

# Energiatehokkaat pumput

*Opas energiatehokkaiden pumppujen  
hankintaan ja pumppausjärjestelmän  
energiatehokkuuden parantamiseen*



# Lukijalle

Tämä opas on osa Motivan Energiatehokkuus hankinnoissa -projektia, jonka tavoitteena on luoda, kehittää ja jakaa energiatehokkuuden ja uusiutuvien energialähteiden käyttöön liittyvää hankintatietoa sekä kehittää työkaluja ja toimintatapoja yritysten ja yhteisöjen käyttöön.

Oppaan tarkoituksena on ohjeistaa pumppuja hankkivia henkilöitä ja organisaatioita siten, että energiatehokkuus hankinnoissa otetaan huomioon. Opas on suunnattu teollisuuden, palvelu- ja julkisen sektorin laitteita hankkiville henkilöille.

Oppaassa annetaan suosituksia, jotka pohjautuvat kirjallisuuteen ja tekijöiden kokemukseen, ja lisäksi haastattelujen kautta konsulttien, laitetoimittajien ja käyttäjien kokemuksiin.

Pumppujen hankinta voi lähteä liikkeelle joko uudisrakentamisen tarpeista tai vanhojen kohteiden korvaus- tai huoltoinvestointina. Ohjeessa kuvataan kaikki hankintaprosessin vaiheet ottamalla huomioon energiatehokkuuden näkökulma. Pumppujen hankinta voi olla hyvin vaihteleva prosessi. Se voi tarkoittaa pienessä mittakaavassa vanhan korvaamista hyllytavaralla ja toisaalta suurien pumppaamojen tai pumppujen hankintaprosessia, jossa tarvitaan ulkopuolisia asiantuntijoita suunnitteluun, hankintaan, asennukseen ja käyttöönottoon.

Tässä oppaassa annetaan ohjeita myös siihen, kuinka varmistetaan pumppausjärjestelmän energiatehokkuus. Pääpaino on kuitenkin pumppujen hankinnassa. Monella yrityksellä tai organisaatiolla on omat menettelynsä laitteiden hankinnalle. Tätä ohjetta voidaan käyttää täydentävänä materiaalina hankintaohjeistuksen rinnalla tai oman hankintaohjeistuksen valmistelun lähtömateriaalina. Tarkoituksena on, että yritysten käyttöön saadaan sellaista hankintoihin liittyvää tietoutta, jonka avulla tulevat pumppuvalinnat johtavat pidentyneeseen laitteiden kestoikään ja pienempään sähkönkulutukseen.

Pumppujen elinkaarikustannuksista merkittävä osa syntyy käytön aikana. Oppaan lopussa annetaan suosituksia pumppujen ja järjestelmän vaatimasta kunnossapidosta ja kunnossapitotoimien vaikutuksesta moottoreiden käyttöön, elinikään ja energiankulutukseen.

# Sisällysluettelo

	<b>Käsitteet ja lyhenteet .....</b>	<b>4</b>
<b>1.</b>	<b>Hankinnan valmistelu .....</b>	<b>5</b>
1.1	Yleistä hankinnasta.....	5
1.2	Hankinnan vaikutukset energiankulutukseen ja -kustannuksiin .....	12
1.3	Hankinnan vaikutus järjestelmään tai prosessiin.....	17
<b>2.</b>	<b>Tarjouspyyntö.....</b>	<b>18</b>
2.1	Tarjouspyynnössä ilmoitettavat asiat .....	20
2.2	Tarjouksessa ilmoitettavat asiat .....	24
<b>3.</b>	<b>Tarjousten käsittely .....</b>	<b>25</b>
3.1	Tarjousten tarkastaminen .....	25
3.2	Tarjousten vertailu ja pumppujen valinta.....	26
<b>4.</b>	<b>Sopimus ja täytäntöönpano .....</b>	<b>27</b>
4.1	Sopimus .....	27
4.2	Vastaanottotarkastus.....	27
4.3	Takuuaika.....	28
<b>5.</b>	<b>Laitteiston käyttö ja seuranta .....</b>	<b>29</b>
5.1	Käytön aikainen kunnossapito .....	31
<b>6.</b>	<b>Lähteet .....</b>	<b>32</b>
	<b>Liite A Pumpputarjousten esimerkkivertailu.....</b>	<b>33</b>

# Käsitteet ja lyhenteet

Käsite	Selitys
<b>Elinkaarikustannus</b>	Laitteiston elinkaaren aikana syntyneet kustannukset sisältäen mm. valmistuksen, investoinnin, energian, työkalut, huollot, laitteen hävittämisen jne.
<b>Energiatehokkuus</b>	Tuotannon tai tuloksen suhde käytettyyn energiaan.
<b>Hankinta</b>	Prosessi, jonka tarkoituksena on saada tuotantolaitte yrityksen käyttöön. Hankinta alkaa ideasta hankkia laite ja päättyy takuuajana havaittujen virheiden asianmukaiseen korjaukseen.
<b>Moottorin hyötysuhde</b>	Moottorin akselilta saadun tehon suhde verkosta otettuun sähkötehoon.
<b>Kavitaatio</b>	Ilmio, jossa neste alkaa kiehua paineen laskun johdosta.
<b>Net Positive Suction Head (NPSH)</b>	Pumpun imupuolella tarvittava minimipaine kavitaation välttämiseksi.
<b>mvp</b>	metri vesipatsasta

## Muunnokset

1 mvp	9,81 kPa
1 kPa	0,102 mvp

# 1. Hankinnan valmistelu

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

Pumput kuluttavat noin 10 % maailman sähkön kulutuksesta, joten säästöpotentiaali energiatehokkaalla pumppauksella on valtava. Parantamalla pumppausta voitaisiin säästää arviolta jopa 4 % koko maailman sähkön kulutuksesta kustannustehokkaasti, sillä keskimääräinen pumppausjärjestelmän uusimisen takaisinmaksuaika on vain 1-5 vuotta.

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

## 1.1 Yleistä hankinnasta

Pumppujen hankinnoissa on erityisen tärkeää ottaa huomioon koko pumppausjärjestelmä kokonaisuutena. Pumpun ominaisuudet, kuten käyttövoima, energiatehokkuus ja materiaalivalinnat, ovat vain yksi osa koko pumppausjärjestelmän energiatehokkuutta. Täten pumppaus on syytä analysoida yhdessä koko pumppausjärjestelmän kanssa.

Uusissa järjestelmissä päästään vaikuttamaan parhaiten pumppausjärjestelmän kokonaisuudessa ennen pumppujen valintaa, mutta myös olemassa olevan järjestelmän korvaavaa pumppua hankittaessa tulisi kiinnittää huomiota koko pumppausjärjestelmän energiatehokkuuteen.

Uusissa järjestelmissä putkiston mitoituksella on erittäin keskeinen rooli pumppauksen energiatehokkuudessa. Putkiston mitoitus vaikuttaa suoraan pumpuilta vaadittavaan nostokorkeuteen ja siten pumpun tarvitsemaan tehoon. Väljä putkiston mitoitus vähentää pumppauskustannuksia, mutta kasvattaa putkiston investointikustannuksia. Tiukaksi mitoitettulla putkistolla taas säästetään putkistoinvestoinnissa, mutta kasvatetaan pumppauskus-

tannuksia. Tämän takia putkistoa ei tulisi mitoittaa ilman pumppauskustannusten huomioimista.

Mikäli pumppausjärjestelmä putkistoinen ei ole energiatehokas, ei pelkällä pumpun valinnalla saada pumppausjärjestelmää energiatehokkaaksi. Jos pumppu hankitaan järjestelmään parantamatta muuta pumppausjärjestelmää, voi pumppu olla tulevaisuudessa väärin mitoitettu, kun muuta pumppausjärjestelmää parannetaan.



### **Tarkastele pumppausjärjestelmää kokonaisuutena**

Pumpun mitoituksessa tulee ottaa huomioon todellisen käytön asettamat toimintarajat. Jos nykyinen tuotantoaste poikkeaa tulevaisuuden mitoituskapasiteetista, ei pumppu eikä koko järjestelmä toimi parhaimmalla toiminta-alueellaan kuluttaen siten tarpeettomasti energiaa. Täten pumpun mitoitusarvoja valittaessa pitää tehdä valinta hankitaanko pumppu nykyisille toiminta-arvoille vai ennakoitaanko mitoituksessa tulevaisuuden arvoja.

Pumppausjärjestelmää suunniteltaessa pitää tuntea koko järjestelmän toiminta-arvot ja perusteet kyseisiin toiminta-arvoihin. Pumppausjärjestelmää 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.

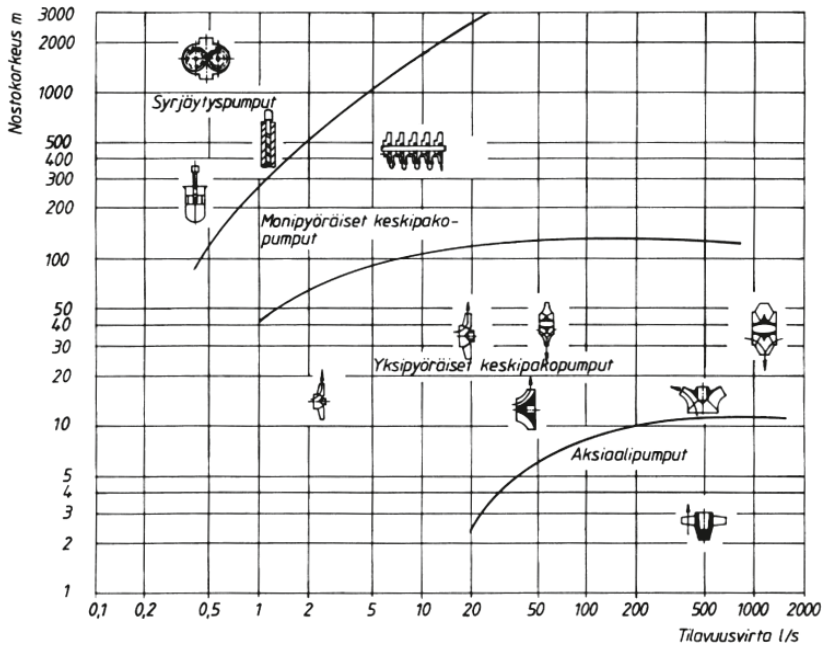


### **Tunne prosessi, johon pumppu hankitaan**

#### **Pumpputyypit**

Teollisuudessa käytetään erilaisia pumppuja monien eri nesteiden siirtämiseen erilaisilla nostokorkeuksilla ja tilavuusvirroilla. Eri tarkoituksiin on olemassa monia eri pumpputyyppejä. Pumppujen perustyyppinä ovat keskipakoisvoimaiset pumput ja syrjäytuspumput. Keskipakoisvoimaisten pumppujen perustyyppinä ovat sekoitusvirtaus- ja aksiaalityyppiset pumput. Syrjäytuspumppujen päätyypit ovat kierrätys-, edestakaisin liikkuvat ja avoimet pumput.

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



**Kuva 1.** Pumpputyypin toiminta-alue tilavuusvirran ja nostokorkeuden suhteen  $/l/$ .

Tämä pumppujen hankintaohje on tehty erityisesti yleisimpiä yksipyöräisiä keskipakopumppuja tarkastellen, koska kyseisten pumppujen käyttö kattaa noin 80 % prosessiteollisuuden pumppaustarpeesta. Pumppujen samankaltaisten toimintaperiaatteiden ansiosta tätä ohjetta voidaan kuitenkin soveltaa hyvin myös muihin pumpputyyppeihin.

## Pumppujen säätötavat

Pumppuja säätöön käytettävät pääasialliset säätötavat ovat

- kuristussäätö
- on-off-säätö
- ohitusvirtaussäätö eli takaisinkierätyks
- 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, mikä 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 kulutuspuolella.

**On-off-säädössä** pumppua käytetään jaksoittain järjestelmissä, joissa pumppun portaaton säätö ei ole tarpeen. On-off-säädöllä voidaan pitää esimerkiksi paine tai pinta säiliössä haluttujen rajojen sisällä. On-off-säätö ei ole pääsääntönä muille vaihtoehtoisille säätö-tavoille jatkuvan tilavuusvirtatarpeen takia, mutta on-off-säädettyihin järjestelmiin voidaan hyödyntää myös muita säätötapoja.

**Ohitusvirtaussäädössä** johdetaan osa virtauksesta pumppun painepuolelta takaisin imu puolelle. Ohitusvirtaussäätö on epätaloudellista, koska tällöin pumppu kierrättää nestettä edestakaisin ja pumppun teho muuttuu osittain suoraan häviöiksi.

**Pumppun pyörimisnopeuden säädössä** (=kierroslukusäätö) muutetaan nimen mukaisesti pumppun 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 pumppun hyötysuhde pysyy korkeana, kun kierrosluvut ovat lähellä mitoituspistettä. Kun toimintapiste siirtyy kierrosluvun muuttuessa kauemmaksi mitoituspistestä, huononee pumppauksen hyötysuhde.



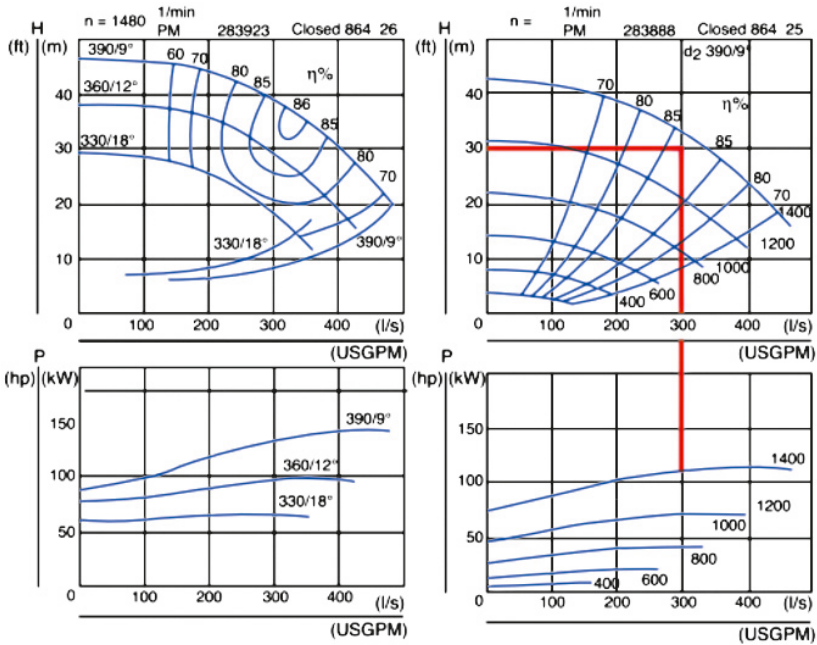
Taajuusmuuttajat ovat nykyisin ensisijainen keino pyörimisnopeussäätöön. Taajuusmuuttajalla muutetaan pumpun käyttämän sähkön taajuutta, jolloin pystytään vaikuttamaan pumpun sähkömoottorin pyörimisnopeuteen ja siten myös pumpun pyörimisnopeuteen.

Nestekytкимиä on käytetty pumppauksessa pääosin suuremmissa teholuokissa. Nestekytkimet ovat käytössä vieläkin monissa laitoksissa. Pumppausyksikkö on nestekytkimellä taajuusmuuttajaa monimutkaisempi ja sen kunnossapitokustannukset ovat suuremmat. Nestekytkimä ei myöskään voida ajaa ylikerroksilla kuten taajuusmuuttajia. Toisaalta nestekytkin ei ole yhtä herkkä muusta ohjaustekniikasta tuleville häiriöille kuin taajuusmuuttaja, jossa häiriöt esim. piirikortitekniikassa voi pysäyttää koko pumppauksen pitemmäksi aikaa. Esim. prosessiteollisuudessa, jossa pumpun toimintavarmuusvaatimukset ovat korkealla prosessin luonteen vuoksi, käytetään edelleen nestekytкимиä.

### **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 vakionopeudella pienenee tilavuusvirran kasvaessa. Nämä muuttajat ja niiden suhde, eli pumpun toiminta prosessissa, esitetään pumpun ominaiskäyrässä. Pumpun toimintapiste määrittää pumpun ideaaliset toiminta-arvot, joilla pumpun tehokkuus on maksimissaan.

Kuvassa 2 on esitetty tyypillisiä pumppujen ominaiskäyriä. Vasemmanpuoleiset esittävät pumpun ominaiskäyrää kolmella eri juoksupyörän koolla. Oikeanpuoleiset kuvat kuvaavat pumpun ominaiskäyrää kuudella eri pyörimisnopeudella.



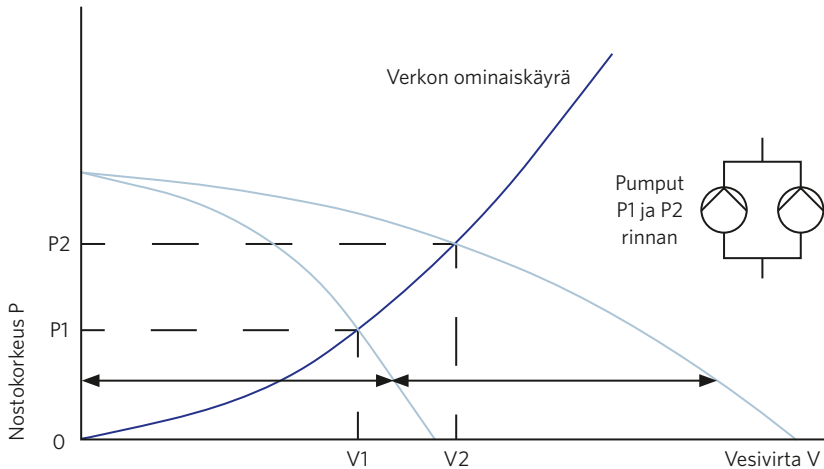
**Kuva 2.** Pumpun ominaiskäyrien malli /2/.

Kun tiedetään tilavuusvirta ja nostokorkeus, jolla pumpppua tullaan käyttämään, voidaan pumpun ominaiskäyristä katsoa pumpun hyötysuhde. Esimerkiksi kuvassa 2 on punaisella merkitty pumpun toiminta 300 l/s tilavuusvirralla ja 30 m nostokorkeudella. Tällöin pumpun hyötysuhde on ominaiskäyrän mukaan noin 85 %.

### Pumppujen rinnan ja sarjaan kytkentä

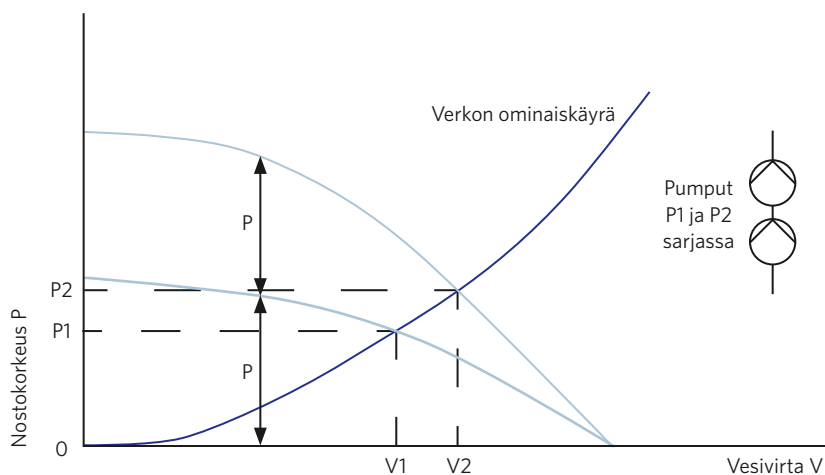
Pumput toimivat parhaiten kohtuullisen lähellä mitoituspistettä. Pyörimisnopeussäädetyillä pumpuilla optimalue on kohtuullisen laaja, mutta pienillä pyörimisnopeuksilla pumppauksen hyötysuhde alkaa laskea. Pumput saadaan toimimaan paremmin optimalueella järjestelmissä, joissa tarvittava tilavuusvirta tai nostokorkeus vaihtelee suuresti, kytkemällä pumput tarpeen mukaan joko rinnan tai sarjaan. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty rinnan- ja sarjaankytkennän vaikutusta pumppujen toimintaan.

Rinnankäytössä neste tulee molempien pumppujen imupuolelle erikseen. Nestevirtaukset yhtyvät pumppujen painepuolella. Tällöin pumpattu vesimäärä kasvaa ja nostokorkeus pysyy melkein samana. Kahdella pumpun rinnanajolla saavutettu hyöty ei ole välttämättä kovin suuri, jos paineputkisto on ahdas ja sisältää suuria virtausvastuksia. Kaksi erikokoista pumppua voidaan kytkeä rinnan, jos niitä ei ajeta samanaikaisesti.



**Kuva 3.** Pumppujen rinnankytkennän vaikutus tilavuusvirtaan ja nostokorkeuteen /3/.

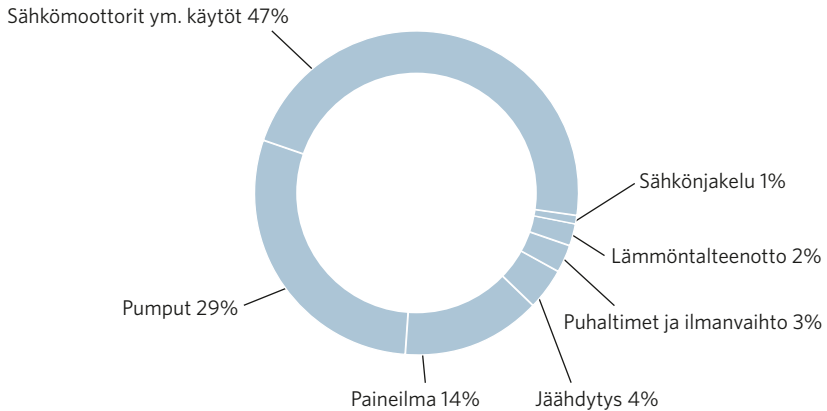
Sarjakäytössä pumput kytketään peräkkäin, jolloin neste kulkee edellisen pumpun painepuolelta seuraavan imupuolelle. Sarjaan kytketyissä pumpuissa tuottoa vastaavat nostokorkeudet lasketaan yhteen eli tarvittava nostokorkeus jaetaan useamman pumpun osalle.



**Kuva 4.** Pumppujen sarjaankytkennän vaikutus tilavuusvirtaan ja nostokorkeuteen /3/.

## 1.2 Hankinnan vaikutukset energiankulutukseen ja -kustannuksiin

Moottorikäyttöihin liittyvä säästöpotentiaali eurooppalaisessa Motor Challenge -hankkeessa v. 2003–2009 on esitetty kuvassa 5. Pumppukäyttöihin liittyvä säästöpotentiaali on tutkimuksen mukaan noin 30 % kokonaisenergian säästöpotentiaalista.



**Kuva 5.** Moottorikäyttöjen säästöpotentiaalın jakauma eurooppalaisessa Motor Challenge -hankkeessa /4/.

Tutkimuksen mukaan noin 30 % pumpuista löytyvästä säästöpotentiaalista kohdistuu pumpun valintaan. Vaikka koko pumppausjärjestelmä olisi hyvin suunniteltu, voidaan väärällä pumppuvalinnalla menettää muualla tehdyt energiatehokkuusparannusten hyödyt. Myöskään hyvän hyötysuhteen pumpulla ei saada pumppausjärjestelmää energiatehokkaaksi, mikäli muu pumppausjärjestelmä on tehoton. Kun muun pumppausjärjestelmän energiatehokkuutta saadaan parannettua, saadaan pumppu mitoitettua oikeille energiatehokkaille toiminta-arvoille.

Pumppua uusittaessa tai uutta pumppua hankittaessa tulee tarkastella koko pumppausjärjestelmää kokonaisuutena. Uuden pumpun hankkimiseksi varmasti parhailta käyttö-arvoilla ja riittävällä toiminta-alueella, tulee mitoitukseen vaikuttavat asiat selvittää ennen uuden pumpun hankintaa.

Pumppauksen tehontarve riippuu nesteen siirtämiseen tarvittavasta tehon lisäksi

- pumpun hydraulisesta hyötysuhteesta
- säätötavan hyötysuhteesta
- sähkömoottorin hyötysuhteesta.

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

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

Jossa	$P_2$	Pumpun akseliteho	[W]
	$\rho$	Pumpattavan nesteen tiheys	[kg/m <sup>3</sup> ]
	$g$	Putoamiskiihtyvyys, vakio 9,81 m/s <sup>2</sup>	[m/s <sup>2</sup> ]
	$Q$	Tilavuusvirta	[m <sup>3</sup> /s]
	$H$	Nostokorkeus	[m]
	$\eta_p$	Pumpun hyötysuhde	[%]
	$p$	Paine	[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]
	$\eta_m$	Sähkömoottorin hyötysuhde	[%]
	$\eta_s$	Säädön hyötysuhde	[%]

Pumpun kuluttamaan tehoon vaikuttavat tilavuusvirta, nostokorkeus, pumpattavan aineen tiheys sekä pumpun hyötysuhde. Tilavuusvirtaan ja nostokorkeuteen voidaan vaikuttaa pumppausjärjestelmän tehostamisella. Hyötysuhteeseen voidaan vaikuttaa valitsemalla käyttöarvoihin sopivin pumppu. Pumpattavaan aineeseen ja sen ominaisuuksiin ei pääsääntöisesti voida vaikuttaa, vaan ne määrittävät tarvittavan prosessin mukaan.

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

- putkiston painehäviöitä pienentämällä
- jakamalla pumppausta pienemmille apupumpuille

- säätämällä pumppausta energiatehokkaasti
- muuttamalla prosesseja mahdollisuuksien mukaan.

Koko pumppaussysteemin energiankäyttöä voidaan vähentää ottamalla käyttöön pienet apupumput. Apupumput voivat tuottaa korkeapaineisempaa virtausta sitä tarvitseville loppukäyttäjille. Apupumput mahdollistavat muun prosessin painetason alentamisen.

Putkiston häviöt tulee myös minimoida. Putkiston häviöihin voidaan vaikuttaa pääasiassa suunnittelu- ja rakennusvaiheessa sekä korjausten yhteydessä.

### **Tarkastele painehäviöiden aiheuttajat**

### **Tutki keinot nostokorkeuden pienentämiseen**

Pumpulta tarvittavaan tilavuusvirtaan ei tyypillisesti pystytä merkittävästi vaikuttamaan pumpausjärjestelmää muuttamalla. Kuitenkin on erittäin tärkeää tietää tarvittavan tilavuusvirran mahdolliset vaihtelurajat ja mitkä ovat tyypillisiä tilavuusvirtoja ko. pumpulla. Joissain tapauksissa järjestelmässä voi olla tarpeetonta kiertonesteen takaisinkierätyistä, jolloin sama kiertoneste kulkee tarpeettomasti usean kertaa pumpun läpi. Tällaisissa tapauksissa tulee tarkastella keinoja, joilla takaisinkiertoa saataisiin vähennettyä. Mikäli tarvittavan virtauksen tarve vaihtelee suuresti, voi puskurisäiliön rakentaminen pumpausjärjestelmään olla mielekästä.

Mikäli pumpuilla siirretään lämpöä kuljettavaa nestettä, voidaan virtausta pienentää parantamalla jäähtymää lämmön kulutuspaässä. Myös menoveden tarpeellinen lämpötila tulee tarkistaa.

### **Tutki keinot tilavuusvirran pienentämiseen**

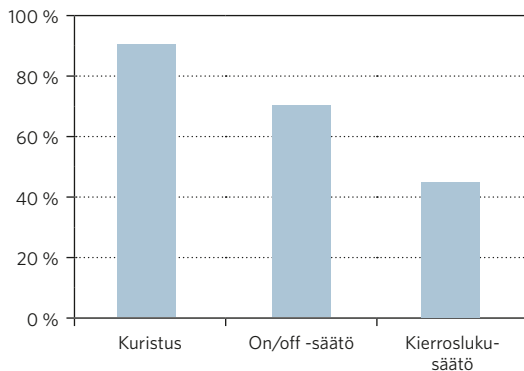
Pumpun kuluttamaan energiaan voidaan vaikuttaa merkittävästi valittaessa pumpun säätötapa. Kuvassa 6 on esitetty pumpun kuluttama energia, kun virtausta on rajoitettu 30 % eri säätötavoilla. Kuristussäädöllä, joka on edelleen yleinen säätötapa, pumppu kuluttaa 90 % täyden tilavuusvirran kulutuksesta, kun kierroslukusäädetty pumppu kuluttaa vain 45 % täyden tilavuusvirran kulutuksesta.

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.

### ▶ Säädä energiatehokkaasti

Keskipakopumpun hyötysuhde vaihtelee 20–90 %. Pienillä tuotoilla hyötysuhde on alhainen. Pumpattaessa nesteitä, joiden viskositeetti tai tiheys on suurempia kuin veden, suurenee pumpun tehontarve.

Tarjotessaan pumppua pumpputoimittaja valitsee tarjottavan pumpun siten, että se toimii mahdollisimman hyvällä hyötysuhdealueella valitussa mitoituspisteessä ja toiminta-alueella. Täten pumpun hankinnassa voidaan vaikuttaa pumpun hyötysuhteeseen parhaiten valitsemalla oikea käyttöpiste pumpun mitoituspisteeksi sekä huomioimalla tarvittava toiminta-alue.



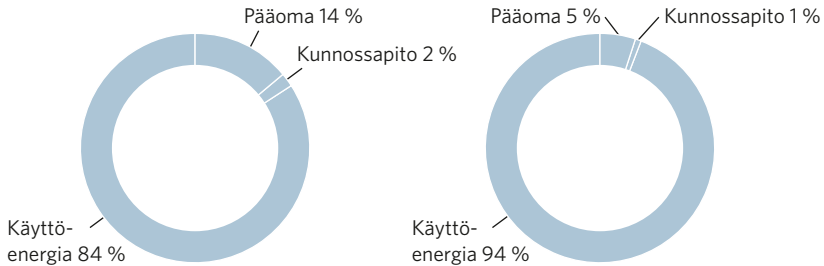
**Kuva 6.** Pumpun säätötavan vaikutus verrattuna täyden tilavuusvirran kulutukseen.

### ▶ Hanki pumppu oikeaan käyttöpisteeseen

#### Elinkaarikustannukset

Kuvassa 7 on esitetty esimerkkinä kahden erikokoisen keskipakopumpun elinikäiset kustannukset pumpun ja moottorin investoinnille.





**Kuva 7.** Keskipakopumpun elinikäiset kustannukset pumpun ja moottorin investoinnille, pumpujen tehot ovat 16 kW (vas.) ja 238 kW (oik.).

Kuvasta huomataan, että pumppujen hyötysuhteella on kokonaiskustannusten kannalta erittäin suuri merkitys, koska käyttökustannukset ovat tyypillisesti 85–95 % pumpun elinkaarikustannuksista. Investointipäätöstä tehtäessä tulisi pumpun hyötysuhteeseen kiinnittää suurta huomiota. Huonon hyötysuhteen pumppu syö investoinnissa säästävät kustannukset vuosien varrella moninkertaisesti.

### 1.3 Hankinnan vaikutus järjestelmään tai prosessiin

Oikein mitoitettulla pumpulla järjestelmää pystytään käyttämään suunnitellusti. Tyypillisesti pumput ylimitoitetaan varmistamaan järjestelmän toimivuus.

Ylimitoitettulla pumpulla järjestelmä toimii hyvin, mutta pumppauksessa syntyy tarpeettomasti häviöitä. Pumput ovatkin usein ylimitoitettuja eikä ylimitoitukseen juuri kiinnitetä huomiota, kun järjestelmät toimivat hyvin. Tarkastelemalla järjestelmää tarkemmin huomattaisiin kuitenkin säästöpotentiaali oikein mitoitettuun järjestelmään verrattuna.

Alimitoitettulla pumpulla järjestelmä ei toimi halutulla tavalla, kun pumppu ei saa siirrettyä pumpattavaa nestettä riittävästi. Vaikka alimitoitusta johtaa pumppujen tai niiden juoksupyörien uusimiseen, ei alimitoitusta kannata pyrkiä välttämään liialla ylimitoituksella. Tärkein asia alimitoitusta vältettäessä on todellisten pumpun toimintavaatimusten tuntemus.

## 2. Tarjouspyyntö

Tarjouspyynnön laadinta alkaa pumppaukseen liittyvien tietojen keräämisellä. Tietojen perusteella valitaan sopiva pumpputyyppe, asetetaan vaatimukset materiaaleille sekä määritetään pumpun mitoitusolosuhteet. Pumpputyypin valintaan vaikuttaa myös käytettävissä oleva tila pumpulle sekä muut asennusolosuhteet.

Julkisissa hankinnoissa tulee kiinnittää huomiota hankintalaissa esitettyihin vaatimuksiin hankintaprosessista. Julkisissa hankinnoissa tarjouspyynnön valmistelussa, tarjousten vertailuperusteiden ilmoittamisessa, tarjousten vertailussa sekä yhteydenpidossa toimittajien kanssa tulee ottaa hankintalaki huomioon. Kynnysarvon ylittyessä tulee hankinnasta julkaista myös hankinta-ilmoitus.



### **Muista hankintalaki julkisissa hankinnoissa**

Tarvittavan pumpun määrittely aloitetaan määrittelemällä 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 hyötysuoralla.

suhteella. Prosessi ei toimi alimitoitetulla pumpulla suunnitellusti, jonka takia pumppujen riittävä mitoitus tulee varmistaa. Ylimitoitetulla pumpulla prosessi saadaan toimimaan suunnitellusti, mutta pumppaus ei ole energiatehokasta

### **Määritä tilavuusvirrat ja nostokorkeudet**

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

- Mitoituslämpötila sekä lämpötilan vaihteluväli.
- Nesteen tiheys tai ominaistiheys, jolla on lähinnä vaikutusta pumpun ottaman tehoon.
- Nesteen viskositeetti vaikuttaa pumpun toimintaan ja pumpputyypin valintaan. Useimmat pumput eivät kykene käsittelemään korkeaviskoosia nesteitä.
- Nesteen höyrynpaine vaikuttaa pumpun imupuolen käyttäytymiseen.
- Ominaislämpö ja lämmönjohtavuus vaikuttavat pumppauksen aikana muodostuvan lämmön määrään.
- Nestetyyppi voi olla esimerkiksi puhdas (homogeeninen) neste, eri aineita sisältävä liuos (epähomogeeninen), kemiallisesti aktiivinen jne. Nestetyypillä voi olla suuri vaikutus käytettävään pumpputyypin, sen rakenteen sisäiseen mekaniikkaan ja käytettäviin materiaaleihin.

### **Selvitä virtaavan aineen ominaisuudet**

Prosessiteollisuudessa pumpataan muun muassa nesteitä, jotka ovat korroosioita aiheuttavia, myrkyllisiä tai molempia. Näiden nesteiden ominaisuuksien aiheuttamat vaatimukset erottavat ne yleisistä pumppaustapahtumista ja niillä on suuri vaikutus käytettävän rakennemateriaalin, rakenteen sisäisen mekaniikan ja tiivistetyypin valintaan.

### **Selvitä materiaalivaatimukset**

Euroopan komissio on julkaissut oppaan "European guide to pump efficiency for single stage centrifugal pumps" yhden vaiheen keskipakopumpun hyötysuhteen hyvyyden arvioimiseksi. Opas on saatavissa verkko-osoitteesta <http://www.iee-library.eu/>. Oppaassa on kaavioita, joista voidaan arvioida eri pumpputyypeille tehokas hyötysuhdealue.



## Aseta tavoite energiatehokkuudelle

## 2.1 Tarjouspyynnössä ilmoitettavat asiat

Tarjouspyynnöstä ilmenee hankittavan pumpun määrittely teknisin eritelmin esitettynä, sekä pumppauskohteeseen liittyvät muut laatuvaatimukset.

Esitetyt asiat tarjouspyyntöihin ovat vaatimuksia kohtuullisen isoille hankintakokonaisuuksille. Pienissä hankinnoissa voidaan tarjouspyyntöä yksinkertaistaa mahdollisuuksien mukaan. Esitetyt asiat ovat tyypillisiä asioita, jotka tulee tarkastella jokaisessa tapauksessa erikseen.

### Hankinnan yleiset asiat

Tarjouspyynnön yleisessä osassa tulee ilmoittaa ainakin seuraavat asiat:

- Toimitustapa
  - Tarjouspyynnössä tulee esittää pumpun toimitustapa.
  - Tyypillisesti laitteet tarjotaan käyttöönotettuna, koekäytettynä ja luovutettuna asennuspaikassa varusteineen. Asennus sovitaan tapauskohtaisesti.
  - Määrittelyssä voidaan käyttää esimerkiksi Incoterms 2010 tai Finnterms 2001 määritelmiä.
- Takuut
  - Tarjouspyynnössä esitetään vaadittava takuu-aika.
  - Tyypillisesti takuu-aika on kaksi vuotta alkaen luovutuksesta. Takuu-aika koskee tyypillisesti myös korjattuja tai vaihdettuja osia ja alkaa näissä tapauksissa uudelleen vaihto- tai korjauspäivästä.

- Toimitusaika
  - Tarjouspyynnössä esitetään milloin pumpput voidaan toimittaa työmaalle ja milloin asennuksen on oltava valmis. Tarjoajaa voidaan pyytää ilmoittamaan toimitusaika.
  - Määritetään sakot mahdollisesta viivästymisestä. Esimerkiksi 1 % ostohinnasta kultakin alkavalta viivästysviikolta, mutta kuitenkin enintään 10 % ostohinnasta.
- Muut ehdot
  - Ilmoitetaan hankinnassa käytettävät yleiset sopimusehdot, jotka pätevät asioille, joista ei ole tarjouspyynnössä erikseen määritetty.
  - Yleisiä sopimusehtoja ovat esimerkiksi JYSE 2009 tai NLO9.
  - Tarjouspyynnössä ilmoitetaan tarjouksen voimassaoloaika.
- Tarjousten vertailuperusteet
  - Tarjousten vertailuperusteet tulee ilmoittaa tarjouksessa, jotta pumpput mitoitetaan oikeisiin toimintapisteisiin.
  - Toimintapisteistä ilmoitetaan tilavuusvirta, nostokorkeus ja käyttöaika.
- Tarjouksessa ilmoitettavaksi vaadittavat asiat.

### **Hankinnan taloudelliset asiat**

- Hinta
  - Hinta pyydetään ilmoittamaan kiinteänä kokonaishintana halutussa toimituslaajuudessa.
  - Tarjouspyynnössä ilmoitetaan hintaan sisältyviksi halutussa laajuudessa esim. asennus, viranomaistarkastukset, rahat, tullit ja arvonlisävero.
  - Ilmoitetaan maksuaika, esimerkiksi 30 pv netto.
- Maksuehdot
  - Ilmoitetaan maksuehdot.
  - Tarjous pyydetään esimerkiksi seuraavilla maksuehdoilla:
    - 10 % tilattaessa ja kun työaikainen vakuus on jätetty
    - 80 %, kun laitteet on asennettu
    - 10 %, kun tarkastukset, käyttöönotto, koekäyttö ja hyväksyty vastaanotto on suoritettu, kaikki hankintaan liittyvät asiakirjat on luovutettu.

- Vakuudet
  - Toimitusaikainen vakuus. Vakuudet ovat tyypillisesti:
    - Toimittaja antaa tilaajalle ennen ensimmäisen maksuerän suoritusta vastaavan maksuerän suuruisen pankkivakuuden.
    - Vakuuden tulee olla voimassa kaksi (2) kuukautta yli luovutusajan-kohdan. Tämän jälkeen vakuus muutetaan takuuajan vakuudeksi.
  - Takuuajan vakuus
    - Suuruus on tyypillisesti 5 % lopullisesta kauppahinnasta.
    - Voimassa tyypillisesti 3 kuukautta takuuajan päättymisen jälkeen.

### **Tekniset asiat**

Tarjouspyynnön teknisessä osassa ilmoitetaan ainakin seuraavat asiat:

Olosuhteisiin ja suunnitteluun liittyvät tekniset asiat:

- Pumppujen mitoitusperusteet
  - Pumppukoko valitaan mahdollisuuksien mukaan niin, että mitoitusarvoja vastaava juoksupyörän halkaisija ei ole suurin/pienin mahdollinen ko. pumpputyypille, vaan halkaisijaa voidaan tarvittaessa suurentaa/pienentää.
  - Pumpun ja sähkömoottorin yhteinen aluslaatta valitaan samoin perustein niin, että tarvittaessa voidaan aluslaatalle asentaa yhtä IEC-luokkaa suurempi sähkömoottori kuin mitoitusarvot edellyttävät.
  - Käyttökohde
  - Pumppujen säätötapa. Taajuusmuuttajasäädetyt pumppuja tulee kuitenkin pystyä ajamaan myös ilman taajuussäätöä.
  - Ajetavat; käynnistys, pysäytys ja muut poikkeavat käytöt.
- Aineominaisuudet virtausaineelle:
  - tiheys
  - viskositeetti
  - pumpattavan aineen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, kuten syövyttävyys ja likaavuus
  - kiehumispiste
  - lämpötilarajat
  - syttymis- ja räjähdysrajat palavilla aineilla
  - onko painerajoja/vaatimuksia.

- Käyttöympäristön tiedot:
  - putkisto, järjestelmän painehäviö
  - imupaine, vaihteluineen
  - vaadittava lähtöpaine
  - erityisolosuhteet asennuspaikalla.
- Suunnittelussa käytettävät mitoituslämpötilat:
  - mitoitusulkolämpötila, esimerkiksi -28 °C
  - mitoitusulkolämpötila kesällä, esimerkiksi +30 °C
  - pumppaamon maks. sisälämpötila, esimerkiksi +40 °C
  - pumppaamon min. sisälämpötila, esimerkiksi +15 °C.

Laitteisiin liittyvät tekniset vaatimukset:

- Pumppujen tiedot
  - Pumpputyyppi
  - Määrä
  - Mitoitustilanteen tilavuusvirta ja nostokorkeus
  - Tilavuusvirran ja nostokorkeuden toiminta-alue
  - Pumppujen vertailupisteet
- Materiaalit ja rakenteet
  - Tiivistepesän rakenne ja materiaalit
    - liukurengastiiviste, vai onko mahdollista käyttää tiivisteetöntä pumppua
    - tiivisteiden jäähdytys, kiertoöljy vai vesi
    - energiatehokkuusmielessä onko mahdollisuuksia lämmöntalteenottoon jäähdytyskierroista
    - laakeroinnin pitäminen erillään esim. boksissa pitää eristykset puhtaampina ja vähentää huoltotarvetta
  - Juoksupyörä, akseli, akseliholkit, laakerointi, laipat
  - Pumpun tarvikkeineen tulee olla CE-merkittyjä
- Sähkölaitteet
  - Sähkölaitteiden tulee olla rakennetut viimeisten IEC-normien ja suomalaisten sähköturvallisuusmääräysten mukaan.
  - Suojausluokka IP54 tms.
  - Käytettävä jännite

- Takuut
  - Melu
  - Takuukokeet (Tilavuusvirta, Nostokorkeus, Hyötysuhde, NPSH)
- Varusteet
  - aluslaatta (ensisijaisesti pumpulle ja moottorille yhteinen)
  - peruspultit
  - kiinteät/joustavat kytkimet ja kytkinsuojukset.
- Käyttövoima
  - moottoreina suositetaan nykyaikaisia korkean hyötysuhteen IE3 tai IE2 -luokan sähkömoottoreita. Moottorit ovat olennainen osa pumppausprosessia, mutta koska niiden energiatehokkuudesta löytyy oma hankinta-opas Motivan verkkosivuilta, ei tässä esityksessä käsitellä moottoreita tämän laajemmin.

## 2.2 Tarjouksessa ilmoitettavat asiat

Tarjouksesta tulee ilmetä seuraavat tiedot:

- Hintaerittely tarpeen mukaan. Tyypillisesti pyydetään erillishinnat:
  - pumppu
  - moottori
  - asennus
- mittapiirustukset
- tuotto-, teho-, ja NPSH-käyrät suoralle sekä taajuusmuuttajakäytölle
- tilaajavastuulain mukaiset todistukset



## 3. Tarjousten käsittely

Tarjousten käsittely jakautuu kahteen osaan:

- Tarjousten tarkastaminen.
- Tarjousten vertailu ja pumppujen valinta.

### 3.1 Tarjousten tarkastaminen

Tarjousten tarkastamisessa tarkistetaan, että tarjottu pumppu täyttää tarjouspyynnössä esitetyt vaatimukset ja tarjottu pumppu soveltuu kyseiseen tapaukseen.

Tarjousten tarkastaminen jakautuu kaupallisten ja teknisten vaatimusten tarkastamiseen.



#### **Tarkasta vaatimusten täyttyminen**

Mikäli tarjouksessa on epäselvyyksiä tai joitakin 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**

## 3.2 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. 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.

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 laskentaa 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**

Pumpputarjousten esimerkkivertailu on esitetty liitteessä A.

# 4. Sopimus ja täytäntöönpano

## 4.1 Sopimus

Sopimus pyritään tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi. Lähtökohteisesti sopimukseen kirjataan kaikki oleelliset asiat tarjouspyynnöstä ja tarjouksesta.

Yksinkertaisimmillaan sopimus voi olla molemmin puolin allekirjoitettu dokumentti, jossa todetaan pumput tilattavaksi tarjouksen, tarjouspyynnön ja yleisten sopimusehtojen mukaisesti. Lisäksi sopimukseen on kirjattava asiakirjojen pätemisjärjestys. Tyypillisesti pätemisjärjestys on sopimus, tarjouspyyntö, tarjous, yleiset sopimusehdot, mutta tarvittaessa tarjous voi olla pätevyysjärjestyksessä myös ennen tarjouspyyntöä.

Varsinkin pienet pumput voidaan tilata myös ilman sopimusta tarjouksen mukaisesti. Tällöin tilaaja ilmoittaa kirjallisesti toimittajalle pumppujen tilauksen ja toimittaja vahvistaa tilauksen vastaanoton kirjallisesti tilausvahvistuksella.

## 4.2 Vastaanottotarkastus

Kun pumppu tarvikkeineen on toimitettu sopimuksen mukaisesti, sovitut tarkastukset ja testit on suoritettu hyväksyttävästi, tarkastuksissa ja testeissä havaitut viat ja puutteet on poistettu sekä kaikki asiakirjat on toimitettu, toi-

mituksen vastaanotto katsotaan tapahtuneeksi. 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 pumpausjärjestelmä vastaa pumppujen kyselyssä kuvattua järjestelmää.



### **Onko muu järjestelmäsi ajan tasalla?**

Vastaanottotarkastuksessa tulee

- tarkistaa, että toimitus sisältää kaiken mistä, on sovittu, ja että toimitukset vastaavat sovittua laatua
- tarkistaa, että laitteisto toimii moitteettomasti tavoitteiden mukaisesti määritetyllä toiminta-alueella
- tarkistaa ja mitata pumppujen sähkönkulutus eri toimintapisteissä ja verrata tulosta tarjouksen ja toimituksen yhteydessä toimitettuihin pumppukäyriin
- tarkistaa pumppujen dokumentaation riittävyys ja laatu
- tarkistaa 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.



### **Tarkista toimitus ja tee tarkastuksesta pöytäkirja**

## 4.3 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**

## 5. Laitteiston käyttö ja seuranta

Pumppausjärjestelmät kasvavat ja kehittyvät jatkuvasti. Täten myös pumppauksen olosuhteet muuttuvat 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.

Tuotekehityksen myötä pumppujen hyötysuhteet ovat kehittyneet jatkuvasti. Vanhoissa pumpuissa hydrauliset ominaisuudet suunnittelun ja esimerkiksi kulumisen vuoksi voivat olla huomattavasti huonommat kuin uusissa pumpuissa.

Määräajoin tulisi tarkastaa/mitata pumpun ottama teho eri toimintapisteesissä, jotta voidaan varmistua pumpun toimivan energiatehokkaalla alueella sekä pumpun olevan kunnossa. Esimerkiksi Euroopan komission julkaiseman oppaan "European guide to pump efficiency for single stage centrifugal pumps" /6/ perusteella voidaan arvioida toimivatko nykyiset pumput energiatehokkaalla hyötysuhteella.

Pumppujen tehonmittauksen yhteydessä tulisi verrata myös pumpun virtausprofiilia samalta ajalta. Vertaamalla tehonottoa, virtaamaa ja laitteen nimelliskapasiteettia, voidaan päätellä mahdollisen taajuusmuuttajakäytön hyödyllisyyttä. Mikäli pumpun teho kasvaa uuden pumpun arvoista, pitää pumpun kunto tarkistaa yksityiskohtaisesti. Pumppausjärjestelmä voi 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.



**Seuraa ja paranna jatkuvasti pumppausjärjestelmää**

### **Muutos pumpun optimaalisissa toiminta-arvoissa**

Prosessi, jossa pumppu on, voi muuttua ajan myötä, jolloin aikaisemmasta hyvällä hyötysuhteella käyvästä pumpusta voi tulla yli- tai alimitoitettu.

Pumppujen ali- tai ylimitoitus voidaan korjata usealla tavalla jälkikäteen:

- 1) Pumput voidaan vaihtaa uusiin.
- 2) Pumppujen moottorit voidaan vaihtaa pyörimisnopeuden säätämiseksi.

Valmistaja voi tarjota saman pumpun eri kierrosnopeuksilla, jolloin saavutetaan laajempi käyttöalue (=tuotto). Tämä voidaan toteuttaa esim. vaihtamalla 4-napainen moottori nopeampaan 2-napaiseen moottoriin, jolloin samalla pumpulla saadaan esim. 2-kertainen virtaama ja 4-kertainen nosto- korkeus. Pumpun rakenteellinen kestävyys uudessa tilanteessa tulee tarkistaa.

- 3) Pumppujen juoksupyörää voidaan vaihtaa suuremmaksi tai pienemmäksi.

Pumpun nostokorkeutta voidaan muuttaa jopa 10–50 prosenttia juoksupyörän kokoa pienentämällä tai suurentamalla.

Kuristamista voidaan välttää pienentämällä juoksupyörän halkaisijaa, ja samalla vältetään hukkaamasta tehoa. Yleensä pumppuvalmistajat tarjoavat useita juoksupyörän kokoja samaan pumpun pesään. Valmistajat voivat tarjota myös erimuotoisia juoksupyöriä samaan pesään, jolloin voidaan saavuttaa parempi hyötysuhde kuin alkuperäisellä juoksupyörällä.

- 4) Pumppujen käyttöä voidaan tehostaa nopeussäädetyllä käytöllä.

Kaikkein energiatehokkain tapa vastata vaihteleviin pumpun tuottovaatimuksiin, on varustaa pumppu taajuusmuuttajalla, mikäli sitä pumpulla ei jo ole. Taajuusmuuttajakäytöllä mm. voidaan vähentää tarpeettomien kuristusten vaikutuksia linjastoista (hukkatehon vähenemä) ja voidaan nopeasti tuottaa hyvin paljonkin vaihteleva virtaama.



**Tutki kaikki vaihtoehdot ennen muutosta**

## 5.1 Käytön aikainen 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 ennenaikaista kulumista.

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

- Kiinnitä huomiota pumpun materiaaliin ja erityisesti tiivisteiden materiaaleihin.
- Kavitaatio kuluttaa keskipakopumppua
- Pyritään pitämään virtaus mahdollisimman tasaisena.

## 6 Lähteet

1. SFS 4874 Pumput. Nesteiden siirtoon käytettyjen pumppujen ryhmittely ja toimintaperiaatteet, Suomen standardoimisliitto
2. Life cycle energy cost savings through careful system design and pump selection. ABB OY
3. Pöyry Energy Oy, Esiselvitys kaukolämpöpumppausjärjestelyistä. Vuosi 2009. 26 sivua. Saatavissa <http://www.energia.fi/julkaisut/70>
4. <http://www.motor-challenge.eu/>
5. UK GUIDE to the Procurement of Rotodynamic Pumps, Pumps procurement guide V4/25 July 2006 /DTR
6. EU. 2003. European guide to pump efficiency for single stage centrifugal pumps. [Verkojulkaisu]. Saatavissa: [http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU\\_pumpguide\\_final.pdf](http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU_pumpguide_final.pdf).
7. EU SAVE II Project, Promotion of Energy Efficiency in Circulation Pumps, especially in Domestic Heating Systems
8. EUROPUMP REACH Guide - June 2010, Guideline for the Application of the REACH regulation 1907/2006/EC
9. EUROPUMP, Guide to Variable Speed Electro Submersible Pumps - May 2008
- A Guide to the Specific Application of VSDs for Borehole and Wet-Well Pumps.
10. EUROPUMP, Guide to the Selection of Rotodynamic Pumps - May 2008
11. EUROPUMP, Guide on Noise Outdoors - July 2001 Guideline for the application of the EC-Directive 2000/14/EC "Noise emission in the environment by equipment for use outdoors" in respect to pumps and pump units
12. <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/pump.pdf>
13. LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO, LUT ENERGIA, BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari, T. Sarkala. Keskipakopumpun prosessitekniinen mitoitus, määrittely ja valinta, Technological design, definition and selection of centrifugal pump
14. EU Ekodesign - <http://www.eup-network.de/product-groups/>



# LIITE A

## Pumpputarjousten esimerkkivertailu

Tässä liitteessä on esitetty yksinkertainen pumpputarjousten vertailu. Vertailu on tehty yhdessä mitoituspisteessä, kuten vertailu tavallisesti tehdään. Mikäli pumppua käytetään useammilla tyypillisillä toiminta-arvoilla, voidaan elin-kaarikustannukset laskea tarkemmin ottaen huomioon useampi toimintapiste. Useamman toimintapisteen tarkastelussa määritetään eri pisteiden vuotuiset kustannukset eri huipunkäyttöajoilla.

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

Huipunkäyttöajalla tarkoitetaan laskennallista aikaa, jolla maksimiteholla käytettäisiin vuotuinen pumppausenergia. Esimerkiksi pumppua käytetään 200 kW keskiteholla 8500 h/a. Pumpun maksimiteho on 250 kW. Tällöin huipunkäyttöaika on 6800 h/a, jota käytetään vertailussa.

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
Huipunkäyttöaika	[h/a]	6500
Pitoaika	[a]	15
Laskentakorko (reaalinen)	[%]	5



**Valitse vertailun lähtötiedot**

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

Tarjous		Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4
Investointi	[€]	40 000	80 000	75 000	60 000
Pumpun ottama sähköteho	[kW]	127	100	123	115



### Poimi tiedot vertailuun tarjouksesta

Tarjousten vertailu aloitetaan laskemalla diskonttaustekijä pitoajasta ja las-  
kentakorosta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää suoraan esimerkiksi taulukko-  
laskennan nettohyötylaskentaa.

Vuotuinen sähkönkulutus lasketaan kertomalla pumpun ottama teho  
mitoituspisteessä kyseisen tehon huipunkäyttöajalla.

Esimerkiksi tarjoajalle 1:  $127 \text{ kW} \cdot 6\,500 \text{ h/a} = 825\,500 \text{ kWh/a}$

Vuotuinen käyttökustannus lasketaan kertomalla käytetty sähkönkulutus  
sähkön hinnalla.

Esimerkiksi tarjoukselle 1:  $825,5 \text{ MWh/a} \cdot 80 \text{ €/MWh} = 66\,040 \text{ €/a}$

Vuotuiset kustannukset diskontataan nykyhetkeen, jolloin käyttökustan-  
nukset voidaan laskea yhteen investoinnin kanssa elinkaarikustannuksiksi.

Esimerkiksi tarjoukselle 1:  $66\,040 \text{ €/a} \cdot 10,38 \text{ a} = 685\,473 \text{ €}$

Esimerkiksi tarjoukselle 1:  $685\,473 \text{ €} + 40\,000 \text{ €} = 725\,473 \text{ €}$

Tarjoukset vertaillaan kyseisten laskettujen elinkaarikustannusten avulla siten, että tarjouskilpailun voittajaksi valitaan elinkaarikustannuksiltaan edullisin pumppu.

<b>Laskenta</b>		<b>Tarjous 1</b>	<b>Tarjous 2</b>	<b>Tarjous 3</b>	<b>Tarjous 4</b>
Diskonttaustekijä	10,38	-	-	-	-
Vuotuinen sähkönkulutus	[kWh]	825 500	650 000	798 525	747 500
Vuotuiset käyttökustannukset	[€]	66 040	52 000	63 882	59 800
Pitoajan kustannukset diskontattuna nykyhetkeen	[€]	685 473	593 742	663 073	620 704
Kokonaiskustannukset	[€]	725 473	613 742	738 073	680 704
Erotus	[€]	145 730	0	123 331	80 961

### **Laske elinkaarikustannukset**

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

# Motiva

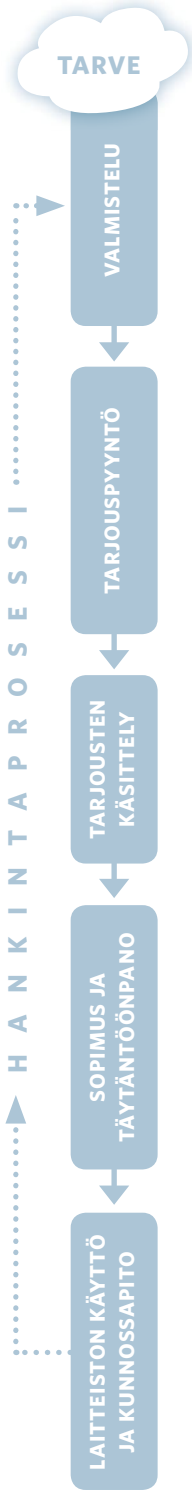
Urho Kekkosen katu 4-6 A  
PL 489  
00101 Helsinki

Puh. 0424 2811  
Faksi 0424 281 299  
[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)





# Energiatehokkaiden pumppujen hankinta



## Kuvaus

1. Korosta järjestelmän energiatehokkuutta ja elinkaarikustannuksia.
2. Arvioi koko järjestelmän energiatehokkuutta yksittäisten laitteiden sijaan.
3. Vertaa hankittavan pumpun tuottoa ja järjestelmän tuotantokapasiteettia nyt ja tulevaisuudessa.
4. Ota huomioon tulevat muutokset.
5. Tee tarvittaessa alustavat laskelmat.

1. Ilmoita tarjouspyynnössä pumppauksen tekniset vaatimukset, kuten mitoitusperusteet, aineominaisuudet, käyttöympäristön tiedot ja mitoituslämpötilat.
2. Vaadi, että tarjouksessa ilmoitetaan pumpun suoritusarvot mitoituspisteissä sekä tarvittavan moottorin tiedot.
3. Painota energiatehokkaimpien pumppujen tarjoamista.
4. Ilmoita elinkaarikustannusten arviointiperiaatteet.

1. Tarkasta, että tarjoukset ovat tarjouspyynnön mukaisia ja energiatehokkuusvaatimukset täyttyvät.
2. Laske tarjottujen pumppujen elinkaarikustannukset.
3. Pyydä tarvittaessa lisätietoja tai muutoksia tai uusi tarjous.
4. Valitse elinkaarikustannuksiltaan edullisin pumppu.

1. Aseta tavoite ja sitouta valittu toimittaja vaatimiisi energiatehokkuustavoitteisiin.
2. Tarkista, että toimitussopimus sisältää vaaditun dokumentaation ja varaosat.
3. Noudata pumpputoimittajan ohjeita kuljetuksessa, säilytyksessä, asennuksessa ja käytössä.
4. Kouluta tarvittaessa oma henkilökuntasi.

1. Seuraa pumpun tai järjestelmän energiatehokkuutta mittauksin.
2. Varmista ennen takuuajan loppua pumpun suoritusarvot mittauksin ja vertaa niitä käyttöönottohetken suoritusarvoihin.
3. Noudata pumpputoimittajan huolto-ohjelmaa ja huolehdi käyttöympäristöstä.
4. Arvioi hankintaprosessiasi ja tee korjaavat toimenpiteet välittömästi.

Lisätietoa Energiatehokkaat pumput -hankintaoppaassa