksen neljän vuoden välein.

Suureksi yritykseksi määritellään yritys, jonka työntekijämäärä on yli 250 tai liikevaihto on yli 50 M€ ja tase yli 43 M€.

Määrittelyssä otetaan huomioon Suomessa rekisteröidyn yrityksen Suomessa olevien toimintojen työntekijät, liikevaihto ja tase.

Uusi Yhdyskuntajätevesidirektiivi velvoittaa yli 10 000 AVL yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille ja keräysjärjestelmille (jätevesiverkostolle) energiakatselmuksia tulevaisuudessa.

Lakivelvoite ei koske yrityksiä, joilla on käytössä:

- Energiatehokkuussopimus ja ETJ+
- Sertifioitu ISO 50001
- Sertifioitu ISO 14001 ja Sertifioitu ETJ+

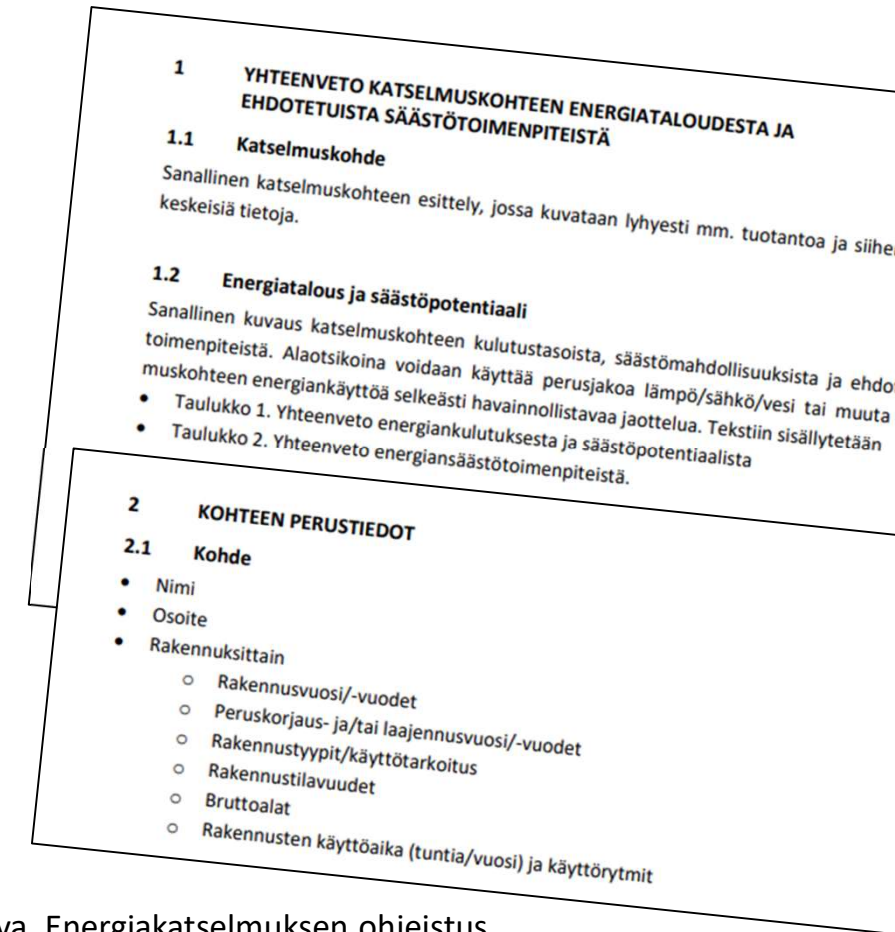


# Energiakatselmuksen tavoitteet

Energiakatselmuksen tavoitteena on **selvittää energiansäästöpotentiaali ja analysoida kohteen energiankäyttö**. Katselmuksen tarkoituksena on **esittää toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi**. Yrityksille energiakatselmuksot ovat erinomainen tapa tehostaa energiankäyttöä ja saavuttaa kustannussäästöjä.

## Energiakatselmuksen tuloksia:

- Nykytilan selvitys
- Energiankäytön tehostamistavoitteet
- Tukea investointien ja saneerauksen suunnittelulle
- Energiansäästömahdollisuuksien kartoitus



Kuva. Energiakatselmuksen ohjeistus, Mallisisällysluettelo.

# Energiakatselmus puhdistamoiden näkökulmasta

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille ja viemäriverkostolle energiakatselmuksia tehdään **teollisuuden katselmuksmallin pohjalta**. Puhdistusprosessien lisäksi puhdistamokiinteistö arvioidaan kuten muutkin kiinteistöt. **Energiakatselmuksset koskevat > 10 000 avl laitoksia.**

Energiakatselmuksia voidaan toteuttaa kahdella eri tasolla (Motivan malli):

- 1. Teollisuuden energiakatselmus**, jolloin tarkastelun kohteena on prosessia palvelevien käyttöhyödykkeiden ja kiinteistöjen energiatehokkuus
- 2. Teollisuuden energia-analyysi**, jolloin prosessin energiansäästömahdollisuuksien kartoittaminen on keskeisessä roolissa.

**Teollisuussektorin energiakatselmusten ohjeistus** sisältää myös Mallisisällysluettelon, josta löytyy esimerkki katselmuksen toteuttamiseen.

Teollisuuden katselmuks pohjan lisäksi on noudatettava TEM:n **Energiakatselmuks toiminnan yleisohjeita**.

Lähde:

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmuks toiminta/tuetut\\_energiakatselmuksset/energiakatselmuksmallit/teollisuuden\\_energia\\_katselmus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmuks toiminta/tuetut_energiakatselmuksset/energiakatselmuksmallit/teollisuuden_energia_katselmus)



# Energiakatselmoijan valinta

Vaativien kohteiden energiakatselmuksissa painottuu erityisesti katselmoijien ammattitaito ja kokemus vastaaventyypisistä kohteista. Varsinainen prosessiosaaminen katselmustyöhön voi tulla myös tilaajan puolelta tai katselmoija voi tilata ulkopuolista palvelua oman asiantuntemuksensa tueksi.

Katselmoijaa valittaessa kannattaa ottaa huomioon **hinnan** lisäksi katselmoijayrityksen ja tekijöiden **referenssit**, käytettävissä oleva **mittauskalusto**, mahdollinen laatujärjestelmä ja erityisesti aiempien asiakkaiden kokemukset. Huomiota kannattaa kiinnittää myös varsinaiseen **kenttätyöhön nimettyjen katselmoijien kokemukseen** alalta.

Motivan sivuilta löytyy luettelo pätevistä energiakatselmoijayrityksistä sekä esimerkki tarjouspyynnöstä, jossa korostetaan asiakastyytyväisyyteen ja katselmuksen tuloksellisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Lähde:

[https://www.motiva.fi/yritykset/energiakatselmus/energiakatselmuksen\\_astelehtipk-yrityksille#n-in-toteutat-energiakatselmuksen](https://www.motiva.fi/yritykset/energiakatselmus/energiakatselmuksen_astelehtipk-yrityksille#n-in-toteutat-energiakatselmuksen)



# Case 1. - Energiakatselmus Kouvolan jätevedenpuhdistamolla

Kouvolassa tehtiin Mäkikylän jätevedenpuhdistamolle energiakatselmus. Energiansäästötoimista **ilmastuksen optimoinnin** lisäksi nousi esiin hiekanerotusaltaan ja -laitteistojen saneeraus, erityisesti **paineilmalaitteiston uusiminen** energiatehokkaaksi.

Ilmastusjärjestelmä ei ole nykyisellään säädettävissä vastaamaan jätevesikuorman ilmantarvetta, **ilmaa syötetään ajoittain liikaa prosessiin**, mutta säästöpotentialiaali on kuitenkin merkittävä 10–20 %. Muita parannuskohteita:

- Ilmastuksen analysointi toteutuneen datan ja mallinnusten perusteella, optimaaliset ajotapaparametrit.
- Esiselkeytyksen ohituksen ohjaus; orgaanisen kuorman säätely ilmastuksessa.
- Ilmastuksen kompressorien mitoitus, ilmamäärien mittaustarkkuus ja ilmastuksen säätöventtiilien koon muuttaminen pienemmiksi, toteutus portaittain.

Lähde: [https://kouvolanvesi.fi/Loppuraportti\\_Makikylan-energiatehokkuus.pdf](https://kouvolanvesi.fi/Loppuraportti_Makikylan-energiatehokkuus.pdf)



# 4. Energiankulutuksen ja –tuotannon seuranta

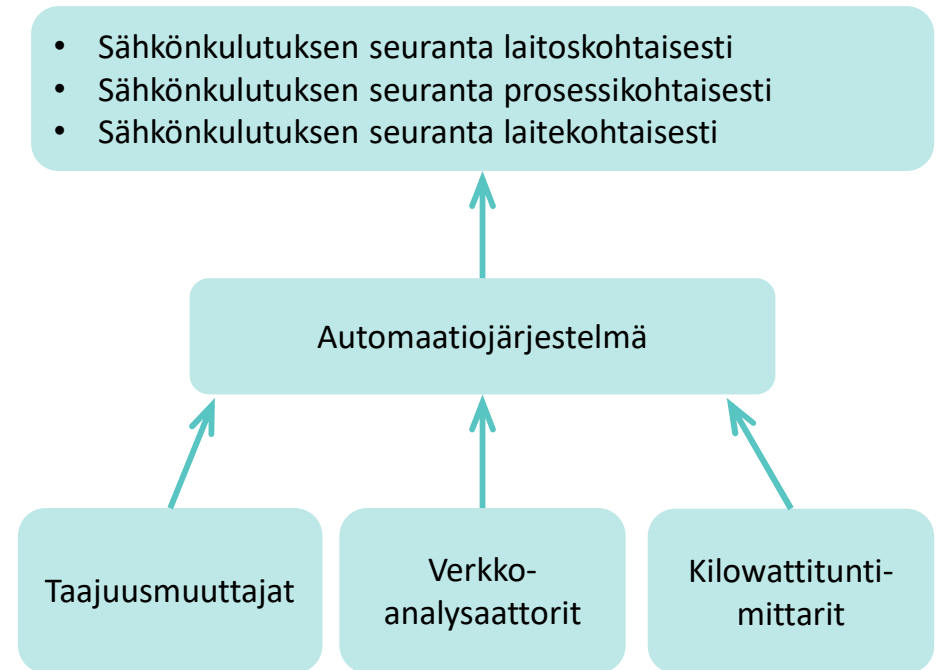
# Mittaus- ja seurantajärjestelmä

Prosessin energiankulutuksen seuranta aloitetaan määrittelemällä, **mistä kohteista energiankulutustietoja halutaan kerätä.**

Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä useimmiten toteutetaan **osana jo olemassa olevaa automaatiojärjestelmää.** Energiatehokkuutta seurataan reaaliaikaisesti vielä harvoin ja toteuttaminen kannattaa ottaa huomioon viimeistään automaatiouudistuksia tehtäessä.

## Oleellista mittausjärjestelmän kannalta:

- prosessimuuttujien hallinta
- prosessin kokonaistilan hallinta
- prosessi- ja ajotapamuutosten vaikutus prosessin energiatehokkuuteen
- tuloksien automaattinen analysointi

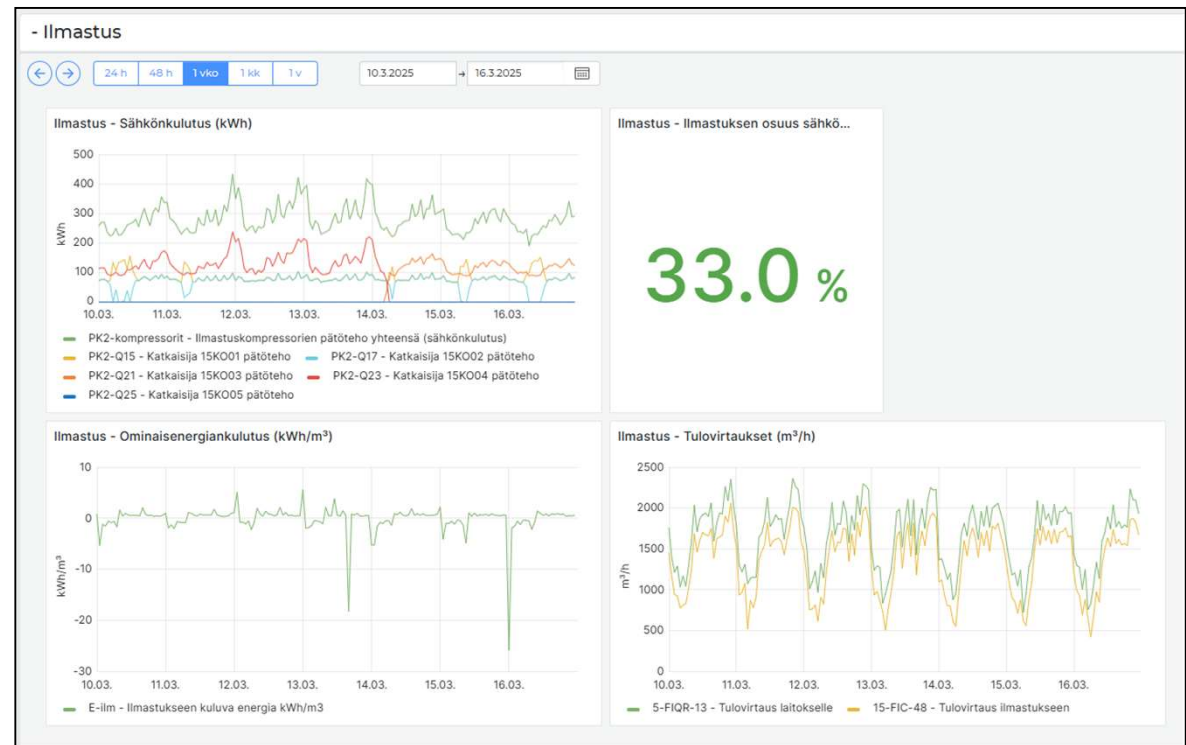


Kuva. Esimerkki energiankulutuksen seurannasta.

## Case 2. - JS-Puhdistamo –prosessidatan mittausten hyödyntäminen

Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:llä on käytössä **Instan automaatiojärjestelmä ja Insta WAHTI Focus-raportointijärjestelmä**. Focukseen on tehty erilaisia **näkymiä energiankulutukseen liittyen esim. ominaiskulutuksia ja kulutusjakaumia**.

Kuvassa ilmaston energiakulutus ja virtaamadataa. Mitatun datan perusteella voidaan laskea ilmaston ominaisenergiakulutusta ja suhteuttaa se puhdistamon kokonaisenergiakulutukseen.



Kuva. Mittausdataa energiankulutuksesta.

# Energia- ja energiatehokkuus mittausten tasot

## Ostettu energia:

- Laitoksien liittymäkohtaiset mittarit (sähkö, kaukolämpö, maakaasu)
- Usein saatavilla tuntitehotason tiedot
- Laskutusmittausten perusteella voidaan laskea kohdekohtaisia ominaiskulutuksia, kun tuotantomäärät tiedossa.

## Itse tuotettu ja myyty energia:

- Itse tuotettu ja käytetty energia tulee aina mitata (sähkö, biokaasu ja lämpö)
- Useimmiten toteutetaan kohteen prosessiautomaatiojärjestelmään.

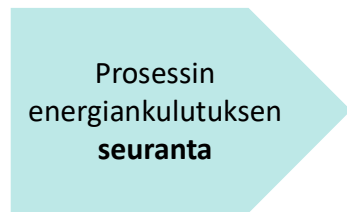
## Kohteen omat energian alamittaukset:

- Alamittauksia tyypillisesti merkittävimmissä sähkön kuluttajalaitteissa tai prosessiosissa, suurimmissa lämmön kuluttajakohteissa sekä biokaasun käyttökohteissa
- Alamittauksien tarkoitus selvittää:
  - energiankulutuksen jakautuminen
  - taseiden selvittäminen
  - kustannusten jakaminen
  - prosessiosan energiatehokkuuden seuraaminen
  - energiatehokkuuden kehittäminen

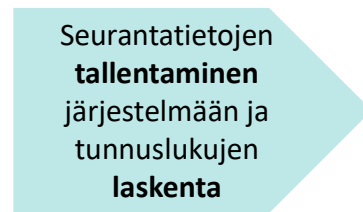
Lähde: [MOTIVA, Energiatehokas vesihuoltolaitos Mittarointi](#)



# Energiankulutuksen ja energiatehokkuuden raportointi



1. Energiankulutusta kannattaa seurata tarkasti eri prosessivaiheista ja osa-alueista. Seuranta aloitetaan määrittelemällä, mistä kohteista energiakulutustietoja kerätään.



2. Seurantatiedot tallennetaan sähköiseen järjestelmään, josta niitä voi hakea tarkasteltavaksi.

3. Pitkäaikaisen ja järjestelmällisen seurannan avulla toiminnan kehittymistä voi tarkastella esim. vuosittain.



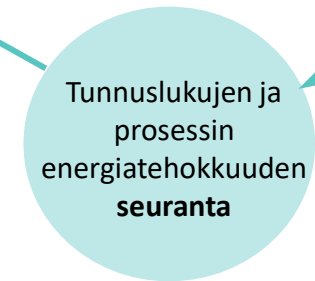
6. Pitkäaikainen seuranta ja tunnuslukujen kerääminen mahdollistavat energiatehokkuustavoitteiden asettamisen ja niiden toteutumisen seuraamisen.



4. Danan analysoinnin avulla voidaan tunnistaa kehittämiskohteita prosessissa ja toiminnassa.



5. Energiankulutuksen toteutumista seurataan tunnusluvuilla, kuten ominaisenergiankulutuksella. VENLA-järjestelmän kautta lukuja voi verrata muiden vastaavien toimijoiden arvioihin. Tunnuslukuja voi raportoida sekä sisäisesti että ulkoisesti.



## Case 3. - Kangasalan Vesi käyttää tekoälyä vesihuollon prosesseissa



Kangasalan Vesi on ottanut käyttöön tekoälyä vesihuollon prosesseissaan, mikä on tuonut mukanaan merkittäviä hyötyjä. Aiemmin vesihuollon tilannekuvan ymmärtäminen ja poikkeamien havaitseminen vaati paljon ihmistyötä. Nyt **tekoäly auttaa analysoimaan kerättyä dataa ja tunnistamaan mahdollisia ongelmia, kuten vuotoja tai laitteiden toimintahäiriöitä.**

Kangasalan Vedellä on käytössä **Instan Focus AI** -niminen tekoälysovellus, joka seuraa noin sataa puhtaan veden ja jäteveden kohdetta. Sovellus käy läpi automaatiojärjestelmästä kerättyä dataa ja tunnistaa poikkeamat, jotka se raportoi henkilökunnalle. Tämä mahdollistaa sen, että työntekijät voivat aloittaa päivänsä tarkastelemalla mahdolliset ongelmat ja suunnata toimenpiteet oikeisiin kohteisiin.

Tekoälyn avulla on löydetty esimerkiksi **pumppujen tukoksia**, jotka ovat ilmenneet pidentyneinä käyntiaikoina. Lisäksi on havaittu tilanteita, joissa viemäriverkkoon on päästetty sopimattomia vesiä, mikä on näkynyt kasvaneina pumppausmäärinä. Puhtaan veden puolella tekoäly onnistui paljastamaan **virtausmittarin häiriön**, joka ei olisi tavanomaisessa kaukovalvonnassa tullut ilmi. Lisäksi järjestelmän avulla on havaittu muutamia **vuotokohteita** puhtaan veden runko- ja talo johdoissa.

## Case 4. - Kuusamon EVO käyttää koneoppimista hyödyntävää järjestelmää

Kuusamon EVO on ottanut käyttöön tekoälyä hyödyntävän järjestelmän, joka parantaa jätevedenpuhdistuksen tehokkuutta ja optimoi energiankulutusta. **Tämä älykäs järjestelmä käyttää koneoppimista analysoidakseen puhdistusprosessia reaaliajassa ja tekee päätöksiä kahden minuutin välein.** Sen avulla voidaan varmistaa, että puhdistustulos täyttää asetetut vaatimukset.

Järjestelmä on suunniteltu huomioimaan puhdistamon kaksi erillistä linjaa ja se kykenee automatisoimaan prosessit. Tämä tarkoittaa, että **järjestelmä voi itsenäisesti määritellä, miten puhdistusta tulisi säätää eri tilanteissa, kuten kun kapasiteetin tarve muuttuu.** Tällainen älykäs ohjaus auttaa pitämään puhdistamon toiminnan jatkuvasti optimaalisella tasolla.

Evolla käytössä on **Veolian Hubgrade**-laitosmoduuleista Biologinen käsittely (Biological Capacity). Järjestelmä optimoi ilmastuksen energiankulutusta säätämällä ilmastuksen määrää eri ilmastuslohkoissa. Optimoinnin perusteena käytetään ilmastuksesta lähtevän veden ammonium- ja nitraattityppimittauksia. Tavoitteena on vähentää ilmastuksen energiankulutusta samalla pitäen typen pitoisuudet asetusarvojen sisällä.



## Case 5. - Lahti Aqua viemäriverkoston tarkkailu tekoälyn avulla



Lahti Aqua Oy:n viemäriverkostoon asennettiin kesällä 2022 14 IoT-pinnanmittauslaitetta. Laitteista saatava **tieto siirtyy kaukovalvontajärjestelmään, josta nähdään reaaliajassa, miten viettoviemärit toiminta-alueella toimivat**. Laitteiden avulla pyritään ennaltaehkäisemään viemäriverkoston häiriötilanteita.

Tekoälyn avulla muutokset pystytään havaitsemaan entistä paremmin, kun tekoäly antaa hälytyksen mahdollisista poikkeamista viemäriverkostossa. Lahti Aquan jätevesipumppaamoiden toimintaa on jo aiemmin analysoitu tekoälyn voimin.

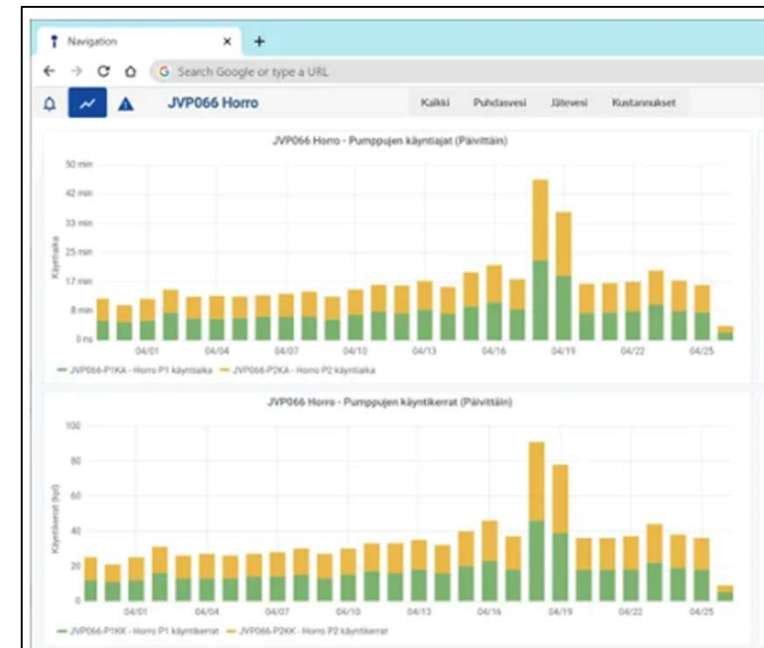
# 5. Energiatehokkuuden parantaminen

# Energiatehokkuuden parantaminen

Jätevedenpuhdistamojen energiatehokkuutta voidaan parantaa kaikissa puhdistusprosessiin suoraan tai niihin välillisesti liittyvissä toiminnoissa.

Keskeistä energiankulutuksen kannalta on:

- sähköä kuluttavan laitteet ja niiden käyttö
- prosessin ohjaus
- prosessin optimointi
- lietteen käsittely
- laitteiden säännöllinen huolto ja kunnostus
- puhdistamorakennuksien lämmitys



Kuva. Jätevedenpumppaamon käyntiaikoja, Insta Focus AI.

## Case 6. - Tarkastelu Lakeuden keskuspuhdistamon energianeutraaliudesta

Lakeuden puhdistamolla Kempeleessä tehtiin diplomityö **jätevedenpuhdistamoiden energianeutraaliudesta**. Työssä toteutettiin puhdistamon **energiatehokkuustarkastelu**, jossa energiankulutus ja tuotantotiedot pohjautuvat puhdistamolta saatuihin tietoihin. Työssä mallinnettiin Lakeuden puhdistamolle kolme eri skenaariota, joilla 100% energianeutraaliustavoite saavutettaisiin. Skenaarioissa tarkasteltiin teoreettisesti mm. eri tekniikoiden hyödyntämistä sekä investointikustannuksia. Tietojen pohjalta mallinnetut kolme erilaista skenaariota siitä, miten energianeutraalius on mahdollista saavuttaa:

Skenaario	Energiankulutus	Tarkasteltavat menetelmät	Kriteerien pisteytys
1.	Pysyy samana	Aurinkopaneelien lisääminen, akkuvarasto	1,75
2.	Kasvaa 25 %	Lämmön talteenotto, kaukolämpö, osuus uusiutuvaa energiaa tuottavasta yhtiöstä	1,5
3.	Kasvaa 50 %	CHP-laitoksen rakentaminen	2,75

**Skenaariot pisteytettiin kriteerien mukaan**; taloudellinen kannattavuus, yleinen toteutettavuus, ympäristövaikutukset sekä skaalautuvuus ja joustavuus. Skenaarioille toteutettiin vertailu, jonka pohjalta esitettiin paras vaihtoehto, joka tässä tapauksessa oli skenaario 3. Tosin mitään näistä skenaarioista ei nähty ehdottomasti kannattavana, **haasteeksi osoittautuivat esimerkiksi kustannukset, tilan puute ja jätevesidirektiivin keskeneräisyys**.

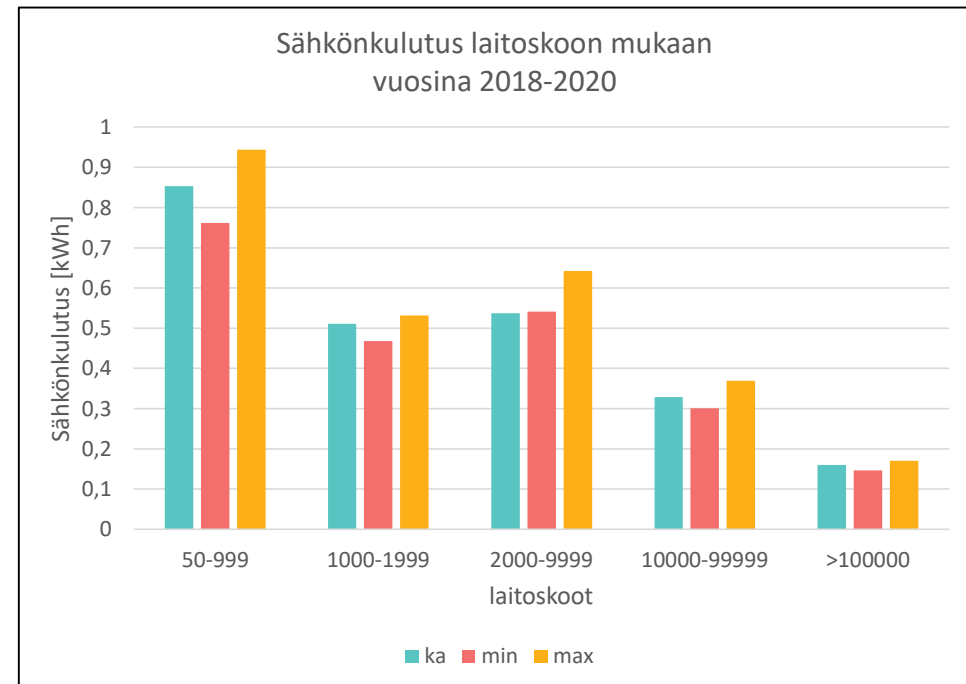
# 5 a. Jäteveden pumppaus

# Jäteveden siirtopumppaus

**Jäteveden siirron energiankulutus koostuu lähes yksinomaan jäteveden pumppauksen sähkönkulutuksesta.**

VESIHUKI –hankkeessa jäteveden siirron sähkönkulutus on arvioitu Veeti-järjestelmästä saatujen tietojen perusteella vuosilta 2018–2020 huomioiden laituskokojakauma (vesihuolto-organisaation koko määritettiin puhdistamoille tulevan jätevesivirtaaman perusteella). Nämä kulutukset on kuvattu viereisessä kaaviossa, arvoissa näkyvät kulutuksen keskiarvot sekä minimi ja maksimiarvot.

Huomioitavaa on, että **10 000 – 99 999 laituskoon puhdistamot käsittelevät suurimaan osan eli 44 % jätevesistä**, yli 100 000 laitokset käsittelevät 29 % ja 2 000 – 9 999 koon laitokset 19 %.



Kaavio. Jäteveden siirron sähkönkulutus eri laituskokojen mukaan.

Lähde: <https://helda.helsinki.fi/items/c5ba76b1-1c70-40a5-a131-8a7137fd436d>

# Pumppaamoiden energiatehokkuuden parantaminen

- Huomioi energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät ennen suunnittelua
- Panosta laadukkaaseen suunnitteluun energiatehokkuuden parantamiseksi
- Perusta suunnittelu tarkkoihin virtausarvoihin ja tulevaisuuden arvioihin
- Optimoi pumppujen ja painelinjojen koot
- Kiinnitä huomiota pumppaamon rakenteellisiin ominaisuuksiin
- Muotoile pumppaamon imualtaan pohja välpeen ja hiekan kertymisen ehkäisemiseksi
- Kasvata pumppaamoiden imualtoiden tilavuutta käynnistyskertojen vähentämiseksi
- Pumppauksen vähentäminen hule- ja vuotovesien hallinnalla
- Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen:
  - Tukosten seuranta
  - Virtaamien optimointi
  - Pumppukohtaiset energiamittaukset



Kuva. Pumppaamorakennus Järvenpäässä, kuva Xylem.

# Pumppujen säätötavat

**Kuristussäätö** on yksinkertainen tapa toteuttaa pumppujen säätöä, sillä se ei vaadi monimutkaista automaatiota. Tämä ajotapa kuitenkin lisää painehäviöitä ja siten heikentää energiatehokkuutta.

**On-off-säätö** on helppo toteuttaa ja sopii hyvin järjestelmiin, joissa virtaustarpeet vaihtelevat suuresti. Se on usein osa muiden säätötapojen toimintaa, mutta ei aina ole energiatehokas.

**Ohivirtaussäätö** mahdollistaa pumpun toiminnan vakio kierrosluvulla ja voi olla hyödyllinen tietyissä sovelluksissa. Tämä ajotapa kuitenkin aiheuttaa suoria häviöitä eikä ole energiatehokas.

**Kierroslukusäätö puolestaan mahdollistaa pumpun toiminnan hyvällä hyötysuhteella ja on nykyään ensisijainen ohjaustapa.** Se vaatii taajuusmuuttajan ja korkeammat alkuinvestointikustannukset, mutta tarjoaa paremman energiatehokkuuden.



Kuva. Flygt Concertor N energiatehokas pumppu on-off-ohjattuihin pumppaamoihin.

## Case 7. - Hyvinkään Vesi, Veikkarin pumppaamo

- Veikkarin pumppaamon läpi kulkee noin 40 % Hyvinkään jätevesistä.
- Vuonna 1991 rakennettu pumppaamo saneerattiin 2015:
  - Pumput, venttiilit ja sisäiset putkistot
  - Taajuusmuuttajat ja automaatio
  - Pumppaamon rakennustekniset korjaukset
- Saneerauksen tavoitteena oli toiminnan varmistaminen, pumppujen tukkeutumisen vähentyminen, pienemmät käyttökulut ja parempi käytettävyys.
- Saneerauksen jälkeen pumppaamon energiankulutus pieneni 23 %
  - Ominaisenergiankulutus vuosina 2008-2014 0,226 kWh/m<sup>3</sup>
  - Ominaisenergiankulutus vuosina 2016-2024 0,174 kWh/m<sup>3</sup>



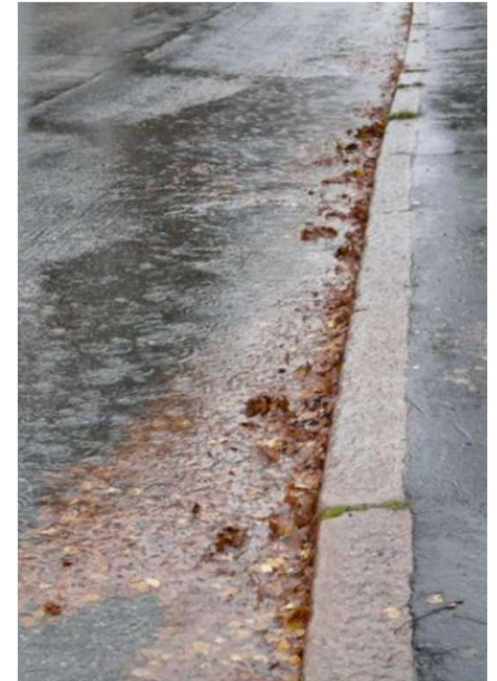
Kuva: Saneerattu pumppusali Veikkarin pumppaamolla.

Lähde: Käyttöpäällikkö Jari Hynönen, Hyvinkään Vesi

# Jätevesiverkoston vuotovedet

**Vuotovedet ovat jätevesiverkoston pääseviä hule- ja/tai pohjavesiä, jotka eivät vaadi puhdistusta jätevedenpuhdistamolla.** Vuotovedet aiheuttavat jätevedenpuhdistamolle ja -pumppaamoille turhaa kuormitusta ja sitä kautta kustannuksia vesilaitokselle ja kunnan asukkaille sekä haittaa ympäristölle. Lisääntynyt jätevesivolyymi jätevesiverkostossa tarkoittaa lisääntynyttä energian ja kalliiden puhdistukseen käytettävien kemikaalien kulutusta. Pahimmassa tapauksessa jätevedenpuhdistamo voi ylikuormittua, jolloin puhdistamatonta jätevettä joudutaan ohjuoksuttamaan luonnon vesistöön. Rungas vuotoveden määrä voi myös johtaa kaivojen tulvimiseen ja aiheuttaa veden nousemista pihaille, kaduille tai kiinteistöjen kellareihin.

Hulevedet pääsevät jätevesiverkoston muun muassa kaivojen kansien ja laittomien hulevesiliitosten kautta. Pohjavedet taas päätyvät jätevesiverkoston jätevesiputkien epätiiviyden kohtien ja putkirikkojen kautta pohjaveden pinnan ollessa viemäriputken yläpuolella. **Suomessa koko jätevesimäärästä keskimäärin 40 % arvioidaan olevan vuotovettä.**



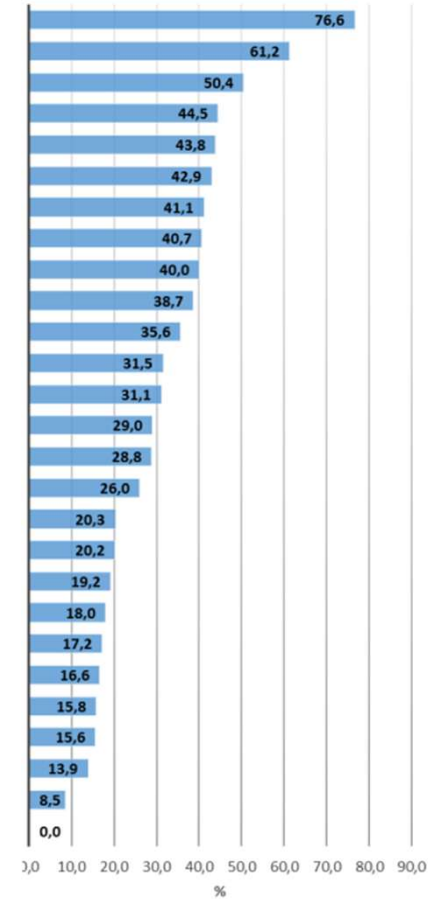
# Kulutustiedot vuotojen paikannuksessa

Vuotovesien määrää jätevesiviemäriverkostossa arvioidaan vertaamalla jätevedenpuhdistamon tai pumppaamojen virtaamia alueen vedenkulutukseen laskutustietojen perusteella.

**Asumisjäteveden määrän tulisi vastata talousveden kulutusta, ja virtaamatiedot saadaan kaukovalvontajärjestelmästä.** Tutkittavaa aluetta voidaan rajata pumppaamopiireittäin vertaamalla pumppaamojen jätevesimäärää alueen vedenkulutukseen.

**Tarkastelujakson on oltava riittävän pitkä,** mieluiten yli vuoden, jotta vedenkulutuksen vaihtelut huomioidaan. **Laskutustiedot antavat tarkemman arvion** kuin kiinteistömäärään perustuvat laskelmat ja vuotovesimäärä esitetään yleensä muodossa l/s/km.

**Virtaamia verrataan myös sääolosuhteisiin, sillä sateiden tai lumen sulamisen aikainen virtaamien kasvu viittaa vuotovesiin.** Kun vuotovesien osuus pystytään erottamaan alueittain, voidaan vuotolähteet paikantaa tarkemmin.



Kuva. Erään paikkakunnan eri alueiden vuotovesiprosentit, laskettu pumppaamojen sähkönkulutustietojen ja virtaamamittausten perusteella.

# Menetelmiä vuotojen paikantamiseen

Menetelmä	Vahvuudet	Haasteet
<b>Jätevesimäärien ja vedenkulutustietojen vertaaminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saadaan yleiskuva vuotovesien määrästä</li> <li>Saadaan rajattua tutkittavaa aluetta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ei voida paikantaa vuotolähteitä</li> <li>Vain suuntaa antavia tuloksia</li> </ul>
<b>Virtaamamittaukset</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yksinkertainen menetelmä</li> <li>Yleisesti käytetty menetelmä</li> <li>Voidaan rajata tutkimusalueita tehokkaasti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittaus haastavaa</li> <li>Epätarkkoja tuloksia</li> <li>Laitteistot häiriöherkkiä</li> <li>Perustuu yksinkertaisiin olettamuksiin</li> </ul>
<b>Savukokeet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhteellisen halpa ja helppo menetelmä</li> <li>Voidaan tutkia laajoja alueita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaatii paljon järjestelyjä</li> <li>Sääolosuhteet vaikuttavat merkittävästi tutkimuksen onnistumiseen</li> <li>Ei voida paikantaa kaikkia vuotolähteitä</li> </ul>
<b>Väriainekokeet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tehokas tapa paikantaa laittomat hulevesiliitokset</li> <li>Helppo todennettavuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidas ja työläs menetelmä</li> <li>Vaatii pääsyn yksityisille tonteille</li> </ul>
<b>TV-kuvaus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luotettava tapa todentaa vuotokohtia</li> <li>Voidaan tarkastella kaivojen välistä putkea tarkemmin</li> <li>Saadaan tallennettua materiaali, johon on mahdollista palata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kallis menetelmä</li> <li>Vaatii erityisvalmisteluja, asiantuntemusta ja tarkkuutta</li> <li>Virheellisen tulkinnan riski</li> <li>Tutkimuksen toteutus aikaa vievää</li> <li>Perinteisellä laitteistolla voidaan tutkia vain vedenpinnan yläpuolinen osio verkostosta</li> </ul>
<b>AquaDuoscope-menetelmä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kustannustehokas</li> <li>Kattavat ja helposti tutkittavat tulokset</li> <li>Jatkuvasti kehittyvä tulosten tarkkuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaatii mahdollisesti paljon kentällä työskentelyä</li> <li>Vaatii sade- tai sulamisvesien runsasta liikkeelläoloa</li> </ul>
<b>DTS-menetelmä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mahdollistaa vuotolähteiden tarkan paikannuksen</li> <li>Ei vaadi pääsyä yksityisille tonteille</li> <li>Voidaan tutkia laajoja kokonaisuuksia kerralla</li> <li>Laitteiston asentamisen jälkeen helppokäyttöinen ja ei vaadi paljoa ylläpitoa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laitteisto kertasijoituksena kallis</li> <li>Vaatii asiantuntemusta</li> <li>Tutkimuksen toteutus aikaa vievää</li> </ul>
<b>Mallintaminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voidaan ennakoita ongelmia</li> <li>Voidaan tarkastella jo tapahtuneita vuotoja</li> <li>Mahdollista nopeaan reagoinnin ongelmiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaatii runsaasti luotettavaa tietoa viemäriverkostosta</li> </ul>

# Case 8. - Kirkkonummen veden vuotovesitutkimus

Kirkkonummen Vedelle tehtiin diplomityö verkoston vuotovesistä. Kirkkonummen Veden toiminta-alueen viemäriverkosto on pituudeltaan noin 390 kilometriä ja se sisältää yhteensä 96 jäteveden pumppaamoja. Tutkimuksessa seurattiin noin 30 pumppaamon tapahtumia.

## Vuotovesitutkimuksessa käytettyjä menetelmiä:

- **Neuroflux-ohjelma** visualisoi jätevesiverkoston tilaa ja havaitsee poikkeustilanteita. Neuroflux hyödyntää analysoinnissaan pumppaamoilta tulevia pumppujen käyntiaikoja ja jätevesivirtaamia ja visualisoi verkoston tilaa ja havaitsee poikkeustilanteista. Neuroflux:n analyysit perustuvat vesilaitoksilla jo olemassa olevaan dataan, eikä sitä varten ole tarpeen asentaa uusia antureita.
- **KeyAqua** on verkko- ja paikkatietoratkaisu vesijohto- ja viemäriverkon omaisuudenhallintaan. KeyAqua:lla pystyy ohjaamaan hallitusti verkon saneerausta, ylläpitoa sekä sen huoltoa.
- **Kaivotutkimuksia**
- **Pintatutka**

## Löydettyjä vikoja:

- putken liitosvuotoja
- ristiin meneviä liitoskohtia
- tarkastuskaivon ylivuotoputken kautta virtaavaa vettä
- rikkinäinen betonirengas, josta vuotaa vettä

## Suositteluja jatkotutkimuksia:

- tarkastuskaivojen kansien pitävyyden tarkistusta
- kaivojen kunnon ja liitoskohtien tarkastamista muodonmuutosten, halkeamien ja irtonaisten osien varalta
- savukokeiden tekoa
- tulppauksien kestävyuden ja oikeaoppisen asentamisen tarkistusta (esim. savukokeen avulla)
- pumppaamon tulo- ja lähtöputkienläpivientien tarkastamista
- mahdollisen tv-kuvauksen suoritusta robottikameralla tiettyjen kaivo-osuuksien välillä

Lähde: [Laakso Seela-Anna.pdf](#)



Kuva. Tarkastuskaivoon vuotaa ylivuotoputken kautta vettä viereisestä ojasta.

# 5 b. Ilmastus

# Ilmastuksen energiankulutus

**Ilmastus kuluttaa yleisesti suuren osan koko laitoksen sähköenergiasta, tyypillisesti jopa 50 – 70% jätevedenpuhdistamon energiankulutuksesta.**

Jopa pienillä ilmastuksen energiansäästötoimenpiteillä on merkittävä vaikutus jätevedenpuhdistuksen kokonaisenergiankäyttöön.

Energiankulutuksen ja energiatehokkuuden kannalta ilmastuksessa on kolme osatekijää:

- Hapentarve
- Ilmantarve
- Ilmamäärän syöttämiseen kuluva energia





## Ilmastimet

Suurin osa laitoksista käyttää **hienokuplaisia ilmastimia**, joiden suunnittelussa ja käytössä tulisi pyrkiä **mahdollisimman alhaiseen ilmapvirtaan ilmastinta kohti, koska tämä maksimoi hapensiirron tehokkuuden**.

Ilmastuskalvojen **säännöllinen puhdistus ja kunnossapito ovat tärkeitä toimenpiteitä energiankulutuksen hallinnan kannalta**. Säännöllinen **laitteiston suorituskyvyn seuranta** auttaa energiatehokkuuden parantamisessa. Esimerkiksi seuraamalla happimäärää ja energiankulutusta suhteessa käsiteltyyn vesimäärään. Myös **venttiilien toiminnan seuraaminen** on tärkeää.

**Ilmastuksen energiatehokkuutta voi tehostaa lisäämällä ilmastintiheyttä** asentamalla lisää ilmastimia altaan alkupäähän, missä kuorma on korkein. Tällöin yhden ilmastimen syöttämä ilmamäärä pienenee, jolloin hapensiirtotehokkuus jäteveteen paranee.

**Ilmastuslohkojen jaolla sekä allasyvyydellä on merkitystä**. Syvissä ilmastusaltaissa (> 12 m) vedenpaine on altaan pohjalla suuri ja kompressoreilta tarvitaan suurempi teho kuin matalammissa altaissa. Toisaalta syvemmissä altaissa hapensiirtotehokkuus on suurempi, koska ilmakuplalla on pidempi matka altaan pinnalle ja suurempi osa sen sisältämästä hapesta ehtii siirtyä jäteveteen.

## Case 9. - HSY Viikinmäki ilmastintiheyden kasvattaminen

HSY:n Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on toteutettu ilmastuksen energiatehokkuutta parantava saneeraushanke. Hankkeessa **kasvatettiin ilmastuslinjojen** (linjat 3–7 lohkojen 3 ja 4) **ilmastinalaa hapensiirron parantamiseksi ja edelleen ilmantarpeen pienentämiseksi**. Muilla ilmastuslinjoilla (1, 2, 8 ja 9) ilmastinalat olivat jo ennestään suuremmat.

Muutos tehtiin **vaihtamalla ilmastinlautasten yläosat suurempiin, mikä mahdollisti merkittävän vaikutuksen ilmastinalaan ilman tarvetta putkistomuutoksiin**. Ilmastinala eli ilmastinten pinta-alan suhde altaan pohjan pinta-alaan kasvoi 17 %:sta 40 %:iin lohkoissa 3 ja 19 %:sta 45 %:iin lohkoissa 4. Kyseiset lohkot kuluttavat yli 50 % linjojen ilmastusilmasta ja muutoksen teoreettinen vaikutus linjan ilmankulutukseen on n. 3 % vähennys.

Muutos parantaa hapensiirtotehokkuutta ja pienentää ilmastusilman tarvetta, minkä **arvioidaan säästävän sähköä n. 240 MWh vuodessa**.

# Kompressorityypit jätevedenpuhdistamolla

Yleisesti jätevedenpuhdistamoilla käytössä olevat kompressorit voidaan jakaa kahteen eri pääkategoriaan:

## 1. Staattisesti puristavat, syrjäytyskompressorit

- Monivaiheiset radiaalikompressorit
- Yksivaiheiset radiaalikompressorit
  - Vaihteelliset turbokompressorit
  - Suurnopeusturbokompressorit

## 2. Kineettisesti puristavat, dynaamiset kompressorit

- Kiertomäntäpuhaltimet
- Ruuvikompressorit

Jätevedenpuhdistamoilla ilmastusprosessin paineilmantuotantoon käytetään sekä syrjäytys- että dynaamisia kompressoreja. Yleisesti syrjäytyskompressoreita käytetään pienemmällä ilmamäärävaatimuksen omaavilla laitoksilla kuin dynaamisia kompressoreja.

Yleisenä sääntönä voidaan pitää, että **syrjäytyskompressoreita käytetään, kun ilmamäärät ovat alle 170 m<sup>3</sup> /min. Isommilla ilmamäärillä yleensä käytetään radiaalikompressoreja.**

Syrjäytyskompressorit ovat myös yleisimpiä laitoksissa, jossa vastapaineen vaade on yli 156 kPa.



# Suurnopeusturbokompressor

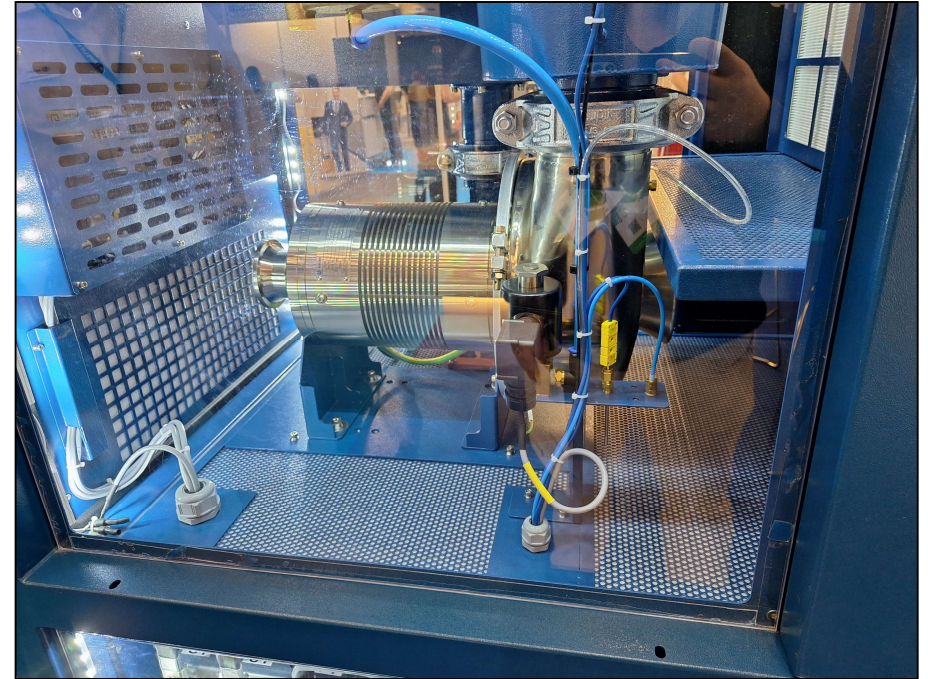
Suurnopeusturbokompressorissa juoksupyörän akseli on kiinnitetty suoraan suurnopeussähkömoottoriin, jotta vaadittava pyörimisnopeus juoksupyörälle saavutetaan.

Suurnopeusturbot ovat yleensä yksivaiheisia ja niiden pyörintänopeus on 15 000 - 50 000 rpm välillä.

Kompressorilla on laaja noin 50 % säätöalue ja säätö toteutetaan taajuusmuuttajalla muuttamalla juoksupyörän pyörimisnopeutta.

Yhdistämällä juoksupyörä sekä moottori samalle akselille saadaan kokoonpanosta erittäin kompakti. Korkean pyörimisnopeuden takia suurnopeusturboissa on tyypillisesti laakerit toteutettu joko kosketusvapailta magneetti- tai ilmalaakereilla.

Turbokompressorin kestromagneettisynkroniset sähkömoottorit omaavat korkean hyötysuhteen sekä korkean pyörimisnopeuden.



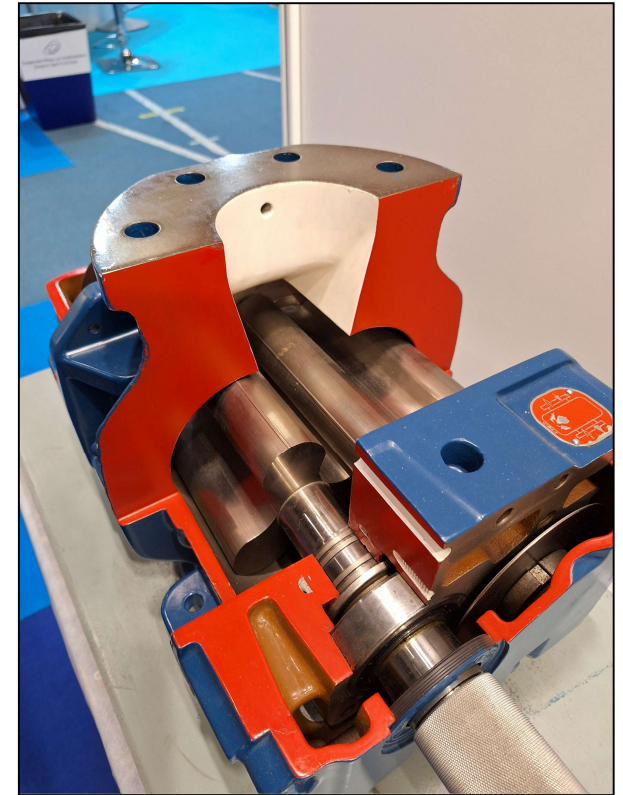
Kuva: Aerzen suurnopeusturbokompressor, yhdyskuntatekniikan -näyttely Tampere 2025.

# Kiertomäntäkompressor

Kaksiroottorisen kiertomäntäkompressorin tunnetuimmassa tyypissä on kaksi toistensa lomassa pyörivää roottoria. Roottoreiden liikkeet on hammaspyörien avulla synkronoitu toisiinsa. Kompressoreiden hampaiden profiili ja hammasluku vaihtelevat eri valmistajilla.

Kiertomäntäkompressorissa on vakiotilavuus puristuskammio. Roottoreiden pyörimisliikkeestä puolet kuluu ilman imemiseen pesän ja roottoreiden väliseen tilaan. Toinen puoli pyörimisliikkeestä menee paineenalaisen ilman siirtämisestä tuotto puolelle. Paineennousu puristettavassa ilmassa tapahtuu äkillisesti verkosta takaisinvirtaavan paineilman vaikutuksesta.

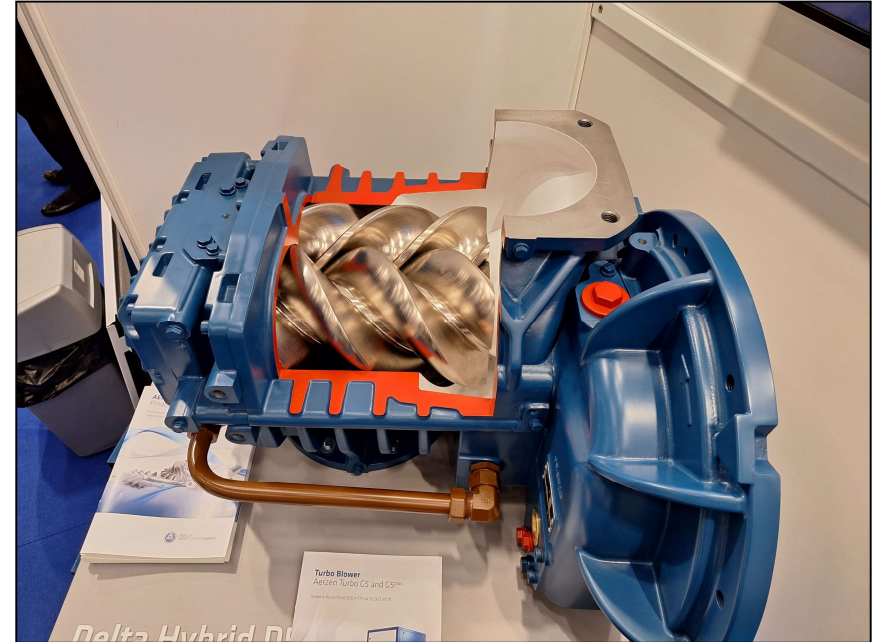
Kiertomäntäkompressorin hyötysuhde heikkenee nopeasti painesuhteen kasvaessa. Ilmiötä tehostaa painesuhteen mukana nouseva vuotovirtaus roottoreiden painepuolelta imupuolelle. Kiertomäntäkompressoreiden paineen käytännöllinen yläraja on alle 1 baarin ylipaineessa. Tuotettu ilma on öljytöntä. Käyttöalueet ovat yleisesti siellä, missä tarvitaan suuret volyymit matalapaineista ilmaa.



Kuva: Aerzen kiertomäntäkompressorin rakenne, yhdyskuntatekniikan -näyttely Tampere 2025

# Ruuvikompressor

Ruuvikompressorissa ilmanpuristus tapahtuu kahden roottorin välissä, eli ruuvin ja luistin väliin jäävissä urissa. Ilman imeminen tapahtuu rungon imuaukosta, kun roottorien urat ovat sen kohdalla. Roottorien jatkaessa pyörimistään hampaiden ryntökohta siirtyy ja yhteys imuaukkoon katkeaa. Ilma alkaa puristua, kun hampaiden ja urien välinen tilavuus pienenee. Kompressorin toisesta päästä saavutettu tuottopaine virtaa säiliöön. Rakenteeltaan ruuvikompressorit voivat vaihdella toisistaan urien ja hampaiden lukumäärässä.



Kuva: Aerzen ruuvikompressorin rakenne, yhdyskuntatekniikan -näyttely Tampere 2025.

# Kompressorien vertailu

Vinkejä energiatehokkaampaan ilmastukseen

- Hanki energiatehokkaita ilmastuskompressoreita ja moottoreita, kiinnitä huomiota elinkaarikustannuksiin hankintahinnan sijaan.
- Aja kompressoreita optimiarvolla.
- Mitoita kompressorit ja säätöventtiilit oikein ja ohjaa niitä kuormituksen ja sen päivittäisen vaihtelun mukaan.
- Ota kompressorien lämpö talteen.

Taulukkoon on koottu kolmen eri kompressorityypin vertailutietoja. Vertailussa tarkastellaan kompressoreiden energiankulutusta, soveltuvuutta ja hintaa.

Lähde: [Energiatehokas ilmastus – Motiva](#)

	Turbo	Kiertomäntä	Kiertomäntä-ruuvikompressori
<b>Energiankulutus</b>	Korkea hyötysuhde (75-83%). Suurnopeuskompressorit kuuluvat tehokkaimpiin	Hyötysuhde noin 60%	Hyötysuhde noin 65-70%.
<b>Soveltuvuus</b>	Soveltuu hyvin suureille laitoksille (>30 000 AVL), joilla on suuri ilmankulutus.	Soveltuu hyvin pienemmille laitoksille ja pienemmälle ilmankulutukselle. Yleisesti sopii hyvin mataliin allasyvyyskiin.	Soveltuu hyvin pienemmille laitoksille ja korkeisiin paineisiin. Matalammassa paineessa toimiva tyyppi muistuttaa paljon kiertomäntää.
<b>Hinta</b>	Korkea investointikustannus suurilla laitoksilla silti hyvä takaisinmaksuaika.	Matalammat investointikustannukset kuin turbokompressoreilla.	Hieman korkeammat investointikustannukset kuin kiertomäntäkompressoreilla.

Taulukko. Kompressorein vertailua, Motiva.



# Case 10. - Lohjan jätevedenpuhdistamon kompressorin vaihtaminen

Lohjan jätevedenpuhdistamolla vaihdettiin kiertomäntäkompressorit turbopuhaltimiin marraskuussa 2024.

Tutkimuksessa tarkasteltiin ilmastusjärjestelmän ohjaustapaa ja sen optimoinnin vaikutuksia prosessilaitteiden ja prosessin toimintaan. Tärkeitä tuloksia olivat puhdistamon energiankulutuksessa tapahtuneet muutokset koko laitoksen ja pelkästään puhaltimien osalta, energiankulutus suhteessa käsitellyn jäteveden määrään, ilmastuksen ohjauksen optimoinnin tärkeys ja sillä saavutettu tasoittuminen prosessin toiminnassa.

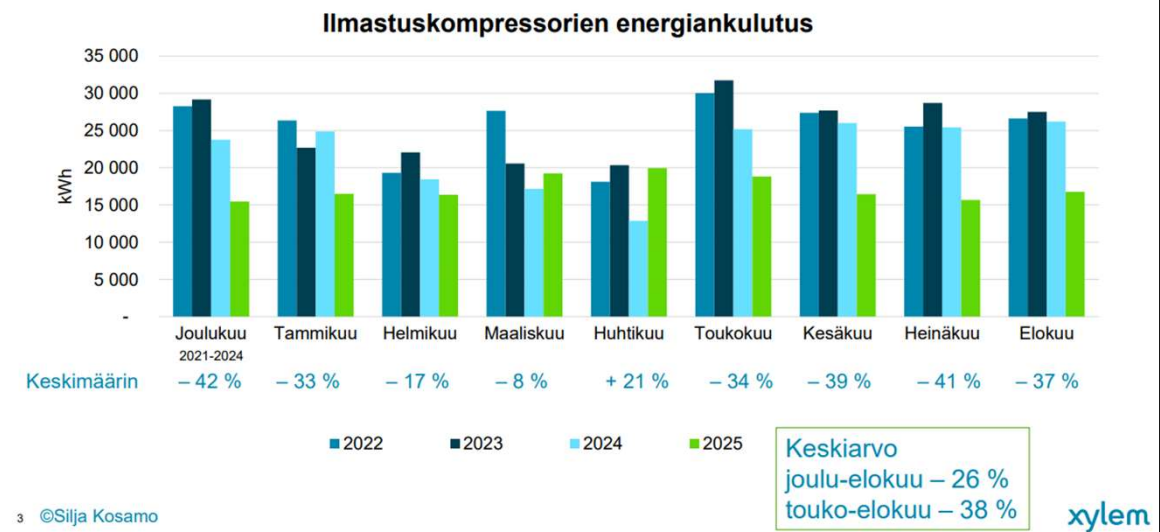
Alustavan tarkastelun perustella ilmastuksen energiankulutus on pudonnut n. 35 % ja koko puhdistamon n. 25%.

Takaisinmaksuajaksi on arvioitu 6-7 vuotta.

Lähde: [Siirtyminen syrjäyttävistä kompressoreista turbopuhaltimiin](#)

## Energiankulutuksen muutos kompressorien vaihdon jälkeen

- Virtaamat, lämpötilat yms. vaihtelevat eri vuosina, kesän lukemat paremmin vertailukelpoisia keskenään



Kaavio. Energiankulutuksen muutos.

## Case 11. - JS-Puhdistamo - tekoälyn hyödyntäminen ilmastuksessa



Kuva. Nenäinniemen puhdistamo, ilmastusaltat taustalla.

Nenäinniemen puhdistamon ilmastuksen ilmastusilman kulutusta vähennetään Veolia Hubgrade Performance Plant -ohjelmamoduulin avulla. Ilmastusilman kulutusta optimoimalla voidaan säästää merkittävästi sähköenergiaa.

Hubgrade on älykäs pilvipalveluna toimiva prosessin ohjaus- ja optimointiohjelma, joka seuraa ja arvioi jatkuvasti prosessin toimintaa ja antaa prosessille asetusrvoja optimaalisen toiminnan saavuttamiseksi. Vaikka ilmastuksen toimintaa optimoidaan, prosessin käsittelytuloksista ei kuitenkaan tingitä. Energiansäästön lisäksi Hubgraden avulla on mahdollista parantaa kesäaikaisen kokonaistypenpoiston tehoa.

Hubgrade otettiin käyttöön Nenäinniemen puhdistamolla tammikuussa 2025. Käyttökokemukset ovat olleet positiivisia ja saavutetut tulokset vaikuttavat lupaavilta energiansäästön osalta.

Lähde: JS-Puhdistamon vuosikertomus

# 5 c. Lietteen kuivaus

# Energiankulutus lietteen kuivauksessa

**Optimaalisella lietteen kuivauksella pyritään saamaan lietteen kuiva-aineen pitoisuus mahdollisimman korkeaksi ja palautettavan rejektiveden kiintoainepitoisuus vastaavasti alhaiseksi.** Kuivemman lietteen kuljetuskustannukset ja CO<sub>2</sub>-päästöt ovat pienemmät ja lietteen käsiteltävyys helpottuu huomattavasti.

**Rejektiveden sisältämä kiintoaine pyritään minimoimaan,** sillä vesi palautetaan takaisin prosessiin, jolloin liete tällöin poistuu laitokselta. Jos laitteiston tuottaman rejektiveden kiintoainepitoisuus on korkea, liete jää kiertämään prosessiin, mikä lisää energiankulutusta kaikissa prosessivaiheissa.

Lietteen kuivauksen energiankulutus muodostuu:

- Kuivauslaitteistosta
- Pumppausjärjestelmästä
- Sekoituksen kuluttamasta energiasta

Lingon kierrosnopeutta kasvattamalla on mahdollista saavuttaa pienempi energiankulutus suhteessa käsiteltyä kuiva-ainekiloa kohden ja toisaalta lietteen parempi sakeuttaminen voi vähentää linkousta. VVY:n mukaan **linkouksen optimoinnilla voidaan saavuttaa 10 % vähennys lietteen kuivauksen energiankulutuksessa.**



# Lietteen kuivauslaitteistojen erot energiankulutuksessa

Sopivan laitteen valinta on puhdistamokohtaista ja riippuu paljon laitoksella tuotetun **lietteen laadusta, mahdollisesta jatko- ja esikäsitteystä, sekä lietteen hyödyntämiskohteesta** ja laitoksen tilavarauksista.

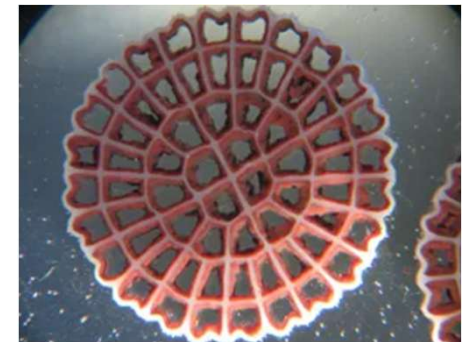
Taulukossa on vertailtu lietteenkuivausmenetelmien energiankulutusta ja käyttöä.

Laite	Energiankulutuksen kannalta huomioitavaa	Käytön kannalta huomioitavaa
Linko	<ul style="list-style-type: none"><li>Suuri energiankulutus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Hyvä kiintoainetulos 25-33 %</li><li>Kapasiteetti usein suurempi kuin muilla menetelmillä</li><li>Tilantarve vähäinen</li></ul>
Ruuvipuristin	<ul style="list-style-type: none"><li>Suhteellisen pieni energiankulutus</li><li>Ei aiheuta tärinää rakenteisiin</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Suhteellisen hyvä kiintoainetulos</li><li>Laitteistolla linkoja pienempi kapasiteetti</li><li>Raskas, rakenteiden kestävyys tarkistettava</li></ul>
Suotonauhapuristin	<ul style="list-style-type: none"><li>Jopa 90 % pienempi energiankulutus kuin lingoilla</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Kiintoainetulos yleensä &gt;20%</li><li>Vaatii paljon käytönaikaista seurantaä sekä huoltotöitä</li></ul>

## Case 12. - Lahti Aqua pienenesi rejektivesien typpikuormaa

Kariniemen jätevedenpuhdistamolla otettiin käyttöön **rejektivesien erilliskäsittelyprosessi AnitaMoxin käyttöönotto**. Käyttöönotto oli haasteellista, mutta prosessiin ohjataan noin 40 % jätevedenpuhdistamolla syntyvistä rejektivesistä. AnitaMox-prosessin ollessa täydessä tuotannossa saadaan prosessilla **vähennettyä energiatehokkaasti rejektivesien typpikuormitusta 80 %**, minkä vuoksi jätevedenpuhdistusprosessien **energiankulutus pienenee noin 20 %**.

AnitaMox-prosessi on kantoaineprosessi, jossa vapaana prosessialtaassa olevien kantoaineiden pinnalle muodostuu anammox-bakteereista biofilmi, jossa typenpoisto tapahtuu. Prosessiin tuotiin käyntiinajovaiheessa puhtaiden kantoaineiden lisäksi siemenkantoainetta, jossa kantoaineen pinnalla on jo valmiina tarvittava biofilmi.



Kuva. Anita™Mox menetelmän kantoainekiekkko, valokuva Veolia.

# 6. Haasteet energiatehokkuuden parantamisessa

# Kirjallisuudessa ja haastatteluissa havaittuja haasteita

Mitkä ovat keskeisimmät haasteet ja esteet energiatehokkuuden ja energiantuotannon lisäämiselle?

- Kustannustehokkuus
  - Jokaisella toimijalla omat kriteerit kannattavuudelle
  - Yrityspuolella jos takaisinmaksuaika alle vuosi, menee läpi
  - Kuntapuolella hieman pitkäjänteisempää, jos takaisinmaksuaika esim. 3 vuotta, investointi menee usein läpi
- Henkilöressit
- Vuosibudjettia ei haluta kasvattaa
- Osaaminen
- Johdon jähmeys
- Ei aikaa tehdä
- Pienillä laitoksilla haasteina laitoksen ikä, saneeraustarpeet, talous

## Energianeutraaliuden haasteita

**Yhdyskuntajätevesidirektiivi** tiukentaa typen ja fosforin puhdistusvaatimuksia sekä tuo uusia puhdistusvaatimuksia, kuten mikroepäpuhtauksien poiston. Nämä aiheuttavat laitoksille paineita prosessin parantamiseen sekä mahdollisesti **kvartaarin käsittelyprosessin lisäämiseen**.

**Typen ja fosforin tiukemmat puhdistusvaatimukset ja haitta-aineiden uudet puhdistusvaatimukset lisäävät energiankulutusta ja voivat aiheuttaa haasteita energianeutraaliuden saavuttamiselle.** On arvioitu, että mikroepäpuhtauksien poisto voi kasvattaa energian kokonaiskulutusta 50-70 %.



## Haitta-aineet

**Uusi jätevesidirektiivi tuo uusia puhdistusvaatimuksia, kuten haitta-aineiden poisto.** Haitta-aineet ovat jäämiä esimerkiksi lääkkeitä ja hormoneista. Indikaattoriaineiden **reduktio jatkossa on oltava vähintään 80 %** suhteessa puhdistamolle tulevaan kuormitukseen. Tutkimusten mukaan **nykyiset puhdistamot poistavat haitta-aineista vain noin 7 %.**

Haitta-aineiden poistoon parhaiten soveltuvat poistomenetelmät ovat aktiivihiilen tai otsonin käyttö. Otsonoinnissa haitta-aineita hapetetaan veteen annosteltavan otsonin avulla. Otsonoinnissa voi muodostua haitallisia yhdisteitä, jotka saadaan poistettua jälkikäsitteilyllä esim. hiekkasuodatus tai kantoaineprosessi (MBBR).

Haitta-aineiden poisto aktiivihiilen avulla perustuu haitta-aineiden adsorptioon huokoisen aktiivihiilen pinnalle. Jauhemainen hiili ja siihen adsorboituneet haitta-aineet päätyvät lietteeseen, joka voi rajoittaa lietteen käyttöä. Raemainen hiili hävitetään tai regeneroidaan. Aktiivihiilen käyttökuluja lisää siis hiilen regenerointi- tai hävityskustannukset.

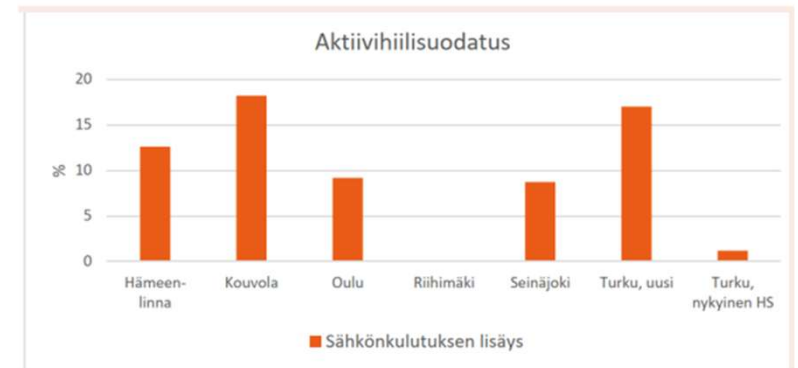
Lähde: [Haitta-aineiden poiston toteuttavuus ja vaikutukset suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla](#)

# Haitta-aineet

**Hanke:** Haitta-aineiden poiston toteuttavuus ja vaikutukset suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla

Suomessa toteutettuun haitta-ainehankkeeseen osallistui 6 jätevedenpuhdistamo: Hämeenlinna, Kouvola, Oulu, Riihimäki, Seinäjoki ja Turku. Hankkeessa **arvioitiin laitoskohtaisesti mm. investointi- ja käyttökustannuksia sekä energiankulutusta**. Investointikustannukset arvioitiin kaikilla laitoksilla olevan samaa suuruusluokkaa.

**Energiakulutukseen** arviointiin haitta-aineprosessin, esi- ja jälkikäsittelyn sekä uusien pumppausten sähköenergiankulutus laitoksilla. Otsonointi kuluttaa arvioilta 4-6- kertaa enemmän sähköenergiaa kuin aktiivihiilisuodatin, tämä on nähtävissä oheisissa kuvaajissa. Sähkönkulutuksen kasvu otsonoinnissa on 24 - 65 % luokkaa. Sähkönkulutuksen kasvu aktiivihiilisuodatuksessa on 0 – 18 % luokkaa. **Sähkönkulutuksen nousun perusteella haitta-aineidenpoisto vaikeuttaa jätevesidirektiivin energianeutraaliusvaatimuksen täyttämistä.**



# 7. Jätevedenpuhdistamot energian tuottajina

# 7 a. Mädatys

# Mädätys

Jätevesi sisältää teoreettisesti laskettuna energiaa noin 3 kWh/m<sup>3</sup>, mutta energiasisältö vaihtelee kuitenkin laajasti. Jäteveden käsittelyyn kuluu energiaa keskimäärin noin 0,1-2 kWh/m<sup>3</sup>. **Jäteveden sisältämää energiaa** kannattaa ottaa talteen ja hyödyntää esimerkiksi mädättämällä sekä lämmön talteenotolla.

**Suomessa noin 70 % puhdistamolietteestä mädätetään. Biokaasuntuotannolla on mahdollista kattaa noin 50-70 % prosessin energiasta.**

Biokaasulaitoksilla merkittävimmät energiaa kuluttavat toiminnot: lietteen pumppaus ja mahdollinen esikäsittely, reaktorin lämmitys, lietteen sekoitus reaktorissa, reaktorista poistettavan lietteen kuivaus ja rejektivesien käsittely laitoksella.

Lietteen sakeutuksen ja mädätyksen energiankulutukseen ja biokaasun tuotantoon vaikuttavat: lietteen pumppaus ja mahdollinen esikäsittely, reaktorin lämmitys, lietteen sekoitus reaktorissa, reaktorista poistettavan lietteen kuivaus ja rejektivesien käsittely laitoksella.

Lähde: [Motiva energiätehokas lietteen sakeutus madatys ja biokaasun tuotanto](#)



Kuva. Mädättämö.

# Mädätys

Lietteen sakeutuksen ja mädätyksen +/- vaikutukset energiatehokkuuteen	+	-
Lisää orgaanista ainetta		-
<ul style="list-style-type: none"><li>Epäorgaaninen aines (kuten hiekka) mädättämössä pienentää kapasiteettia ja heikentää biokaasun tuotantoa</li></ul>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Lisää kaasun tuotantokapasiteettia esim. elintarviketeollisuuden jätteillä (kuten rasvat)</li></ul>	+	
Kasvata viipymää tai lämpötilaa	+	
<ul style="list-style-type: none"><li>Kasvata viipymää tehostamalla lietteen sakeutusta</li></ul>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Vaihtoehtoisesti lisää mädätyslämpötilaa tai vertaile eri mädätystekniikoita</li></ul>		-
Lietteen esilämmitys kannattaa	+	
<ul style="list-style-type: none"><li>Lietteen esilämmitys tehostaa biokaasulaitoksen energiatehokkuutta</li></ul>		
Sakeutus tehostaa biokaasuntuotantoa	+	
<ul style="list-style-type: none"><li>Suosi pientä tilakuormaa, jolloin lämmitykseen kuluu vähemmän energiaa kuutiota kohden</li></ul>		
Tiivistysratkaisulla on väliä	+	
<ul style="list-style-type: none"><li>Jos tilaa on käytössä riittävästi, gravitaatiotiivistimet ovat energiapihi vaihtoehto</li></ul>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Mekaaninen tiivisty vähentää lämmitettävän ja pumpattavan lietteen määrää ja pidentää lietteen viipymää mädätyksessä</li></ul>	+	
Valitse energiatehokkaita pumppuja		-
<ul style="list-style-type: none"><li>Vältä ylivoimista</li></ul>		
<ul style="list-style-type: none"><li>Aja pumppua sen parhaalla hyötysuhdealueella</li></ul>	+	

## Case 13. - JS-Puhdistamo –lietteen esilinkouksen vaikutus energian kulutukseen



Kuva. Uuden raakalietteen käsittelyrakennuksen esitiivistyslingot Nenäinniemen puhdistamolla.

Nenäinniemen puhdistamon lietteenkäsittelyprosessi uudistettiin vuosina 2021-2023. Projektissa **mädätettävän lietteen kuiva-ainepitoisuutta nostettiin 3,5 %:sta noin 8-10 %:iin siirtymällä lietteen gravitaatiotiivistyksestä linkotiivistykseen**. Tämä paransi lietteenkäsittelyn energiatehokkuutta, sillä lietteen tilavuuden pienentyessä se voidaan mädättää yhdessä lämmitetyssä bioreaktorissa aiemman kolmen reaktorin sijaan.

Mittaustulosten perusteella puhdistamolla toteutettu prosessimuutos oli energiatehokkuuden näkökulmasta kannattava. **Lietteen lämmityksen energiankulutus väheni 71 %**. Lietteenkäsittelyn sähkönkulutus puolestaan hieman nousi tiivistyslinkojen käyttöönoton myötä. Prosessimuutos paransi myös lietteen hajoamista mädätysprosessin aikana.

# 7 b. Lämmön talteenotto

# Jäteveden lämpöenergia

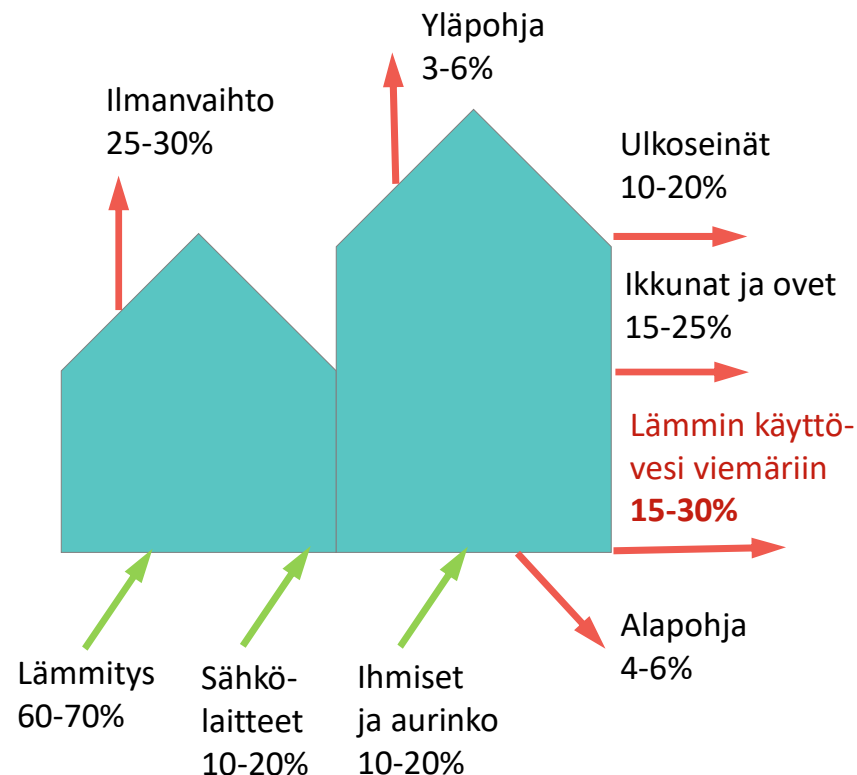
Kiinteistöistä viemärin kautta poistuva jätevesi luovuttaa osan energiastaan maaperään ja ilmaan virratessa jätevesiverkostossa.

**Lämmön talteenotto olisi energiatehokkuuden kannalta kannattavinta lähellä jäteveden syntypistettä** esimerkiksi hyödyntämällä lämpöenergia takaisin kiinteistön käyttöön.

Suomessa lämmön talteenottoa jätevedestä ennen jätevedenpuhdistamo ei ole tehty suuremmassa mittakaavassa, joten **vaikutuksia jätevesiverkoston lämpötilaan ja lämpöhäviöihin ei varmuudella tiedetä.**

Kiinteistöltä lähtevä jäteveden lämpö ei ole kuitenkaan heitetty hukkaan, vaan sitä tarvitaan myös jätevedenpuhdistuksessa.

*”Nykyisin jopa 30 % asuinrakennuksen vuotuisesta lämmitysenergian kulutuksesta menee käyttöveden lämmitykseen ja sitä kautta viemäriin” - Wasenco*



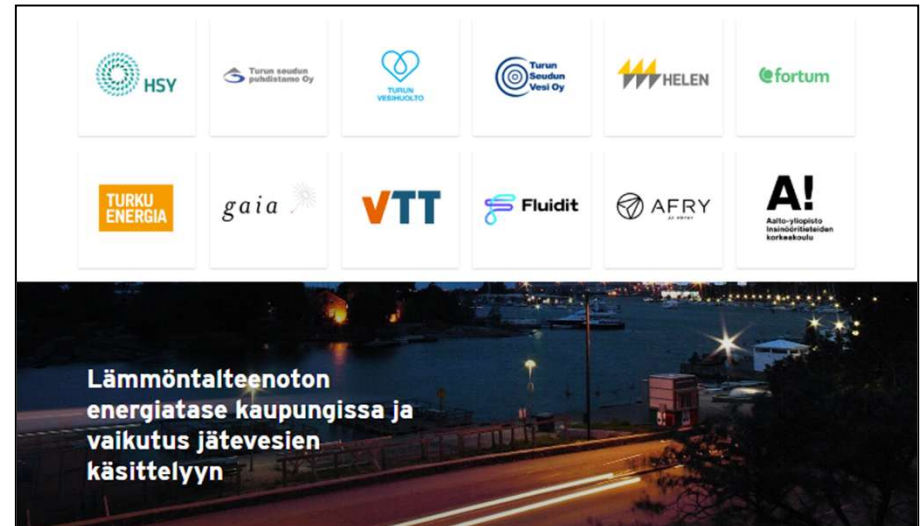
Kuva: mukaeltu [Jäteveden lämmön talteenotto - Wasenco](#)

# Puhdistamoa edeltävät lämmöntalteenottoratkaisut

Lämmöntalteenoton energiatase kaupungissa ja vaikutus jätevesien käsittelyyn (JV-LÄMPÖ) -hankkeessa on tarkasteltu kokonaisvaltaisesti veden sisältämää lämpöenergiaa sekä lämmön hyödyntämisen että jätevedenkäsittelyn näkökulmasta.

## Hankkeen taustaa ja tarvetta:

- Puhdistamoa edeltäviä talteenottoratkaisuja tarkastellaan herkästi ainoastaan uhkana.
- Vesihuoltolaitosten ulkopuolella ei puolestaan tiedosteta, että **kiinteistöltä lähtevä jäteveden lämpö ei ole heitetty hukkaan, vaan sitä tarvitaan jätevedenpuhdistuksessa.**
- Jätevedenpuhdistuksen typenpoisto perustuu biologisiin prosesseihin ja lämpötilalla on olennainen vaikutus niiden nopeuteen ja tehokkuuteen, jopa toteutettavuuteen.



<https://www.hsy.fi/jatevesilampo/>

# Lämmön talteenotto jätevedenpuhdistamoilla

## Mahdollisuudet

Jätevedenpuhdistamoilla voidaan vähentää lämmön tarvetta hyödyntämällä lämmöntalteenottoa ja lämpöpumppuja. Lämpöenergiaa voidaan ottaa talteen erityisesti **käsitellystä jätevedestä, lietteen hukkalämmöstä sekä poistoilmasta.**

## Hyödyntämiskohteet

- Kiinteistöjen ja ilmanvaihdon lämmitys
- Lämmin käyttövesi henkilöstölle ja prosessien tarpeisiin
- Prosessilämmitykset, kuten mädättämöiden esilämmitys

## Yleisimmät ratkaisut

- Lämmöntalteenotto puhdistetusta jätevedestä:
  - puhdistamon kiinteistön ja prosessin lämmitykseen
  - suuremmilla puhdistamoilla myytäväksi kaukolämpöverkkoon
- Lietteiden esilämmitys poistuvan lietteiden lämmöllä
- Pienimuotoiset hukkalämmön hyödyntämiskäytännöt prosessilaitteista
- Ilmanvaihdon LTO ja ilmalämpöpumput tilojen lämmityksessä pienemmissä kohteissa



# lämmöntalteenoton hanke Someron jätevedenpuhdistamolla

Someron Vesihuolto Oy:n jäteveden puhdistamolla käynnistettiin marraskuun 2024 lopulla jäteveden lämmöntalteenoton hanke. Hankkeen tavoitteena oli **minimoida öljynkäyttö laitoksen lämmitysenergiamuotona korvaamalla se jätevedestä lämpöpumpuilla tuotetulla energialla**. Kyseinen hanke on saanut ympäristöministeriöltä tukea 40% kokonaiskustannuksista ja hankkeen arvioitu **energiankulutuksen säästö jätevedenpuhdistamolla on noin 50%, mikä vastaa 122 000 kWh vähennystä vuositasolla**.

Suoritettu toimenpide on osa suunnitelmaa, jonka avulla pyritään **laskemaan puhdistamon toiminnan kustannuksia sekä pienentämään puhdistamon hiilijalanjälkeä** lähivuosina. Laitoksen lämmitysenergiankulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt laskevat saneerauksen jälkeen arviolta noin 48 tCO<sub>2</sub>/a.

Lähde: somero.fi



Kuva. Lämmön talteenottolaitteisto, kyseinen kuva ei liity tapaukseen.

## Case 15. - Seinäjoen lämpöpumppulaitos

Seinäjoen Voiman ja Seinäjoen Energian yhteinen rakennushanke jätevedenpuhdistamon kupeeseen valmistuu loppusyksyllä 2025. Alueelle rakennetaan **lämpöpumppulaitos**, jonka avulla saadaan **puhdistetusta jätevedestä hukkalämpöä Seinäjoen kaukolämpöverkoston**.

**Puhdistetusta jätevedestä lämpöpumpuilla talteen otetulla lämmöllä, noin 46 000 MWh, katetaan noin 9 % Seinäjoen kaukolämmön tarpeesta.** Jätevedenpuhdistamon hukkalämpöjen hyödyntäminen on yksi esimerkki polttoon perustumattomista tuotantomuodoista. Puhdistetun jäteveden lämpötila vaihtelee 11–20 asteen välillä.

Uudella lämpöpumppulaitoksella **sivutuotteena syntyvä kaukojäähdytys** saadaan niin ikään talteen, ja sitä voidaan hyödyntää kiinteistöjen viilennykseen.



Kuva. Seinäjoen jätevedenpuhdistamo ja lämpöpumppulaitoksen työmaa.

## Case 16. - Seinäjoen lämpövarasto

Seinäjoen Voimalla otettiin **käyttöön kaukolämpöakku ja sähkökattila** loppuvuodesta 2022. Uusi sähkökattila tukee erinomaisesti strategiaa ja lupaus päästöttömästä ja joustavasta energiantuotannosta- ja kulutuksesta. Yhdessä kaukolämpöakku ja sähkökattila toimivat erinomaisina komponentteina **tulevaisuuden puhtaassa lämmöntuotantojärjestelmässä** ja on oleellinen osa säätöön kykenevää kapasiteettia. Jouston lisäksi uudet investoinnit **vähentävät merkittävästi voimalaitoksen CO<sub>2</sub>-päästöjä**.

Puhdas lämmöntuotantojärjestelmä on päästötön ratkaisu, millä turvataan kilpailukykyinen lämmöntuotanto sekä tuetaan samalla myös uuden sääriippuvaisen energiajärjestelmän tarpeita.

Lämmöntuotannon yhdistelmä tukee erinomaisesti tulevaisuuden energiajärjestelmän tarpeita, jossa yhdistetään eri teollisuusaloja. Investointien avulla voidaan optimoida Seinäjoen voimalaitoksen minimikuormat ja alasajojaksot entistä paremmin. Uudella sähköllä pystymme vähentämään CHP-tuotantoa sähkömarkkinan heikoimpina hetkinä. Samalla vähennetään turpeen turhaa käyttöä ja edelleen päästöjä.

**Seinäjoelle rakennetun kaukolämpöakun tilavuus on 10 000 m<sup>3</sup>, energiaa varastoon mahtuu 400 MWh ja sen lataus- sekä purkuteho on 40 MW. Sähkökattilan teho on 40 MW. Uusien nyt käyttöönotettujen ratkaisujen avulla vähennetään vuositasolla jopa 7 200 tonnia CO<sub>2</sub>-päästöjä.**



# 7 c. Aurinkopaneelit

# Aurinkosähkö

Aurinkosähkön **tuotanto Suomessa vaihtelee huomattavasti vuodenaikojen mukaan**, koska säteily määrä ja auringon korkeus vaihtelevat voimakkaasti.

Aurinkosähkö soveltuu hyvin jätevedenpuhdistamoille, sillä vuorokausitasolla sähköntuotanto painottuu päiväsaikaan, jolloin myös laitosten sähkönkulutus on suurimmillaan.

**Aurinkosähkö tukee jätevedenpuhdistamoiden energiatehokkuus- ja päästövähennystavoitteita**, sillä se tarjoaa paikallisesti tuotettua, päästötöntä energiaa suoraan kulutuskohteeseen esim. kompuroiden käyttämiseen. Sähköntuotannon ja kulutuksen ajoittuminen päiväaikaan pienentää verkosta ostettavan sähkön tarvetta ja vähentää siten myös energiakustannuksia.

Lähde:

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/aurinkovoima/>



Kuva. Fingrid, Aurinkovoiman tuotanto vuonna 2024.

## Case 17. - Nivos Veden Aurinkosähkö jätevedenpuhdistamoilla

Nivos Veden Mäntsälässä sijaitsevan jätevedenpuhdistamon energiaratkaisuihin tehtiin merkittäviä muutoksia vuosien 2017 ja 2018 aikana, kun puhdistamon alueelle asennettiin **aurinkopaneeleja sekä lämmöntalteenottojärjestelmä (LTO-järjestelmä).**

Nivos Vesi suuntaa auringosta saatavan energian **jätevedenpuhdistamon käyttöön.** LTO-järjestelmän avulla puolestaan tuotetaan energiaa **rakennuksen sekä prosessissa käytettävän teknisen veden lämmittämiseen.**

LTO-järjestelmä toimii 50 kilowatin (kW) kompressoreilla ja 255 aurinkopaneelia tuottama nimellinen teho on vajaa 70 kW, joka tarkoittaa vuositasolla noin 60 megawattituntia (MWh). Nivos Vedelle toteutettujen järjestelmien avulla saama vuosittainen säästö on merkittävä, ja ne maksavat itsensä takaisin moninkertaisesti.

Lähde: [Nivos Veden energiankäyttö väheni 255 aurinkopaneelin sekä lämmöntalteenoton myötä – Nivos](#)



Kuva. Nivos Veden rakennusten katoilla on yhteensä 255 aurinkopaneelia.

## Lähdeluettelo

- Aarnio, A. 2018. Lietteen linkouksen parametrit ja optimointi. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/158927/Opinnaytetyo\\_Aarnio\\_Aija.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/158927/Opinnaytetyo_Aarnio_Aija.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Energiatehokkuuslaki 1429/2014. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2014/1429>
- Energiavirasto. Energiakatselmustoiminta. <https://energiavirasto.fi/energiakatselmukset>
- EU 2023. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten sen saavutetaan 2050 mennessä? <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-mennessa>
- EU 2024. Uusiutuva energia: Euroopan kunnianhimoiset tavoitteet. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20171124STO88813/uusiutuva-energia-euroopan-kunnianhimoiset-tavoitteet>
- FCG. 2023. Haitta-aineiden poiston toteutettavuus ja vaikutukset suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla. Raportti. [https://www.fcg.fi/wp-content/uploads/2024/01/Raportti\\_Haitta-aine-hanke-final.pdf](https://www.fcg.fi/wp-content/uploads/2024/01/Raportti_Haitta-aine-hanke-final.pdf)
- Fingrid. Aurinkovoiman tuotanto. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/aurinkovoima/>
- Gaia 2022. Jätevesilämmön talteenoton sääntelymahdollisuudet. [https://www.hsy.fi/4a5198/globalassets/hsy/projektisivustot-ja-hanke-esittelyt/tiedostot/jatevesilampo/tp5\\_loppuraportti.pdf](https://www.hsy.fi/4a5198/globalassets/hsy/projektisivustot-ja-hanke-esittelyt/tiedostot/jatevesilampo/tp5_loppuraportti.pdf)
- HSY 2022. Lämmöntalteenoton energiatase kaupungissa ja vaikutu jätevesin käsittelyyn. <https://www.hsy.fi/jatevesilampo/>
- HSY 2024. Viikinmäen ilmastintihyden kasvattaminen – Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä. Hankeraportti. [https://www.hsy.fi/4a0afc/globalassets/hsy/projektisivustot-ja-hanke-esittelyt/tiedostot/ilmastintihyden-kasvattaminen/viikinmaki\\_ilmastinhankinta\\_tulokset.pdf](https://www.hsy.fi/4a0afc/globalassets/hsy/projektisivustot-ja-hanke-esittelyt/tiedostot/ilmastintihyden-kasvattaminen/viikinmaki_ilmastinhankinta_tulokset.pdf)
- Hynönen, J. Käyttöpäällikkö. Hyvinkään Vesi. Haastattelu 11.2.2025.
- Jortikka, J. 2023. Jätevedenpuhdistamon ilmastusprosessin energiatehokkuuden parantaminen uuden kompressorin avulla. Energiatekniikan diplomityö. Lappeenranta–Lahden teknillinen yliopisto LUT. [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165269/Diplomity%C3%B6\\_Jortikka.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165269/Diplomity%C3%B6_Jortikka.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy. Vuosikertomus 2024. <https://www.js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2025/06/18641-jsjp-vuosikertomus-24-0525-digi.pdf>
- Kangas, A. Ympäristöneuvos. Ympäristöministeriö. Jätevesidirektiivin kansallinen täytäntöönpano. Luento 5.11.2025. VVY Jätevesiwebinaari.
- Kangas, A. Ympäristöneuvos. Ympäristöministeriö. Yhdyskuntajätevesidirektiivi. Luento 15.5.2024. VVY Vesihuoltopäivät.



## Lähdeluettelo

- Kouvolan Vesi 2022. Mäkikylän jätevedenpuhdistamon jätevedenkäsittelyn energiatehokkuus. Loppuraportti 2022. [https://kouvolanvesi.fi/wp-content/uploads/2023/02/Loppuraportti\\_Makikylan-energiatehokkuus\\_VN240952020.pdf](https://kouvolanvesi.fi/wp-content/uploads/2023/02/Loppuraportti_Makikylan-energiatehokkuus_VN240952020.pdf)
- Laakso, S. 2020. Viemäriverkoston vuotokartoitus. Opinnäytetyö. LAB-Ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/341770/Laakso%20Seela-Anna.pdf?sequence=2>
- Lahti Aqua 203. AnitaMOX:n avulla pienennetään rejektivesien typpikuormaa 80%. <https://vuosikertomus.lahtiaqua.fi/ymparistovastuu/>
- Laitinen, J., Nieminen, J., Saarinen, R. & Toivikko, S. 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 3/2014. <https://julkaisut.valtio-neuvosto.fi/handle/10138/43199>
- Lampola, T., Kuikka, S. 2018. Viemäreiden kuntotutkimusopas. [https://www.vesilaitosyhdistys.fi/site/assets/files/4713/viemareiden\\_kuntotutkimusopas\\_final.pdf](https://www.vesilaitosyhdistys.fi/site/assets/files/4713/viemareiden_kuntotutkimusopas_final.pdf)
- Lehtoranta, S., Laukka, V., Mölsä, K., Linjama, J., Pesu, J. & Laitinen, J. 2023. Vesihuollon kasviuonekaasupäästöt Suomessa ja päästövähennystoimien vaikuttavuuden arviointi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. 31/2023. <https://helda.helsinki.fi/items/c5ba76b1-1c70-40a5-a131-8a7137fd436d>
- Mahlakaarto, J. 2021. Taskilan jätevedenpuhdistamon energiakatselmus. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021111120058>
- Motiva 2018a. Energiatehokas vesihuoltolaitos -tietokortit. [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/vesihuoltolaitos/jateveden\\_puhdistus](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/vesihuoltolaitos/jateveden_puhdistus)
- Motiva 2018b. Tuetut energiakatselmukset. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut\\_energiakatselmukset](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset)
- Motiva 2018c. Energianhallinta: Raportointi. [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/vesihuoltolaitos/maat\\_energiatehokkuustoimet/energianhallinta\\_raportointi](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/vesihuoltolaitos/maat_energiatehokkuustoimet/energianhallinta_raportointi)
- Neve 2023. Jäteveden lämpö hyötykiertoon ja kustannuksia alas Neven uudella lämpöpumppulaitoksella. <https://neve.fi/ajankohtaista/jateveden-lampo-hyotykiertoon-ja-kustannuksia-alas-neven-uudella-lampopumppulaitoksella-toteutus-alkaa-ensi-vuonna/>
- Nikula, M. 2014. Ilmastuskompressoreiden toiminnan optimointi. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78932/Nikula\\_Matias.pdf;jsessionid=90816D09992CBEF8F51FE2200B2F8A2F?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78932/Nikula_Matias.pdf;jsessionid=90816D09992CBEF8F51FE2200B2F8A2F?sequence=1)
- Nivos Vesi Oy 2018. Nivon Veden energiankäyttö väheni 255 aurinkopaneelin sekä lämmöntalteenoton myötä. <https://nivos.fi/ajankohtaista/nivos-veden-energian kaytto-vaheni-255-aurinkopaneelin-seka-lammontalteenoton-myota/>



## Lähdeluettelo

- Nykänen, V. 2023. Viemäriverkoston vuotovesiselvitysmenetelmät. Opinnäytetyö. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/816224/Nyk%c3%a4nen\\_Ville.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/816224/Nyk%c3%a4nen_Ville.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Kosamo, S. 2025. Operatiiviset muutokset siirryttäessä syrjäyttäviä kompressoreja käyttävästä järjestelmästä turbopuhaltimia käyttävään järjestelmään. <https://aalto.doc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/3f680f45-a6df-44aa-8f38-529ee3e41537/content>
- Korpela, T. 2025. Energianeutraaliusvaatimusten vaikutukset jätevedenpuhdistamojen toimintaan kansallisella tasolla. Opinnäytetyö. Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/224603/KorpelaTiitus.pdf;jsessionid=8DC2BB0A7C14C2B390143B576EBE345B?sequence=2>
- Pyykkönen, S. Prosessi-insinööri. JS-Puhdistamo Oy. Haastattelu 18.2.2025.
- Seinäjoen Voima 2023. Uudet kaukolämpöakku ja sähkökattila tuovat erinomaista joustoa energiarjestelmään ja vähentävä CO2- päästöjä Seinäjoella. <https://www.sevo.fi/uudet-kaukolampoakku-ja-sahkokattila-tuovat-erinomaista-joustoa-energiajarjestelmaan-ja-vahentavat-co2-paastoja-seinajoella/>
- Seinäjoen Voima 2024. Seinäjoen Voima muuttaa jätevetä kaukolämmöksi. <https://www.sevo.fi/seinajoen-voima-muuttaa-jatevetta-kaukolammoksi/>
- Someron Vesihuolto Oy. 2024. Jäteveden lämmöntalteenoton hanke jätevedenpuhdistamolla. [https://www.someronvesihuolto.fi/?newsid=767&newstitle=%E2%80%8B%C3%A4teveden+l%C3%A4mm%C3%B6ntalteenoton+hanke+j%C3%A4tevedenpuhdistamolla#news\\_anchor](https://www.someronvesihuolto.fi/?newsid=767&newstitle=%E2%80%8B%C3%A4teveden+l%C3%A4mm%C3%B6ntalteenoton+hanke+j%C3%A4tevedenpuhdistamolla#news_anchor)
- STM 2023. Voiko jätevedenpuhdistamo olla energiantuottaja? <https://stm.fi/-/1410903/voiko-jateveden-puhdistamo-olla-energiantuottaja->
- VVY 2016. Teknis-taloudellinen tarkastelu jätevesien käsittelyn tehostamisesta Suomessa. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 42. [https://www.vvy.fi/site/assets/files/1666/jatevedenkasittelyn\\_teknis-taloudellinen\\_selvitys\\_21042016.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/1666/jatevedenkasittelyn_teknis-taloudellinen_selvitys_21042016.pdf)
- VVY 2023a. Vesihuoltolaitoksen ilmastotyökälyt. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 83. [https://www.vvy.fi/site/assets/files/7592/vesihuoltolaitoksen\\_ilmastotyokalut\\_x-1.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/7592/vesihuoltolaitoksen_ilmastotyokalut_x-1.pdf)
- VVY 2023b. Kiertotalous vesihuollossa. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 84. [https://www.vvy.fi/site/assets/files/7633/kiertotalous\\_vesihuollossa\\_17022023.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/7633/kiertotalous_vesihuollossa_17022023.pdf)
- VVY 2024. Esiselvitys tekoälyn hyödyntämisestä vesihuollossa. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 96. [https://www.vvy.fi/site/assets/files/9518/esiselvitys\\_tekoalyn\\_hyodyntamisesta\\_vesihuollossa.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/9518/esiselvitys_tekoalyn_hyodyntamisesta_vesihuollossa.pdf)
- Wasenco. Jäteveden lämmön talteenotto. <https://wasenco.com/jateveden-lammon-talteenotto/>





**Riikka Elo**  
**Jätevedenkäsittelyn asiantuntija**  
**DI, AmO**  
040 572 2786  
riikka.elo@sykli.fi



SYKLI

Kaartokatu 2  
11100 Riihimäki  
Sykli.fi

