



ENERGIATEHOKAS ILMASTUS

Energiatehokas vesihuoltolaitos



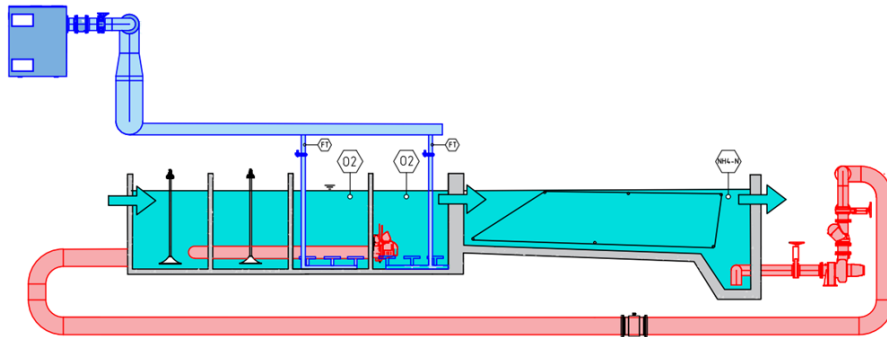
ENERGIATEHOKAS ILMASTUS

Yli puolet jätevedenpuhdistamon energiankäytöstä kuluu ilmastukseen.

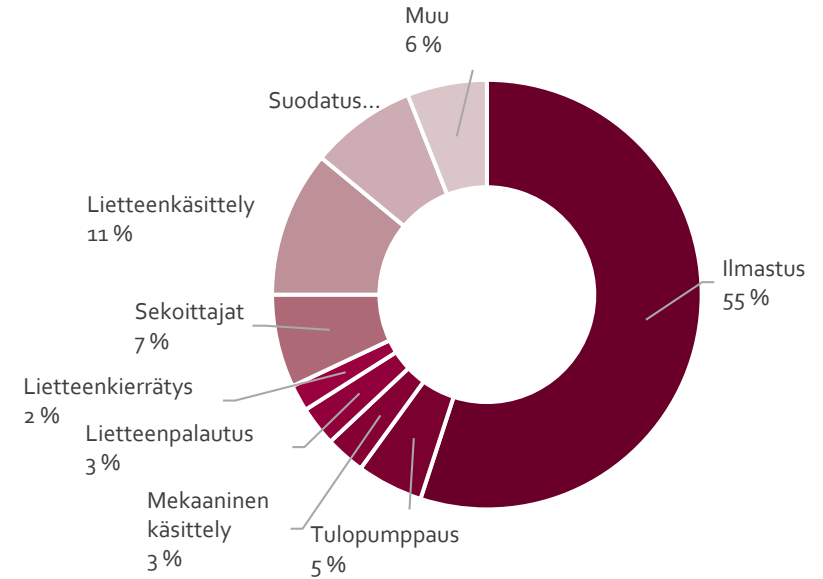
Optimoi hapen- ja ilmantarve sekä ilmansyötön energiankäyttö - saavutat merkittävää energiansäästöjä.

Energiankulutuksen ja energiatehokkuuden kannalta ilmastuksessa on kolme osatekijää:

- 1) hapentarve,
- 2) ilmantarve,
- 3) ilmamäärän syöttämiseen kuluva energia.



Kuva: Kaaviokuva aktiivilieteprosessista, Lähde: Pöyry



Esimerkki energiankulutuksen jakaumasta jätevedenpuhdistamossa. Ilmastuksen osuus tyypillisesti 50-70 %

Energian-kulutus (kWh/m ³)	Keskimääräinen virtaama (m ³ /d)	Energian-kulutus (kWh/kg poistettu BOD _{7ATU})	Energian-kulutus (kWh/kg poistettu OCP)
<0,50	37 900	1,5	280
0,51-1	6 400	2,5	400
>1	1 300	7	960

Jätevedenpuhdistamoiden keskimääräisiä energiankulutuksen tunnuslukuja.



Oikea hapen- ja ilmantarve

HAPENTARPEEN MÄÄRÄÄ

- Ilmastukseen tuleva BOD- ja typpikuorma
- Lietteen laatu; elävän biomassan määrä, pH, eliökanta, laskeutuvuus/ plokkin koko
- Lieteikä
- Lämpötila
- Laitostyyppi (vain BOD:n poisto, nitrifikaatio vai kokonaistypenpoisto)

ILMANTARPEESEEN VAIKUTTAA

- Ilmastintyyppi
- Ilmastimien kunto
- Ilmastimien määrä
- Allassyvyys
- Hapen asetusarvot

ILMASTUSJÄRJESTELMÄN ENERGIANKULUTUS

- Kompressorityyppi
- Kompressorien, putkiston ja säätöventtiilien mitoitus vs. todellinen kuormitus
- Instrumenttien määrä, sijoitus, tarkkuus
- Ohjaus- ja säätöjärjestelmä
- Säätöventtiilien tyyppi
- Asetusarvot ja säätöpiirien viritys
- Laitteistojen kunto



Tasaisen kuorman merkitys tärkeä

- Selvitä mahdollisuudet käyttää viemäriverkostoa, tulopumppauksen ohjausta sekä vanhoja, käytöstä poistettuja altaita tulokuorman tasaukseen.
- Pyri tasaamaan lokajäte esim. välisäiliöllä ja teollisuuden kuormitus jo puhdistamon ulkopuolella.

Ilmamäärän ohjaus

- Prosessiin syötettävän ilman määrä riippuu laitoksen ohjaustavasta. Useimmiten ilmastusta ohjataan tavoitehappipitoisuudella, joka vaihtelee yleensä välillä 1,5–3,5 mgO₂/L riippuen lohkoista. Vältä yli-ilmastusta!
- Ensimmäisissä ilmastuslohkoissa hapentarve on kuormituksesta johtuen suurempi ja hapentarve vastaavasti vähenee seuraavissa lohkoissa. Harkitse ja selvitä ilmastuksen jaon muutoksia!
- Hyvin toimivalla laitoksella tavoitehappipitoisuus voi olla jopa alle 1 mgO₂/l, mikäli laitoksen ohjaus toimii optimaalisella tavalla.

Huolehdi mittareiden kunnosta

- Prosessin toiminnan ja ilmastuksen tehokkaan ohjauksen kannalta on erittäin tärkeää, että liuenneen hapen pitoisuutta mittaavat mittarit toimivat täsmällisesti.
- Väärin kalibroidut tai rikkinäiset mittarit antavat virheellisen kuvan ilmastuksen happipitoisuudesta, joka voi johtaa tarpeettoman suureen ilmastukseen ja sitä kautta tehottomaan ja korkeaan energiankulutukseen laitoksella.
- Laitoksella on hyvä olla erillinen kannettava happimittari, jolla mittareiden toiminta voidaan tarkastaa. Lisäksi on erittäin tärkeää huoltaa ja puhdistaa happimittarit säännöllisesti.

Nyrkkisäännöt:

- 1) Mitä korkeampi kuorma, matalampi lieteikä, korkeampi lietepitoisuus ja korkeampi lämpötila, sitä suurempi on hapentarve.
- 2) Nitrifikaatio kuluttaa happea noin nelinkertaisesti verrattuna BOD:n hapetukseen tarvittavaan happimäärään.
- 3) Kokonaistypenpoistossa osa BOD-kuormasta hapetetaan denitrifikaatio-vaiheessa nitraatilla, jolloin happea kuluu jonkin verran vähemmän kuin puhtaasti nitrifioivassa laitoksessa.

Energiankulutus ja siihen vaikuttavat tekijät

Kompressorit ja niiden valinta

- Ilmastuskompressorit muodostavat suuren osan ilmastuksen ja siten jätevedenpuhdistuksen energiankulutuksesta
- Kompressorityyppejä on erilaisia ja ne sopivat ominaisuuksiltaan erilaisiin olosuhteisiin.
- Laitoksella käytössä olevia kompressoreita tulee pyrkiä ajamaan optimiarvolla. Lisäksi puhdistamolla tulisi olla varajärjestelmänä ainakin yksi kompressori.
- Suuremmilla puhdistamoilla on käytössä turbokompressorit. Turbokompressorit ovat karkeasti arvioituna optimaalisimmat laitoksilla, joiden asukasvastineluku on yli 30 000 AVL
- Alle 30 000 AVL laitoksilla on yleensä käytössä kiertomäntäkompressorit
- Varsinaisesti kompressoreiden hankintaan ei kuitenkaan ole nyrkkisääntöä ja kunkin kompressorin soveltuvuus laitoksella on aina tapauskohtaista.

Tärkein jätevedenpuhdistamon energiankulutusta määrittävä tekijä on usein kompressorien ja säätöventtiilien oikea mitoitus ja ohjaus käsiteltävään kuormitukseen ja sen päivittäiseen vaihteluun nähden.

Tehosta ohjaustapaa

Laitoksen ilmastuskompressoreita ja moottoreita arvioidessa tulee kiinnittää huomiota laitteistokokonaisuuksiin ja niiden optimaaliseen ohjaukseen. Ilmastus kuluttaa yleisesti niin suuren osan koko laitoksen sähköenergiasta, että jopa 1 % säästöllä on merkittävä kustannusvaikutus laitoksen sähköenergiankuluihin.

ESIMERKKI: HSY, VIIKINMÄKI

Ohjaustavan tehostamisella siten, että yhdellä kompressorilla ajetaan mahdollisimman pitkään ennen seuraavan kompressorin kytkemistä päälle, saavutettiin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla noin 1% energiansäästö koko laitoksella. Tämä ohjaustapa vähentää myös pysäytysten ja käynnistysten määrää. Tehokkain ohjaustapa riippuu kuitenkin laitoksesta. Lisäksi samassa yhteydessä kasvatettiin ilmastuksen tiheyttä lohkoissa 3 ja 4.

Kompressorit tuottavat huomattavan määrän myös lämpöenergiaa, joka otetaan Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla talteen lämmönvaihtimilla ja johdetaan laitoksen tuloilman lämmittämiseen LTO-piiriin kautta.

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

Hanki energiatehokasta, valitse elinkaarikustannusten perusteella

Kompressoreiden energiatehokkuuteen on helpointa vaikuttaa hankintavaiheessa. Hyötysuhteeltaan heikkojen kompressoreiden ja moottoreiden uusimisella voi säästää merkittävästi energiankulutuksessa laitoksilla.

ESIMERKKI: HSY, SUOMENOJA

Espoon Suomenojan puhdistamolla uuden esiilmastuskompressorin hankinta maksoi itsensä takaisin alle vuodessa laitteiston mahdollistamalla energiansäästöllä. Esi-Ilmastuksessa oli aikaisemmin käytetty kahta erikokoista kompressoria, joista suurempi tuotti optimihyötysuhteellaan liikaa ilmaa prosessin hapenkulutukseen nähden ja vastaavasti pienempi liian vähän. Näiden ajaminen yhdessä ei myöskään ollut energiatehokasta, sillä yhdellä kompressorilla voidaan ajaa yhtäjaksoisesti tasaisemmin verrattuna kahteen kompressoriin, joiden yhteiskäytössä tarvitaan enemmän käynnistyksiä ja pysäytyksiä.

Ilmastimet

Ilmastintyyppillä sekä käytössä olevien ilmastimien kunnolla on keskeinen vaikutus ilmastuksen tehokkuuteen ja energiankulutukseen.

Huolla ja puhdistusta

Ilmastuksen toimivuuden ja energiatehokkuuden kannalta on erityisen tärkeää puhdistaa ja huoltaa ilmastimet säännöllisesti.

Lisää ilmastintiheyttä

Ilmastuksen energiatehokkuutta voi tehostaa myös lisäämällä ilmastintiheyttä asentamalla huoltojen yhteydessä lisää ilmastimia altaan alkupäähän, missä kuorma on korkein. Tällöin yhden ilmastimen syöttämä ilmamäärä pienenee, jolloin hapensiirto-tehokkuus paranee.

Optimoi allassyvyys

Allassyvyys vaikuttaa myös ilmastuksen ja hapensiirron tehokkuuteen. Syvässä 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 veteen. Altaiden syvyys tulee huomioida ilmastimia hankittaessa. Altaiden syvyyttä voidaan lisätä esimerkiksi saneerausten yhteydessä, mikäli vaikeat pohjaolosuhteet ym. tekijät eivät ole esteenä.

Ohjaustavalla on väliä

Laitoksilla on erilaisia tapoja ohjata ilmastuksen tavoitehappipitoisuutta riippuen puhdistus-prosessista, automatiikasta ja instrumentoinnista.

Yleisin ratkaisu on, että kompressorit pitävät yllä vakiopainetta painetukissa ja säätöventtiilit ylläpitävät tavoitehappipitoisuutta ilmastus-altaissa. Säätöventtiilin kanssa samassa piirissä on yleensä happimittaus ja usein myös ilmamäärämittaus.

Uudemmissa ratkaisuissa hapen tavoitearvo muuttuu ammoniumtyypimittauksen perusteella. Puhdistamoilla, joilla on otettu käyttöön lähtevän veden ammoniumtyypipitoisuuteen perustuva ohjaus, on havaittu säästöjä ilmastuksen energiankulutuksessa verrattuna vakiona säilyvään tavoitehappipitoisuuteen.



Ilmastuksen ja energiankulutuksen kannalta merkittävimmät laitteet ovat kompressorit ja niiden moottorit sekä ilmastimet. Laitteistovalinnat ja niiden kunto vaikuttavat oleellisesti ilmastuksen energiatehokkuuteen.

Instrumentointi

Sijoita oikein, huolla ja kalibroi säännöllisesti

- Väärin sijoitettu ja huoltamaton instrumentointi tuottaa väärää tietoa, lisää energiankulutusta ja vaarantaa puhdistustuloksen.
- Kattava, oikein sijoitettu, huollettu ja kalibroitu instrumentointi auttaa keräämään tärkeää tietoa prosessin toiminnasta ja optimoimaan esim. kompressorien toimintaa.
- Tärkeitä huomioitavia asioita sijoittelun kannalta ovat mittauspisteen edustavuus ja laitteiden huollettavuus. Instrumentoinnin sijoittaminen riippuu laitoksen ja prosessin tyypistä.

Esimerkiksi ilmastusaltaassa, joka on jaettu useampaan lohkoon, erilliset happimittarit voi sijoittaa jokaiseen lohkoon ja ammoniumtyypimittaus ensimmäiseen ja viimeiseen ilmastettuun lohkoon. Ilmastuksen seurannan kannalta merkittävimpiä mittauksia ovat mm. ilmamäärä-, happi- ja tyypimittaukset.

Venttiilit

Satsaa säädettävyyteen ja seuraa venttiilien toimintaa

- Ilmastusprosessin olennainen osa on kompressoreilla tuotettavan ilman johtaminen prosessin eri vaiheisiin.
- Tähän tarkoitukseen käytetään säätöventtiileitä, joiden toimintaa ohjataan ohjaustavan mukaisesti mittausten avulla. Näin varmistetaan juuri oikeat ilmamäärät prosessin eri vaiheissa.
- Oikeanlainen venttiilivalinta vaikuttaa sekä prosessin parempaan toimintaan että ilmastuksen energiatehokkuuteen. Jätevedenpuhdistamoilla on yleisesti käytössä läppäsäätöventtiileitä, mutta esim. pallokalottisäätöventtiilillä päästäisiin parempaan säädettävyyteen.
- Venttiilien toiminnan seuraaminen on myös tärkeää, sillä merkittävä venttiilien heiluminen tai epätyypilliset asennot voivat viitata häiriöön ilmastuksen ohjaustavassa tai prosessissa.

Oikeanlaiset mittaukset, laitevalinnat ja niiden tarkoituksenmukainen sijoittelu sekä säännöllinen kunnossapito mahdollistavat prosessin seuraamisen ja energiatehokkuuden.



ENERGIATEHOKAS ILMASTUS

Muista nämä!

Ilmastuksen energiankulutukseen vaikuttavat

- **tekijät:** hapentarve, ilmantarve ja ilman syöttöön kuluva energia.
- **keskeiset laitteet:** kompressorit ja niiden moottorit sekä ilmastimet.

OPTIMOI HAPEN- JA ILMANTARVE JA ILMANSYÖTTÖÖN KÄYTETTÄVIEN KOMPRESSOREIDEN & MOOTTOREIDEN ENERGIANKÄYTTÖ

Kompressorit

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

Ilmastimet

- Huolla ja puhdista.
- Lisää ilmastintiheyttä.
- Huomioi allassyvyys.
- Hyödynnä ohjaustavalla saatavat säästöt.

Instrumentointi

- Varmista riittävä kattavuus.
- Sijoita oikein.
- Huolla ja kalibroi säännöllisesti.
- Huolehdi mittareiden kunnosta, jotta et ylimitä ilmastusta.

Venttiilit

- Satsaa säädettävyyteen.
- Seuraa venttiilien toimintaa.



Motiva on tuottanut aineiston osana **Energiatehokas vesihuoltolaitos** -hanketta (2016-2018), jossa on laadittu erilaisia käytännönläheisiä esimerkkejä ja ohjeita vesihuoltolaitoksen energiatehokkuutta edistävistä toimista ja ratkaisuista.

Hankkeeseen osallistuvat Vesilaitosyhdistys, HSY, Hämeenkyrön kunnan vesihuoltolaitos, Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy, Kuopion Vesi, Kurikan Vesihuolto Oy, Lahti Aqua Oy, Lempäälän Vesi, Nokian Vesi Oy, Oulun Vesi, Turun seudun puhdistamo Oy, Turun Vesiliikelaitos, Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä, Vaasan Vesi, Vihdin Vesi, ABB Oy, Flowplus Oy, Hyxo Oy, Oilon Oy ja SKS Control Oy.

Hanketta rahoittavat Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto, Energiavirasto sekä hankkeeseen osallistuvat laite-, palvelu- ja järjestelmätoimittajat.

www.motiva.fi/vesihuoltolaitos