



Pumppujen hankintaopas

11/2020

Kuva: Istoco

Pumppujen hankintaopas

Ei julkaista painot tuotteena

Pumppujen hankintaopas

Motiva Oy

Copyright Motiva Oy, Helsinki, 11/2020

Esipuhe

Tässä oppaassa ohjeistetaan energiatehokkaiden pumppujen hankintaa. Opas on suunnattu teollisuuden ja kiinteistösektorin pumppujen hankinnasta vastaaville henkilöille. Sitä voidaan käyttää yritysten korvaus- ja uusintainvestointien hankintaohjeiden päivittämiseen, jotta niissä huomioitaisiin hankintojen energiatehokkuus ja elinkaarikustannukset. Oppaassa annetut suositukset perustuvat kirjallisuuteen sekä konsulttien, laiteoimittajien ja käyttäjien kokemuksiin.

Pumppujen hankinta voi lähteä liikkeelle uudisrakentamisen tarpeista tai vanhojen pumpauskohteiden korvaus- tai huoltotarpeesta. Oppaassa kuvataan tärkeimmät hankintaprosessin vaiheet huomioimalla erityisesti energiatehokkuuden näkökulma. Pumppujen hankintaprosessi voi hankkijasta ja kohteesta riippuen olla hyvin moninainen ja vaihteleva. Pienessä mittakaavassa se voi tarkoittaa vanhan pumpun korvaamista samanlaisella suoraan hyllystä löytyvällä pumpulla. Toisaalta se voi tarkoittaa suurten pumppujen tai kokonaisten pumppaamojen hankintaprosessia, jossa turvaudutaan ulkopuolisiin asiantuntijoihin suunnittelussa, hankinnassa, asennuksessa ja käyttöönotossa.

Oppaan tarkoituksena on, että käyttöön saadaan sellaista hankintoihin liittyvää tietoutta, jonka avulla tulevat pumppuvalinnat johtavat pidentyneeseen laitteiden kestoikään ja pienempään sähkönkulutukseen. Pumppujen elinkaarikustannuksista merkittävä osa syntyy käytön aikana, joten pumppausjärjestelmän energiatehokkuudella on todella merkitystä. Oppaan lopussa annetaan suosituksia pumppujen ja järjestelmän vaatimasta kunnossapidosta ja kunnossapitotoimien vaikutuksesta pumppujen käyttöön, elinikään ja energiankulutukseen.

Oppaan on toteuttanut Elomatic Oy Motiva Oy:n tilauksesta. Opas on osa Motivan ja yritysten yhteisen Energiatehokkaat sähkökäytöt-hankkeen tulost materiaaleja. Hankkeen tulosten avulla tuetaan energiatehokkuussopimuksen toimeenpanoa. Hankkeessa olivat mukana Ahlstrom-Munksjö Glassfibre Oyj, Metsä Board Oyj, Sinebrychoff Supply Company Oy, ABB Oy, Koja Oy ja Sulzer Pumps Finland Oy. Hanketta rahoittivat Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry, Energiavirasto sekä hankkeeseen osallistuneet yritykset.

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Sisällysluettelo	4
1 Pumppausjärjestelmät	6
1.1 Pumpputyypit	6
1.2 Pumppujen säätötavat	7
1.3 Pumpun ominaiskäyrät	9
1.4 Pumppujen rinnan- ja sarjaankytkentä	10
1.5 Ecodesign-vaatimukset	12
1.6 Pumpun tehontarve	12
1.7 Pumppausjärjestelmän energiankulutus	13
2 Hankinnan valmistelu	16
3 Hankinta	19
3.1 Tarjouspyyntö	19
3.2 Tarjous	20
3.3 Tarjousten käsittely	20
3.4 Tarjousten vertailu ja pumppujen valinta	21
4 Hankinnan jälkeen	23
4.1 Vastaanottotarkastus	23
4.2 Takuu aika	23
4.3 Laitteiston käyttöönotto ja seuranta	24
4.4 Käytönaikainen kunnossapito	24
Lähteet	26

Liitteet:

LIITE A. Esimerkki tarjouspyynnön teknisistä vaatimuksista

LIITE B. Pumppujen tarjousten esimerkivertailu

LIITE C. Energiatehokkaiden pumppujen hankinta

Käsitteet ja lyhenteet

Käsite	Selitys
Elinkaarikustannus	Laitteiston elinkaaren aikana syntyneet kustannukset sisältäen mm. valmistuksen, investoinnin, energian, työkalut, huollot, laitteen hävittämisen jne.
Energiatehokkuus	Tuotannon tai tuloksen suhde käytettyyn energiaan.
Hankinta	Prosessi, jonka tarkoituksena on saada tuotantolaitte yrityksen käyttöön. Hankinta alkaa ideasta hankkia laite ja päättyy takuuajana havaittujen virheiden asianmukaiseen korjaukseen.
Moottorin hyötysuhde	Moottorin akselilta saadun tehon suhde verkosta otettuun sähkötehoon.
Pumpun hyötysuhde	Pumpun nesteeseen siirtämän tehon suhde pumpun akselitehoon.
Kavitaatio	Ilmiö, jossa neste alkaa kiehua paineen laskun johdosta.
Net Positive Suction Head (NPSH)	Pumpun imupuolella tarvittava minimipaine kavitaation välttämiseksi.
mvp	metri vesipatsasta
Energy Efficiency Index (EEI)	Ns. märkätuotantopumppujen” tehokkuusindeksi / -luokitus
Minimum Efficiency Index (MEI)	Kuivamoottoristen kiertovesi- ja paineenkorotuspumppujen tehokkuusindeksi.

Muunnokset:

1 mvp = 9,81 kPa

1 kPa = 0,102 mvp

1 Pumppausjärjestelmät

Pumppuja hankitaan tuotantolaitosten prosesseihin ja käyttöhyödykejärjestelmiin sekä kiinteistöjen eri järjestelmiin. Hankinnat voivat olla uusinvestointeja tai korvaavia investointeja vanhojen laitteiden uusimiseksi.

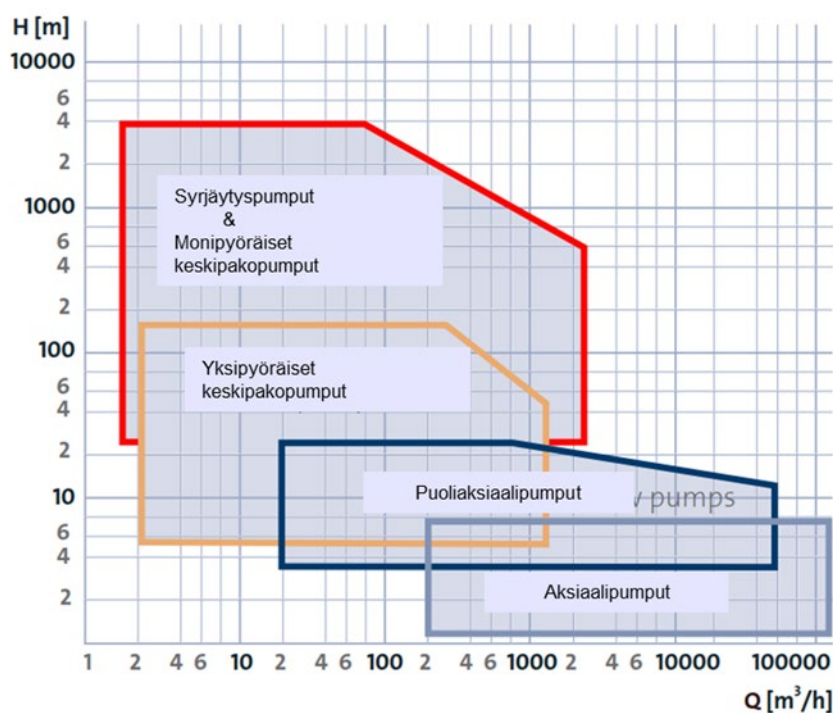
Pelkästään pumppausjärjestelmien energiankulutuksen arvioidaan olevan noin 20 % koko maailman sähkönkulutuksesta ja energiansäästöpotentiaalin keskimäärin 30 %, joten säästöpotentiaali energiatehokkaalla pumppauksella on valtava. Usein heikkoon hyötysuhteeseen vaikuttaa eniten järjestelmän mitoituksen epäonnistuminen.

Pumppujen hankinnan yhteydessä tehdään kauaskantoisia päätöksiä sekä pumppujen että järjestelmien energiatehokkuudesta ja energiankulutuksesta. Tämän takia on erityisen tärkeää valmistella hankinnat huolella.

1.1 Pumpputyypit

Teollisuuden prosesseissa vaatimukset esimerkiksi pumpun nostokorkeudelle ja tilavuusvirralle voivat olla hyvin vaihtelevia. Tästä syystä eri tarkoituksiin onkin olemassa erilaisia pumpputyyppejä. Tyypillisiä pumpputyyppejä ovat keskipakopumput ja syrjäytyspumput. Keskipakopumppujen päätyyppejä ovat sekoitusvirtaus- ja aksiaalityypiset pumput. Syrjäytyspumppujen päätyypit ovat kierrätyspumput sekä edestakaisin liikkuvat ja avoimet pumput.

Alla olevassa kuvassa 1 on esitetty eri pumpputyypien tyypilliset toiminta-alueet tilavuusvirran ja nostokorkeuden suhteen.



Kuva 1. Pumpputyypin toiminta-alue tilavuusvirran ja nostokorkeuden suhteen¹.

- Valitse oikea pumpputyyppi

1.2 Pumppujen säätötavat

Pumppujen säätöön käytettävät pääasialliset säätötavat ovat

- Kuristussäätö
- On-off-säätö
- Ohitusvirtaussäätö eli takaisinkieritys
- Kierroslukusäätö taajuusmuuttajalla tai nestekytkimellä

Kuristussäätö on ollut perinteisesti yleisin pumppujen säätötapa. Kuristussäädössä virtausta rajoitetaan venttiilillä kasvattaen painehäviötä, jolloin saadaan säädettyä tilavuusvirtaa. Painehäviön kasvattaminen kuristamalla lisää pumppauksen häviöitä, minkä takia kuristussäätö ei ole energiatehokas säätötapa.

Kuristussäätöä on myös tilanne, jossa pumppuja ajetaan asetetulla nostokorkeudella ottamatta ohjaukseen mukaan painesignaalia prosessista. Tällöin verkossa on tavallisesti turhan korkea painetaso ja painetta joudutaan kuristamaan kulutuspiirissä.

¹ Grundfos, verkko-opetusmateriaalit, <https://fi.grundfos.com/>

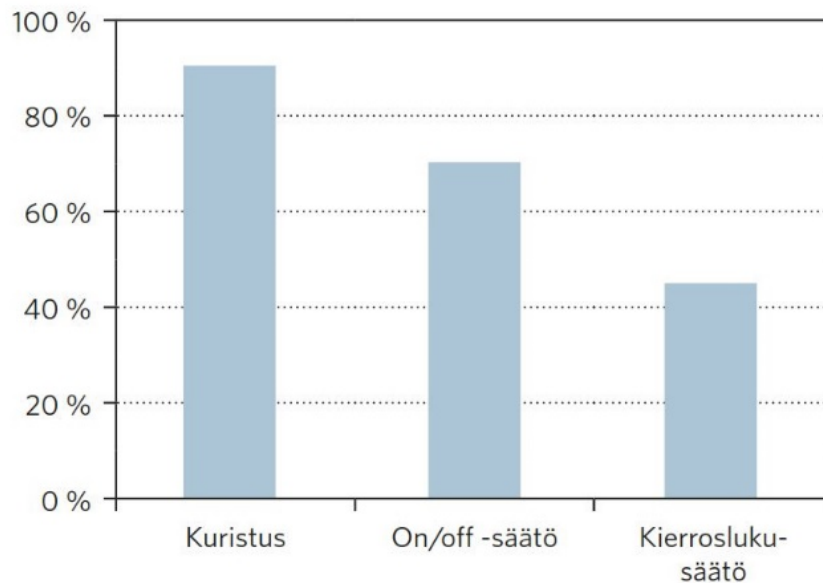
On-off-säädössä pumppua käytetään jaksoittain järjestelmissä, joissa pumpun portaaton säätö ei ole tarpeen. On-off-säädöllä voidaan pitää esimerkiksi paine tai pinta säiliössä haluttujen rajojen sisällä.

Ohitusvirtaussäädössä johdetaan osa virtauksesta pumpun painepuolelta takaisin imupuolelle. Ohitusvirtaussäätö on epätaloudellista, koska tällöin pumppu kierrättää nestettä edestakaisin ja pumpun teho muuttuu osittain suoraan häviöiksi.

Pumpun pyörimisnopeuden säädössä (=kierroslukusäätö) muutetaan nimen mukaisesti pumpun pyörimisnopeutta, jolloin pumppu saadaan toimimaan uusilla toiminta-arvoilla lisäämättä merkittävästi pumppauksen häviöitä. Pyörimisnopeussäätö voidaan toteuttaa taajuusmuuttajalla (invertteri) tai nestekytkimellä (hydraulikytkin). Pyörimisnopeutta säätämällä päästään energiatehokkaisiin pumppausratkaisuihin. Kierroslukusäätöisen pumpun hyötysuhde pysyy korkeana, kun kierrosluvut ovat lähellä mitoituspistettä. Kun toimintapiste siirtyy kierrosluvun muuttuessa kauemmaksi mitoituspisteestä, huononee pumppauksen hyötysuhde.

Taajuusmuuttajat ovat nykyisin ensisijainen keino pyörimisnopeussäätöön. Taajuusmuuttajalla voidaan muuttaa syötettävän sähkövirran taajuutta, jolloin pystytään vaikuttamaan pumpun sähkömoottorin pyörimisnopeuteen ja siten myös pumpun pyörimisnopeuteen. Nestekytкимиä on käytetty pumppauksessa pääosin suuremmissa teholuokissa ja niitä on käytössä vieläkin monissa laitoksissa. Pumppausyksikkö on nestekytkimellä taajuusmuuttajaa monimutkaisempi ja sen kunnossapitokustannukset ovat suuremmat. Nestekytkintä ei myöskään voida ajaa ylikerroksilla kuten taajuusmuuttajaa. Toisaalta nestekytkin ei ole yhtä herkkä muusta ohjaustekniikasta tuleville häiriöille kuin taajuusmuuttaja, jossa häiriöt esim. piirikortitekniikassa voivat pysäyttää koko pumppauksen pidemmäksi aikaa. Esim. prosessiteollisuudessa, jossa pumpun toimintavarmuusvaatimukset ovat korkealla prosessin luonteen vuoksi, nestekytкимиä on edelleen käytössä. Taajuusmuuttajasäätöä suositetaan sen paremman hyötysuhteen vuoksi. Etenkin kohteissa, joissa pumpun säätöalue on laaja, on taajuusmuuttaja nestekytkintä energiatehokkaampi.

Pumpun kuluttamaan energiaan voidaan vaikuttaa merkittävästi valittaessa pumpun säätötapa. Kuvassa 2 on esitetty pumpun kuluttama energia, kun virtausta on rajoitettu 30 % eri säätötavoilla. Kuristussäädöllä pumppu kuluttaa 90 % täyden tilavuusvirran kulutuksesta, kun kierroslukusäädetty pumppu kuluttaa vain 45 % täyden tilavuusvirran kulutuksesta.



Kuva 1. Pumpun säätötavan vaikutus verrattuna täyden tilavuusvirran energiankulutukseen².

On-off-säädöllä päästään kuristussäätöä pienempään energiankulutukseen, koska pumppua käytetään lähellä pumpun parasta hyötysuhdealuetta (100 % tilavuusvirta) lyhyissä jaksoissa. Tämä säätötapa saattaa kuitenkin rasittaa pumppua tarpeettomasti. Tämä on yleinen säätötapa, kun pumppausjärjestelmässä on käytössä tasaussäiliö tai varaaja. Tällaisissa tapauksissa pumpun moottorille kannattaa tarkastella pehmökäynnistimien investointimahdollisuus ja verrata sitä mahdolliseen taajuusmuuttajainvestointiin. Pehmökäynnistimillä saadaan leikattua virtapiikkiä käynnistysten yhteydessä ja siten säästää moottorin ja pumpun rakenteita.

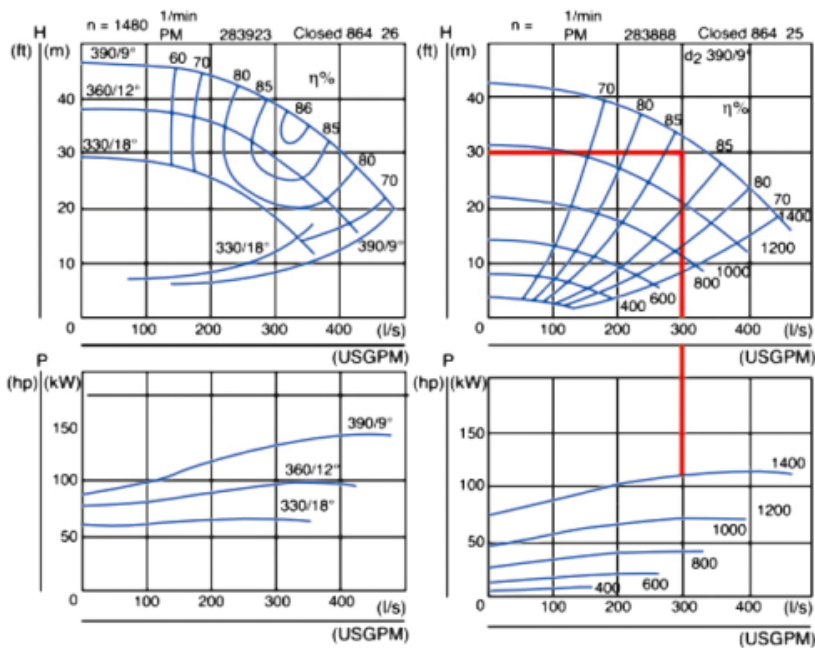
- **Suosi kierroslukusäätöä**

1.3 Pumpun ominaiskäyrät

Pumput tulee mitoittaa siten, että ne toimivat prosessin kannalta parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Käytettäessä pumppua vakiopyörimisnopeudella riippuvat nostokorkeus, tehontarve, hyötysuhde ja tarvittava imukorkeus tilavuusvirrasta. Keskipakopumpun nostokorkeus vaki-nopeudella pienenee tilavuusvirran kasvaessa. Nämä muuttujat ja niiden suhde, eli pumpun toiminta prosessissa, esitetään pumpun ominaiskäyrässä. Pumpun toimintapiste määrittää pumpun ideaaliset toiminta-arvot, joilla pumpun tehokkuus on maksimissaan.

Kuvassa 3 on esitetty tyypillisiä pumppujen ominaiskäyriä. Vasemmanpuoleiset kuvat esit-tävät pumpun ominaiskäyrää kolmella eri juoksupyörän koolla. Oikeanpuoleiset taas kuvaavat pumpun ominaiskäyrää kuudella eri pyörimisnopeudella.

² Comparison of 4 Different Flow Control Methods Of Pumps. Electrical Engineering Portal. <https://electrical-engineering-portal.com/comparison-of-4-different-flow-control-methods-of-pumps>



Kuva 2. Pumpun ominaiskäyrien malli³.

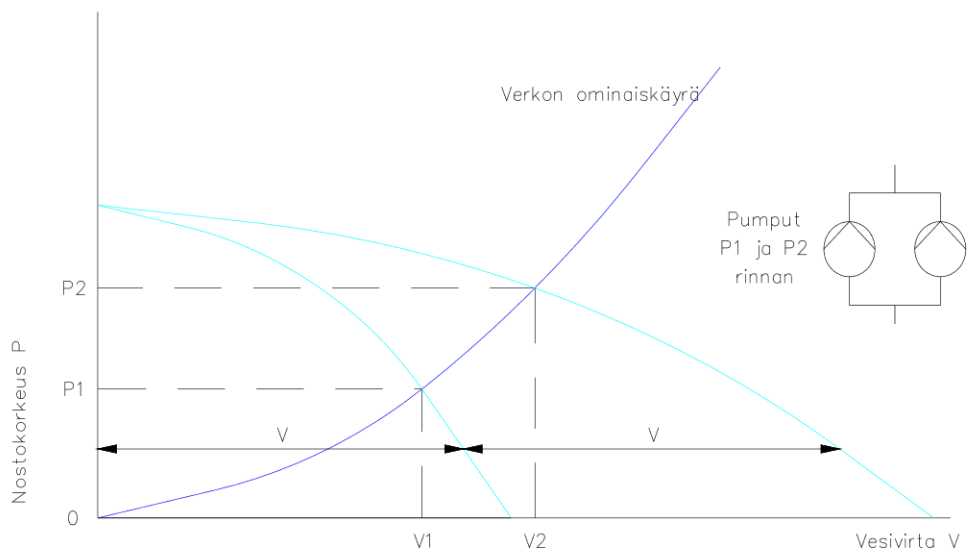
Kun tiedetään tilavuusvirta ja nostokorkeus, jolla pumpppua tullaan käyttämään, nähdään ominaiskäyrästä pumpun hyötysuhde. Esimerkiksi kuvassa 3 on punaisella merkitty pumpun toiminta 300 l/s tilavuusvirralla ja 30 m nostokorkeudella. Tällöin pumpun hyötysuhde on ominaiskäyrän mukaan noin 85 %.

1.4 Pumppujen rinnan- ja sarjaankytkentä

Pumput toimivat parhaiten lähellä mitoituspistettä. Pyörimisnopeussäädetyillä pumpuilla optimaalinen alue on kohtuullisen laaja, mutta pienillä pyörimisnopeuksilla pumppauksen hyötysuhde alkaa laskea. Kytkemällä pumput rinnan tai sarjaan, saadaan pumput toimimaan paremmin optimaalialueella järjestelmissä, joissa tarvittava tilavuusvirta tai nostokorkeus vaihtelee suuresti. Kuvissa 4 ja 5 on esitetty rinnan- ja sarjaankytkennän vaikutus pumppujen toimintaan.

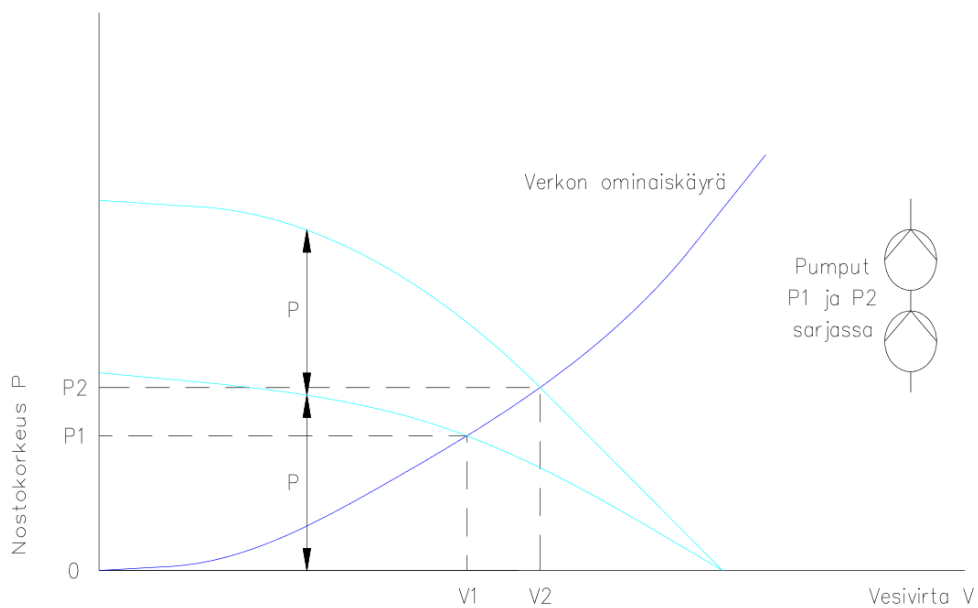
Rinnan kytketyillä pumpuilla nostokorkeus säilyy samana kuin yksittäisessä pumpussa, mutta tilavuusvirraksi tulee molempien pumppujen nostokorkeutta vastaavat tilavuusvirrat yhteenlaskettuna.

³ Energiateollisuus. Kaukolämpöverkon pumppausjärjestelyt. Suositus L10/2011. https://energia.fi/files/673/SuositusL10_2011_Pumppaus.pdf



Kuva 3. Pumppujen rinnankytkennän vaikutus tilavuusvirtaan ja nostokorkeuteen⁴.

Sarjaan kytketyt pumput ovat samassa linjassa peräkkäin, jolloin neste kulkee edellisen pumpun painepuolelta seuraavan imupuolelle. Sarjaan kytketyissä pumpuissa tuottoa vastaavat nostokorkeudet lasketaan yhteen eli tarvittava nostokorkeus jaetaan useamman pumpun osalle.



Kuva 4. Pumppujen sarjaankytkennän vaikutus tilavuusvirtaan ja nostokorkeuteen⁵.

- Valitse oikea kytkentätapa

⁴ Energiateollisuus. Kaukolämpöverkon pumppausjärjestelyt. Suositus L10/2011. https://energia.fi/files/673/SuositusL10_2011_Pumppaus.pdf

⁵ Ks. alaviite ⁴

1.5 Ecodesign-vaatimukset

Akselitiivisteettömille kiertovesipumpuille, joissa pumpattava neste on kosketuksissa moottorin kanssa, on olemassa oma energiatehokkuusluokitus, EEI-indeksi. Tälle on määritelty vähimmäisvaatimukset. Mitä pienempi EEI-indeksi on, sitä parempi on sen energiatehokkuus. Elokuusta 2015 alkaen EEI-indeksin vaatimuksena on ollut vähintään taso 0.23 ($EEI \leq 0.23$). Tavoiteltavana (Benchmark) tasona pidetään arvoa $EEI=0.2$.

EEI-indeksin määrittelyä seuraavasti:

- EEI-indeksin arvo on myytävän pumpun keskimääräisen ottotehon ja markkinoilla vallitsevien mallien tyypillisen ottotehon suhde.
- Vertailupisteenä pidetään vuoden 2002 vastaavien pumppujen keskimääräistä tehoa, joille $EEI=1$.
- Asetus koskee ”märkävesipumppuja” teholuokassa 1- 2500 W. Käyttökohteet näille pumppuille ovat lämmitys- ja jäähdytyspiirit.

Kuivamoottoristen kiertovesi- ja paineenkorotuspumppujen energiatehokkuutta mitataan MEI-indeksin perusteella (Minimum Efficiency Index). Mitä korkeampi MEI-luku on, sitä energiatehokkaampi pumppu on. Referenssinä toimivat pumput, jotka kuuluvat hyötysuhteeltaan parhaimpaan kolmannekseen (MEI-arvo on vähintään 0.7) MEI-arvo lasketaan parhaimman hydraullisen hyötysuhdepisteen mukaisesti, käyttäen 75 %, 100 % ja 110 % virtaaman toimintapistettä suhteessa parhaimman hyötysuhteen pisteeseen.

- 1.1.2015 alkaen vaatimus MEI-arvolle on ollut vähintään 0.4. Tämä tarkoittaa, että 40 % heikoimman hyötysuhteen pumppuista poistui markkinoilta tai niiden hyötysuhdetta joudutaan parantamaan.
- Mikäli pumpun hyötysuhdeindeksi on alle vaatimustason (0.4), sitä ei voida CE-merkintä.
- **Huomioi Ecodesign-vaatimukset**

1.6 Pumpun tehontarve

Alla olevassa yhtälössä on esitetty pumpun tarvitseman tehon laskenta, josta käy ilmi mitkä tekijät vaikuttavat pumpun tarvitseman tehoon:

$$P_2 = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_p} \text{ tai } P_2 = \frac{Q \cdot \Delta p}{\eta_p}$$

Jossa	P_2	Pumpun akseliteho [W]
	ρ	Pumpattavan nesteen tiheys [kg/m^3]
	g	Putoamiskiihtyvyyden vakio 9,81 m/s^2 [m/s^2]
	Q	Tilavuusvirta [m^3/s]
	H	Nostokorkeus [m]

η_p	Pumpun hyötysuhde [%]
Δp	Paine-ero pumpun yli [Pa]

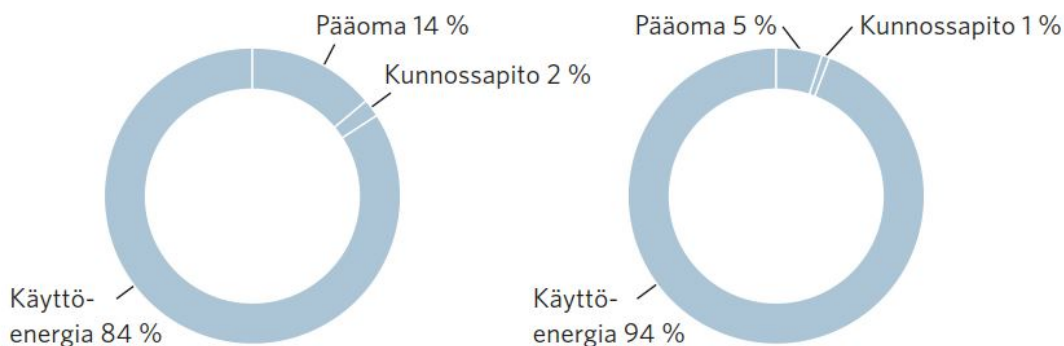
Pumpun ottama sähköteho määräytyy yhtälöstä:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_m \cdot \eta_s}$$

Jossa	P_1	Pumpun ottama sähköteho [W]
	P_2	Pumpun akseliteho [W]
	η_m	Sähkömoottorin hyötysuhde [%]
	η_s	Säädön hyötysuhde [%]

1.7 Pumppausjärjestelmän energiankulutus

Pumppausjärjestelmän elinkaarikustannuksista noin 85 – 95 % syntyy käyttökustannuksista. Pumppausjärjestelmän hyötysuhteen merkitystä ei siis voi liikaa korostaa. Kuvassa 6 on esitetty kahden erikokoisen pumpun elinikäisten kustannusten jakautuminen.



Kuva 6. Keskipakopumpun elinikäiset kustannukset pumpun ja moottorin investoinnille, pumppujen tehot ovat 16 kW (vas.) ja 238 kW (oik.)

Pumppausjärjestelmien häviöihin vaikutetaan eri osa-alueilla ja erään tutkimuksen mukaan nämä voidaan jaotella taulukon 1 mukaisesti. Tämän mukaan putkiston vaikutukset häviöihin ja sitä kautta pumppauksen energiankulutukseen ovat merkittävimmät. Itse pumpun osuus häviöihin on toiseksi suurin tekijä. Tämä tutkimus oli tehty taajuusmuuttajakäyttöisille pumppausjärjestelmälle, jossa energiatehokas säätötapa oli jo huomioitu.

Taulukko 1. Pumppausjärjestelmän hyötysuhteeseen vaikuttavat tekijät⁶.

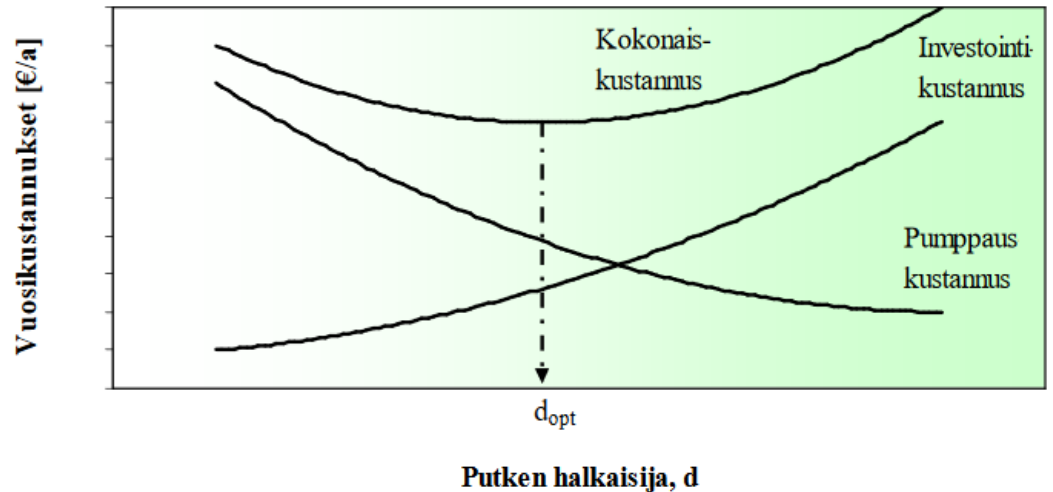
Pumppausjärjestelmän komponentti	Hyötysuhde [%]	Häviöt [%]
Putkiverkosto	50-60	40-50
Pumput	85-90	10-15
Moottorit	>90	<10
Taajuusmuuttajat	95-98	2-5
Taajuusmuuttajan kaapeloinnit	~98	~2
Kytkenät	~99	~1
Muuntajat	~99	~1

Koska putkiston vaikutus häviöihin on niin suuri, häviöt tulee minimoida. Putkiston häviöihin voidaan vaikuttaa pääasiassa suunnittelu- ja rakennusvaiheessa sekä korjausten yhteydessä. Putkistojen tarkastelu on kriittistä, etenkin, jos pumppauksen kapasiteettia nostetaan uusinnan yhteydessä. Pahimmillaan tämän tarkastelun ohittaminen voi johtaa suurin energiahäviöihin ja pumppausjärjestelmän toimimattomuuteen uuden toiminta-alueen ääripisteessä.

Paras tapa säästää pumppauskustannuksissa on pitää pumppujen nostokorkeus mahdollisimman pienenä. Pumppujen tarvitsemaan nostokorkeuteen voidaan vaikuttaa

- putkiston painehäviöitä pienentämällä
 - Putkiston painehäviöt voidaan minimoida optimoimalla putkiston mitoitus. Väljä putkiston mitoitus vähentää pumppauskustannuksia, mutta kasvattaa putkiston investointikustannuksia. Tiukaksi mitoitettulla putkistolla taas säästetään putkistoinvestoinnissa, mutta kasvatetaan pumppauskustannuksia. Tämän takia putkistoa ei tulisi mitoittaa ilman pumppauskustannusten huomioimista. Mikäli pumppausjärjestelmä putkistoinen ei ole energiatehokas, ei pelkällä pumpun valinnalla saada pumppausjärjestelmää energiatehokkaaksi. Kuvan 7 mukaisesti putkistokokoa valittaessa taloudellisesti paras putkikoko (d_{opt}) on se, jolla vuosittaisten pumppaus- ja investointikustannusten summa on pienin.

⁶ Arun Shankar et al., A comprehensive review on energy efficiency enhancement initiatives in centrifugal pumping system, Applied Energy, 20165. UK GUIDE to the Procurement of Rotodynamic Pumps, Pumps procurement guide V4/25 July 2006 /DTR



Kuva 5. Putkikoon valinta pumppaus- ja investointikustannusten perusteella⁷.

- jakamalla pumppausta pienemmille apupumpuille
 - Koko pumppaussysteemin energiankäyttöä voidaan vähentää ottamalla käyttöön pienet apupumput. Apupumput voivat tuottaa korkeapaineisempaa virtausta sitä tarvitseville loppukäyttäjille, jolloin ne mahdollistavat muun prosessin painetason alentamisen.
- säätämällä pumppausta energiatehokkaasti
 - Pumppausjärjestelmien säätötavaksi tulee aina suosia taajuusmuuttajasäätöä, mikäli jokin painava syy ei sitä estä.
- muuttamalla prosesseja mahdollisuuksien mukaan.
 - Joissain tapauksissa järjestelmässä voi olla esimerkiksi tarpeetonta nesteen takaisinkierrätystä, jolloin sama neste kulkee tarpeettomasti useaan kertaan pumpun läpi. Tällaisissa tapauksissa tulee tarkastella keinoja, joilla takaisinkiertoa saataisiin vähennettyä. Mikäli tarvittavan virtauksen tarve vaihtelee suuresti, voi puskurisäiliön rakentaminen pumppausjärjestelmään olla mielekästä. Mikäli pumpuilla siirretään lämpöä kuljettavaa nestettä, voidaan virtausta pienentää parantamalla jäähdytystä lämmön kulutuspaässä. Myös menoveden tarpeellinen lämpötila tulee tarkistaa.

⁷ Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Pumppuja hankittaessa on ensiarvoisen tärkeää ottaa huomioon koko pumppausjärjestelmä kokonaisuutena. Pumpun ominaisuudet, kuten käyttövoima, energiatehokkuus ja materiaalivalinnat ovat vain yksi osa koko pumppausjärjestelmän energiatehokkuutta, joten pumppaus on syytä analysoida aina yhdessä koko pumppausjärjestelmän kanssa. Uusissa järjestelmissä päästään vaikuttamaan parhaiten koko pumppausjärjestelmään ennen pumppujen valintaa, mutta myös olemassa olevan järjestelmän korvaavaa pumppua hankittaessa tulisi kiinnittää huomiota koko pumppausjärjestelmän energiatehokkuuteen.

- **Huomioi koko järjestelmän energiatehokkuus jo hankinnan valmistelussa**

Pumpun hankintaa valmisteltaessa on tärkeää määritellä pumpun käyttötapa. Pumpun kytkentä ja säätötapa valitaan vastaamaan tarvetta. Tarvittaessa pumppuja voidaan kytkeä rinnan tai sarjaan keskenään. Rinnan kytketyt pumput toimivat myös toistensa varapumppuina, jonka takia tärkeissä pumppauskohteissa on usein kaksi rinnakkaista pumppua, jotka toimivat tarvittaessa myös toistensa varapumppuina. Molemmat pumput voivat olla jopa mitoitettu täydelle pumppaustarpeelle, jolloin toisen pumpun vikaantumisella ei ole vaikutusta pumppauksen toimintaan. Taajuusmuuttajasäädön käyttöön tulisi aina pyrkiä, elleivät jotkin syyt perustele muuta säätötapaa.

- **Selvitä pumppujen säätötapa, kytkentä ja käyttötapa**

Pumpun valinnassa olennaisimpia asioita ovat tarvittava tilavuusvirta ja nostokorkeus sekä niiden vaihteluväli. Toimintapiste tulee valita mahdollisimman lähelle todellista, jotta pumppaus toimii mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella. Prosessi ei toimi alimitoitetulla pumpulla suunnitellusti, jonka takia pumppujen riittävä mitoitus tulee varmistaa. Ylimitoidetulla pumpulla prosessi saadaan toimimaan suunnitellusti, mutta pumppaus ei ole energiatehokasta. Jos kyseessä on olemassa olevan pumpun uusinta, niin dataa tallentava automaatiojärjestelmä on erinomainen apuväline pumpun toiminta-alueiden selvittämiseen. Jos automaatiossa ei ole tällaista ominaisuutta vielä, niin kannattaa sellaista harkita uuden pumpun osalta. Tämä helpottaa käytönaikaista kunnonvalvontaa ja energiatehokkuuden arviointia.

- **Määritä pumpun toiminta-alue eli tilavuusvirrat ja nostokorkeudet**
- **Hyödynnä automaatiojärjestelmää**

Pumppausjärjestelmää suunniteltaessa pitää tuntea koko järjestelmän toiminta-arvot ja perusteet kyseisiin toiminta-arvoihin. Pumppausjärjestelmä mitoitetaan koko järjestelmän toiminta-arvoja varten. Hyvin usein pumppu hankitaan perehtymättä pumppauksen todellisen tarpeen toiminta-arvoihin, jolloin pumppu hankitaan suurin varmuuksin ja pumpusta tulee ylimitoitettu. Ylimitoitettu pumppu ei toimi optimaalisella alueella, jolloin heikennetään pumppauksen

energiatehokkuutta merkittävästi. Ylimiöitus on tyypillisesti seuraus alimitoituksen välttämistä ja varmistamisesta. Tämän takia mitoituksessa tulee välttää moninkertaisia varmuuskertoimia.

- **Tunne prosessi**
- **Vältä moninkertaisia varmuuskertoimia ja ylimiöittamista**
- **Valitse oikean kokoinen ja tyyppinen moottori**

Pumpun mitoituksessa tulee ottaa huomioon todellisen käytön asettamat toimintarat. Jos nykyinen tuotantoaste poikkeaa tulevaisuuden mitoituskapasiteetista, ei pumppu eikä koko järjestelmä toimi parhaalla toiminta-alueellaan kuluttaen siten tarpeettomasti energiaa. Täten pumpun mitoituservoja valittaessa pitää tehdä valinta hankitaanko pumppu nykyisille toiminta-arvoille vai ennakoitaanko mitoituksessa tulevaisuuden arvoja. Vanhaa pumppua uusittaessa on aina selvitettävä, vastaako vanhan pumpun toiminta-alue sen alkuperäistä mitoitusta ja onko pumpputyypin kohteeseen sopiva. Mikäli huomataan, ettei vanha pumppu esimerkiksi toimi lähellä mitoituspistettä, voidaan uusi pumppu mitoitaa oikein ja parantaa siten pumppauksen energiatehokkuutta.

Pumpun uusinnan yhteydessä on hyvä tarkastella myös juoksupyörän muutosmahdollisuus. Mikäli toimintapiste on muuttunut alkuperäisestä mitoituspisteestä ja pumppu toimii pääosin heikolla hyötysuhteella, voi pumpun kunnostus ja juoksupyörän muutos olla riittävä toimenpide pumppauksen tehokkuuden nostamiseksi ja eliniän lisäämiseksi.

Prosessissa, jossa tarvittava virtausalue on suuri, pumppausprosessin mitoitaminen voi olla haastavaa. Jos pumppaus toteutetaan yhdellä suurella pumppulla, se toimii kaukana mitoituspisteestä virtauksen ollessa pieni ja siten johtaa heikkoon hyötysuhteeseen. Käyttämällä yhden suuren pumpun sijaan esimerkiksi kahta mitoituspisteen lähellä toimivaa pienempää pumppua, saadaan järjestelmästä energiatehokkaampi, mutta vastaavasti järjestelmän hankintakustannukset ovat suuremmat.

- **Selvitä tulevat prosessimuutokset**

Pumppuja hankittaessa tulee prosessin ja pumpun toimintaympäristön ominaisuudet ja vaatimukset selvittää mahdollisimman tarkasti. Esimerkiksi vuodenaikojen tai prosessin ajotavan vaihtelun aiheuttamat vaatimukset on tärkeä tiedostaa ja ilmoittaa pumpputoimittajalle. On myös tärkeää huomioida pumpun toimintaympäristö eli käyttöpaikka ja -lämpötilat sekä esimerkiksi tilan räjähdysvaarallisuusluokitus (ATEX). Tiedossa oleva putkiston painehäviö ja systeemin vastuskuvaaja helpottavat pumpun valintaa ja mitoitusta.

- **Määritä pumpun toimintaympäristö**

Koska pumpattavan nesteen ominaisuuksilla on suuri vaikutus pumpun rakenteeseen, on sen tarkka määrittäminen tärkeää kaikissa pumppaussovelluksissa. Tärkeimmät nesteen ominaisuudet, jotka vaikuttavat sekä pumpun toimintaan, että pumpputyypin valintaan ovat seuraavat:

- Mitoituslämpötila ja lämpötilan vaihteluväli
- Nesteen tiheys tai ominaistiheys, jolla on lähinnä vaikutusta pumpun ottaman tehoon

- Nesteen viskositeetti, joka vaikuttaa pumpun toimintaan ja pumpputyypin valintaan. Useimmat pumput eivät kykene käsittelemään korkeaviskoosisia nesteitä
- Nesteen höyrystyspaine ja -lämpötila, jotka vaikuttavat erityisesti pumpun imupuolen käyttäytymiseen
- Nesteen ominaislämpö ja lämmönjohtavuus, jotka vaikuttavat pumppauksen aikana syntyvän lämmön määrään
- Nestetyyppi, joka voi olla esimerkiksi puhdas (homogeeninen) neste, eri nesteitä sisältävä liuos (epähomogeeninen), kemiallisesti aktiivinen jne. Nestetyypillä voi olla suuri vaikutus käytettävään pumpputyypin, sen sisäiseen mekaniikkaan ja käytettäviin materiaaleihin.
- Kiinteitä ainesosia sisältävän nesteen (suspensio) partikkelikoko, joka vaikuttaa nesteen kuluttavuuteen ja pumpun rakenteeseen sekä materiaalivalintaan

Prosessiteollisuudessa pumpataan muun muassa nesteitä, jotka ovat korroosiota aiheuttavia, happamia/emäksisiä, myrkyllisiä, räjähdysherkkiä tai muuten erityishuomiota vaativia. Näiden nesteiden ominaisuuksien aiheuttamat vaatimukset erottavat ne yleisistä pumppaustapahtumista ja niillä on suuri vaikutus käytettävän rakennemateriaalin, rakenteen sisäisen mekaniikan ja tiivistetyypin valintaan.

- **Selvitä virtaavan aineen ominaisuudet ja materiaalivaatimukset**

Pumpun tai pumppausjärjestelmän hankinta alkaa pumpputoimittajalle lähetettävästä tarjouspyynnöstä. Tarjouspyynnöstä ilmenee hankittavan pumpun määrittely sekä pumppauskohteen liittyvät muut vaatimukset ja ominaispiirteet. Seuraavassa kappaleessa esitetään tarjouspyynnön vaatimuksia kohtuullisen isoille hankintakokonaisuuksille. Pienissä hankinnoissa voidaan tarjouspyyntöä yksinkertaistaa sopivilta osin. Tarjouspyynnön vaatimukset vaihtelevat tapauskohtaisesti, ja tässä esitetään vain tyypillisimmät huomioon otettavat seikat.

3.1 Tarjouspyyntö

Tarjouspyynnössä on hyvä mainita mahdollisimman tarkasti ja täsmällisesti pumpulta vaadittavat ominaisuudet sekä antaa pumpputoimittajalle riittävät lähtötiedot pumpun valintaa varten. Tarjouspyyntöön on hyvä sisällyttää ainakin seuraavat asiat:

- Pumppujen mitoitusperusteet
 - Käyttökohde
 - Mitoitustilanteen tilavuusvirta ja nostokorkeus
 - Tilavuusvirran ja nostokorkeuden toiminta-alue
 - Pumppujen säätötapa
 - Aiotavat; käynnistys, pysäytys ja muut poikkeavat käytöt
 - Pumppujen vertailupisteet
 - Energiatehokkuusvaatimukset
- Aineominaisuudet virtausaineelle:
 - tiheys
 - viskositeetti
 - pumpattavan aineen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, kuten syövyttävyys, likaavuus ja kiinteät partikkelit
 - kiehumispiste
 - lämpötilarajat
 - syttymis- ja räjähdysrajat palavilla aineilla
 - painerajat/vaatimukset.
- Käyttöympäristön tiedot:
 - putkisto, järjestelmän painehäviö ja vastuskuvaaja
 - imupaine vaihteluineen
 - vaadittava lähtöpaine
 - äänitekniset vaatimukset
 - asennuspaikan räjähdysvaarallisuusluokitus (ATEX)
 - muut erityisolosuhteet asennuspaikalla.
- Suunnittelussa käytettävät mitoituslämpötilat:
 - mitoitusulkolämpötila, esimerkiksi -28 °C
 - mitoitusulkolämpötila kesällä, esimerkiksi +30 °C
 - pumppaamon max. sisälämpötila, esimerkiksi +40 °C

- pumppaamon min. sisälämpötila, esimerkiksi +15 °C.
- Sähkölaitteet
 - Suojausluokka IP54 tms.
 - Käytettävä jännite
 - Vaatimukset sähkömoottorille, painota energiatehokkuutta
- Instrumentointi ja automaatiokytkennät
 - Automaatiojärjestelmään kytkettävien mittaus- ja säätölaitteiden ja tiedonsiirtoratkaisujen määrittely
 - Mikäli järjestelmän kunnonvalvonta halutaan liittää automaatiojärjestelmään, on tarvittavat anturoinnit ja vaatimukset hyvä ilmoittaa tarjouspyynnössä.
 - Tyypillisesti pumppausjärjestelmästä kannattaa mitata ja kerätä ainakin seuraavat mittaukset; sähköteho/-virta, pyörimisnopeus, virtaama ja paine. Nämä etenkin silloin, jos säätöpiiri rakennetaan automaatiojärjestelmään.

Liitteessä A on esitetty esimerkki tarjouspyynnön teknisistä vaatimuksista.

Teknisten vaatimusten määrittelyn lisäksi tarjouspyyntöön on hyvä sisällyttää hankinnan yleiset ja taloudelliset asiat sekä vaatimukset:

- Hintaerittely
- Maksuehdot
- Toimitustapa
- Toimitusaika
- Takuut
- Vakuudet
- Tarjousten vertailuperusteet
- Muut ehdot

3.2 Tarjous

Tarjouksen tulee vastata kaikkiin tilaajan tarjouspyynnössä esittämiin vaatimuksiin, minkä lisäksi tarjoukseen tulee sisältyä seuraavat tiedot:

- Tekniset määrittelyt
- Mittapiirustukset
- Tuotto-, teho-, ja NPSH-käyrät suoralle sekä taajuusmuuttajakäytölle
- Tilaajavastuulain mukaiset todistukset
- Pumpun huolto- ja kunnossapito-ohjeet

3.3 Tarjousten käsittely

Tarjousten käsittely jakautuu kahteen osaan:

- Tarjousten tarkastaminen
- Tarjousten vertailu ja pumppujen valinta

Ensimmäisessä vaiheessa tarkistetaan, että tarjottu pumppu täyttää tarjouspyynnössä esitetyt vaatimukset ja tarjottu pumppu soveltuu kyseiseen tapaukseen. Kannattaa myös vielä tarkastaa, että tarjottu pumppu sopii tilaan mittojensa puolesta ja liitäntä putkistoon on toteutettavissa. Tarjousten tarkastaminen jakautuu kaupallisten ja teknisten vaatimusten tarkastamiseen.

- **Tarkasta vaatimusten täytyminen**

Mikäli tarjouksessa on epäselvyyksiä, tai joitain asioita halutaan tarkentaa, voidaan tarjoajan kanssa pitää tarjousneuvottelut, joissa epäselvät asiat selvitetään. Ennen tarjousten hintavertailua pitää tarjousten olla keskenään teknisesti ja kaupallisesti vertailukelpoisia. Mikäli tarjous ei vastaa tarkennuksienkaan jälkeen tarjouspyyntöä, hylätään kyseinen tarjous, eikä sitä oteta hintavertailuun mukaan. Julkisissa hankinnoissa tulee ottaa huomioon julkisia hankintoja koskeva lainsäädäntö.

- **Pyydä tarjoajaa tarkentamaan tarjousta tarvittaessa**
- **Hylkää tarjouspyynnön vastaiset tarjoukset**

3.4 Tarjousten vertailu ja pumppujen valinta

Pumpun investoinnilla on hyvin pieni merkitys pumppauksen elinkaarikustannuksissa. Tämän takia pelkkää hintaa ei ole mielekästä käyttää vertailuperusteena, vaan tarjouksia pitää vertailla elinkaarikustannusten avulla.

Elinkaarikustannukset koostuvat investoinnista, käyttövoiman käytöstä sekä tarvittavasta kunnossapidosta. Tyypillisesti kunnossapitoa ei oteta vertailuun mukaan, koska sen arvioiminen on monesti hyvin vaikeaa. Varaosien saatavuus ja pumpun huollettavuus ovat kuitenkin merkittävä osa pumpun toimintavarmuutta, ja siksi niitä ei kannata kokonaan sivuuttaa hankintapäätöstä tehdessä.

Poikkeustilanteissa voidaan pyytää tarjouksen sisältävän esimerkiksi viitenä ensimmäisenä vuotena tarvittava kunnossapito, jolloin kunnossapito voidaan ottaa vertailuperusteeksi.

Tyypillisesti pumpun elinkaarikustannuksiin lasketaan siis investointi ja käyttövoiman eli yleensä sähkön kulutus. Vertailussa investointi voidaan jakaa tarkastelujaksolle tai diskontata tarkastelujakson käyttökustannukset investoinnin kanssa samaan hetkeen. Pumppua voidaan vertailla yhdessä tai useassa toimintapisteessä. Liitteessä B on esimerkki pumpputarjousten vertailusta.

Vertailu jakautuu seuraaviin osiin:

- Määritetään vertailun lähtötiedot:
 - sähkön hinta
 - tarkastelujakson pituus
 - laskentakorko
- Toiminta-arvot takuupisteissä
 - Kirjataan laskentapohjaan tarjouspyynnössä ilmoitetut vertailupisteet sekä määritetään kunkin pisteen käyttöaika
- Hyötysuhteet tai tehot tarjouksesta

- Poimitaan laskentaan tarjouksesta taatut toiminta-arvot, kuten hyötysuhde tai sähköteho takuupisteessä.
- Laskenta
 - Edellä esitettyjen tietojen perusteella lasketaan pitoajan elinkaarikustannukset kullekin tarjotulle pumpulle diskontattuna investointihetkeen. Elinkaarikustannusten perusteella valitaan edullisin pumppu.
- **Vertaile elinkaarikustannuksilla**

4 Hankinnan jälkeen

Toimituksen vastaanotto katsotaan tapahtuneeksi, kun pumppu tarvikkeineen on toimitettu, sovitut tarkastukset ja testit on suoritettu hyväksyttävästi, tarkastuksissa ja testeissä havaitut viat ja puutteet on poistettu sekä kaikki asiakirjat on toimitettu. Epäolennaiset viat ja puutteet eivät estä vastaanottoa edellyttäen, että suunnitelma vikojen ja puutteiden korjaamiseksi on laadittu ennen vastaanottoa.

Ennen vastaanottotarkastusta on syytä varmistaa ajoissa, että muu pumppausjärjestelmä vastaa pumppujen kyselyssä kuvattua järjestelmää.

- **Onko muu järjestelmä ajan tasalla?**

4.1 Vastaanottotarkastus

Vastaanottotarkastuksessa tulee

- tarkastaa, että toimitus sisältää kaiken, mistä on sovittu ja että toimitukset vastaavat sovittua laatua
- tarkastaa, että laitteisto toimii moitteettomasti tavoitteiden mukaisesti määritetyllä toiminta-alueella
- tarkastaa ja mitata pumppujen sähkönkulutus eri toimintapisteissä ja verrata tulosta tarjouksen ja toimituksen yhteydessä toimitettuihin pumppukäyriin
- tarkastaa pumppujen dokumentaation riittävyys ja laatu
- tarkastaa huolto-ohjeista, että ohjeessa on selostettu selkeästi huoltokohteet, huoltovälit, toimenpiteet sekä varaosat
- sopia huoltohenkilöstön kouluttamisesta toimitettujen laitteiden huoltoon
- tehdä pöytäkirja vastaanottotarkastuksesta, johon kirjataan havaitut puutteet.
- **Tarkasta toimitus ja tee tarkastuksesta pöytäkirja**
- **Muista dokumentointi**

4.2 Takuu aika

Takuuajana ostajalla on vielä mahdollisuus korjauttaa laitteisto toimittajan toimesta, jos laitteisto ei saavuta luvattuja suoritusarvoja. Tarkkaile laitteiston toimintaa ja tee ennen takuuajan päättymistä vastaanottotarkastusta vastaava takuuajan lopputarkastus. Vaadi tarvittaessa korjaustoimenpiteitä.

- **Vaadi takuukorjauksia**

4.3 Laitteiston käyttöönotto ja seuranta

Järjestelmää käyttöönotettaessa kannattaa vielä varmistaa, että pumpun toiminta-alue vastaa suunniteltua. Taajuusmuuttajasäätöisessä järjestelmässä kannattaa huolehtia, että taajuusmuuttajan magneettivuon optimointi on kytketty päälle, jos tällainen asetus kyseessä olevasta mallista löytyy. Magneettivuon optimoinnilla voidaan saavuttaa useiden prosenttien säästö energiankulutuksessa verrattuna optimoimattomiin taajuusmuuttajiin.

Pumppauksen olosuhteet ja vaatimukset pumppausjärjestelmille voivat muuttua ajan myötä. Tämän takia tulisi aika ajoin tarkistaa käytettävien pumppujen todellinen toimintapiste, onko se vielä suunnitellussa kohdassa ja mikä on nykyisen toimintapisteen hyötysuhde. Pumppaus voi toimia teknisesti hyvin, mutta pumppu toimii huonolla hyötysuhdealueella. Tällöin on tarpeen selvittää, voitaisiinko esimerkiksi pumpun juoksupyörän muutoksella tai moottorin vaihdolla saada pumppausjärjestelmä toimimaan lähempänä mitoituspistettä. Myös pumpun kulumisen voi heikentää pumppauksen hyötysuhdetta. Tuotekehityksen myötä pumppujen hyötysuhteet ovat kehittyneet jatkuvasti, ja vanhan pumpun uusiminen voi olla perusteltua, vaikka järjestelmä toimisi muuten ongelmitta.

Säätömenetelmän toimivuutta ja tarkoituksenmukaisuutta kannattaa tarkastella säännöllisesti. Pumppausjärjestelmä voi esimerkiksi sisältää tarpeettomia kuristuksia, jotka voitaisiin välttää yksinkertaisella pumpun kierrosnopeussäädöllä. Jos pumppaamossa on useampi pumppu, kannattaa tarkastella onko energiataloudellisia edellytyksiä vaihtaa esimerkiksi yksi pumppu uuteen, jolloin uusi pumppu toimisi ns. pääpumppuna.

Pumppauksen energiatehokkuuden seurantaan hyvä työkalu on automaatiojärjestelmään tehtävä online-laskenta, mikäli tarvittavat mittaukset löytyvät. Esimerkiksi pumppauksen hyötysuhteen seuranta vaatisi jatkuvatoimisen paine- ja virtaustiedon pumpulta sekä tiedon pumppua käyttävän moottorin sähkötehosta.

- **Tarkasta vastaako pumpun toimintapiste mitoituspistettä**
- **Seuraa ja paranna jatkuvasti pumppausjärjestelmää**
- **Tarkastele toimintapistemuutoksia**
- **Hyödynnä automaatiojärjestelmää energiatehokkuuden seurannassa**

4.4 Käytönaikainen kunnossapito

Pumppujen tehokkuus voi laskea tuntuvasti likaantumisen takia. Lian kertyminen estää pumpun tehokkaan toimimisen ja aiheuttaa helposti vuotoja.

Säännöllinen puhdistus ja huolto ehkäisevät likaantumista. Pumpun pinnoittamisella voidaan vähentää likaantumista ja kitkan aiheuttamia häviöitä. Kavitaatio voi aiheuttaa pumpun enenaikaista kulumista.

Pumppujen tehokkuus laskee herkästi ajan myötä. Tätä voidaan minimoida kiinnittämällä seuraaviin asioihin huomiota:

- Pumpun ja tiivisteiden materiaalien kunto
- Kavitaation välttäminen
- Virtauksen tasaisuus

Pumpuilta ja pumppausjärjestelmistä saatavaa mittaustiedon avulla voidaan hyödyntää pumpun tehokkuuden seurannan lisäksi pumppujen/moottoreiden kunnonvalvonnassa. Järjestelmän toiminnan jatkuva seuranta auttaa määrittelemään hyötysuhteen ja kunnonvalvonnan tunnuslukuja ja raja-arvoja, joiden avulla pumppujen ajomalleja voidaan optimoida ja ennakoida kunnossapidon tarpeita. Kerätyn mittaustiedon turvin voidaan myös tarkentaa järjestelmän mitoitusvaatimuksia ja näin korjata mahdollisia puutteita seuraavien hankintojen yhteydessä.

- **Huomioi kunnossapito**
- **Hyödynnä automaatiojärjestelmää kunnonvalvonnassa**

Lähteet

Life cycle energy cost savings through careful system design and pump selection. ABB OY

Arun Shankar et al., A comprehensive review on energy efficiency enhancement initiatives in centrifugal pumping system, Applied Energy, 20165. UK GUIDE to the Procurement of Rotodynamic Pumps, Pumps procurement guide V4/25 July 2006 /DTR

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Internet-lähteet

- Grundfos, verkko-opetusmateriaalit, <https://fi.grundfos.com/>
- Comparison of 4 Different Flow Control Methods Of Pumps. Electrical Engineering Portal. <https://electrical-engineering-portal.com/comparison-of-4-different-flow-control-methods-of-pumps>
- Energiateollisuus. Kaukolämpöverkon pumppausjärjestelyt. Suositus L10/2011. https://energia.fi/files/673/SuositusL10_2011_Pumppaus.pdf

LIITE A. Esimerkki tarjouspyynnön teknisistä vaatimuksista

Mitoitusperusteet

<ul style="list-style-type: none">• Käyttökohde• Mitoituspisteen tilavuusvirta• Mitoituspisteen nostokorkeus• Toiminta-alue<ul style="list-style-type: none">• Tilavuusvirta• Nostokorkeus• Säättötapa• Ajotavat• Energiatehokkuusvaatimukset	<ul style="list-style-type: none">• Tehdasvesipumppu• 40 l/s• 45 m• Toiminta-alue<ul style="list-style-type: none">• 10...40 l/s• 40...50 m• Taajuusmuuttajasäätö• Paineperustainen• MEI 0,7
--	---

Aineominaisuudet

<ul style="list-style-type: none">• Virtaava aine• Tiheys• Viskositeetti• Syövyttävä• Likaava• Kiinteitä partikkeleja• Kiehumispiste• Lämpötilarajat• Syttymis- ja räjähdysrajat• Painerajat /-vaatimukset	<ul style="list-style-type: none">• Vesi• 0,998 g/cm³• 1,00 cP• Ei• Ei• Ei• 100 °C• -• -• -
---	---

Käyttöympäristö

<ul style="list-style-type: none">• Putkikoko• Imupaine• Lähtöpaine• Räjähdyksivaarallinen tila (ATEX)• Muut erityisolosuhteet	<ul style="list-style-type: none">• DN100• 0,3 bar• 5 bar• Ei• -
--	--

Sähkölaitteet

<ul style="list-style-type: none">• Suojaluokka• Käytettävä jännite• Sähkömoottorin vaatimukset	<ul style="list-style-type: none">• IP54• 400 V• IE4
---	--

LIITE B. Pumpputarjousten esimerkkivertailu

Tässä liitteessä on esitetty yksinkertainen pumpputarjousten vertailu. Vertailu on tehty yhdessä mitoitusasteessa, kuten vertailu tavallisesti tehdään. Mikäli pumppua käytetään useammilla tyypillisillä toiminta-arvoilla, voidaan elinkaarikustannukset laskea tarkemmin ottaen huomioon useampi toimintapiste.

Useamman toimintapisteen tarkastelussa määritetään eri pisteiden vuotuiset kustannukset eri vuosikäyttöajoilla.

Alla on esitetty pumppujen esimerkkivertailussa käytettävät lähtötiedot. Käytettävät lähtötiedot valitaan tapauskohtaisesti.

Mikäli vertailussa käytetään useampaa toimintapistettä, valitaan jokaiselle toimintapisteelle oma pistettä kuvaava vuotuinen käyttöaikansa.

Pitoaika valitaan pumpun oletetun käyttöajan mukaan ja laskentakorko investoinnin tuotto-odotuksen perusteella.

Lähtöarvot

Sähkön hinta	[€/MWh]	80
Käyttöaika	[h/a]	6800
Pitoaika	[a]	10
Laskentakorko	[%]	10

Tarjouksesta poimitaan pumpun investointi sekä määritetään pumpun ottama teho tyypillisessä toimintapisteessä. Tavallisesti pumpun ottama teho saadaan suoraan tarjouksesta, mutta vaihtoehtoisesti se voidaan laskea myös hyötysuhteen avulla.

		Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4
Investointi	[€]	40000	80000	75000	60000
Pumpun ottama sähköteho	[kW]	127	100	123	115

- **Poimi tiedot vertailuun tarjouksesta**

Tarjousten vertailu aloitetaan laskemalla diskonttaustekijä jaksollisille suorituksille kaavalla

$$\frac{(i+1)^n - 1}{i(1+i)^n}, \text{ jossa } i = \text{laskentakorkokanta ja } n = \text{pitoaika.}$$

Diskonttaustekijällä kertomalla tulevaisuuden kustannukset saadaan muutettua nykyarvoon. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää suoraan esimerkiksi taulukkolaskennan nettonykyarvolaskentaa.

Vuotuinen sähkönkulutus lasketaan kertomalla pumpun ottama teho toimintapisteessä kyseisen tehon käyttöajalla.

Esimerkiksi tarjoukselle 1: 127 kW · 6 800 h/a = 863 600 kWh/a

Vuotuinen käyttökustannus lasketaan kertomalla käytetty sähkönkulutus sähkön hinnalla.
 Esimerkiksi tarjoukselle 1: $863,6 \text{ MWh/a} \cdot 80 \text{ €/MWh} = 69\,088 \text{ €/a}$

Vuotuiset kustannukset diskontataan nykyhetkeen, jolloin käyttökustannukset voidaan laskea yhteen investoinnin kanssa elinkaarikustannuksiksi.

Esimerkiksi tarjoukselle 1: $69\,088 \text{ €/a} \cdot 6,14 \text{ a} = 424\,200 \text{ €}$

Esimerkiksi tarjoukselle 1 elinkaarikustannukset: $424\,200 \text{ €} + 40\,000 \text{ €} = 464\,200 \text{ €}$

Tarjoukset vertaillaan kyseisten laskettujen elinkaarikustannusten perusteella. Hankintasuositus annetaan pumpusta, joka on elinkaarikustannuksiltaan edullisin eli tässä tapauksessa tarjouksen 2 pumpusta.

		Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4
Diskonttaustekijä	6,14	-	-	-	-
Investointi	[€]	40 000	80 000	75 000	60 000
Vuotuinen sähkönkulutus	[MWh]	863,6	680	836,4	782
Vuotuiset käyttökustannukset	[€]	69 088	54 400	66 912	62 560
Pitoajan kokonaiskustannukset	[€]	464 200	414 016	485 840	444 118
Erotus	[€]	50 184	0	71 824	30 102

Esimerkivertailusta huomataan, että investoinnin merkitys pumpun elinkaarikustannuksissa on pieni. Esimerkkitarkastelussa investointikustannuksiltaan kallein pumppu on elinkaarikustannuksiltaan edullisin.

- **Laske elinkaarikustannukset**

LIITE C. Energiatehokkaiden pumppujen hankinta

