

materiaalitehokkuus koulut energiansäästö  
kuluttajat teollisuus kuljetus hiilidioksidi  
hake liikenne kiinteistöt julkinen sektori  
uusiokäyttö uusiutuva energia ympäristö ilmastomuutos  
energiatehokkuus kunta-ala  
palveluala vesivoima tuulivoima yhteistyö  
aurinkoenergia

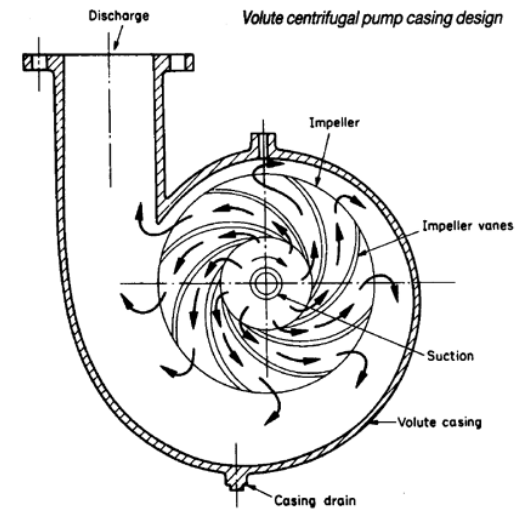
## Energiatehokas pumppausjärjestelmä

Koulutusmateriaali

lämpöpumppu bioenergia energiakatselmus rakentaminen

# Pumput

- Pumpulla tarkoitetaan mekaanista nesteiden siirtämiseen ja paineen nostoon tarkoitettua laitetta.
- Pumppausjärjestelmä koostuu paitsi pumpuista myös putkistosta, moottoreista ja venttiileistä.
- Pumput voidaan jakaa kolmeen ryhmään:
  - Turbopumput
    - Keskipakopumput, puoliaksaalipumput, aksiaalipumput.
  - Syrjäytyspumput
    - Mäntäpumput, kiertopumput
  - Muut pumput
    - Suihkupumput, paineilmapumput
- Eniten teollisuudessa käytetään keskipakopumppuja.



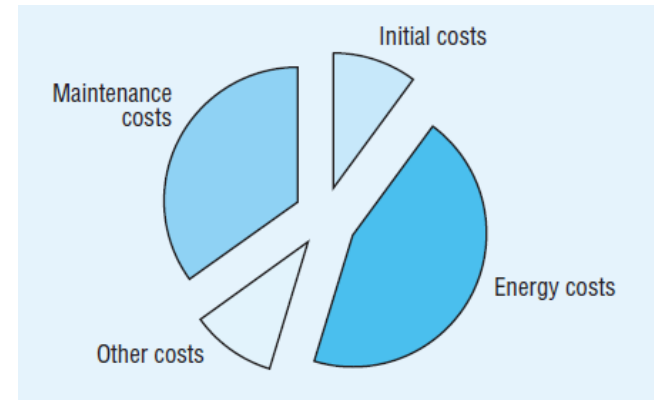
*Keskipakopumpun rakennekuva. [UNEP 2004]*

# Pumppausjärjestelmän energiatehokkuus

- Pumput kuluttavat monissa teollisuusprosesseissa valtaosan prosessiin tarvittavasta sähköenergiasta.
  - Pumppausprosessin tehostaminen onkin yksi tärkeimmistä tavoista vähentää sähkön kulutusta.
- Pumppausjärjestelmän tarvitsema teho määräytyy pumpattavan nesteen liikekitkan aiheuttamista häviöistä, nesteen fyysisestä nostamisesta sekä nesteen paineen nostamisesta.
- Pumppausjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttavat:
  - a) Putkiston energiatehokkuus
  - b) Pumpun mitoitus
  - c) Pumppauksen ohjaus
  - d) Pumppujen moottorit
  - e) Pumppujen huolto ja kunnostaminen
  - f) Pumppausprosessin toiminnan kartoittaminen ja kehittäminen

## a) Putkiston energiatehokkuus

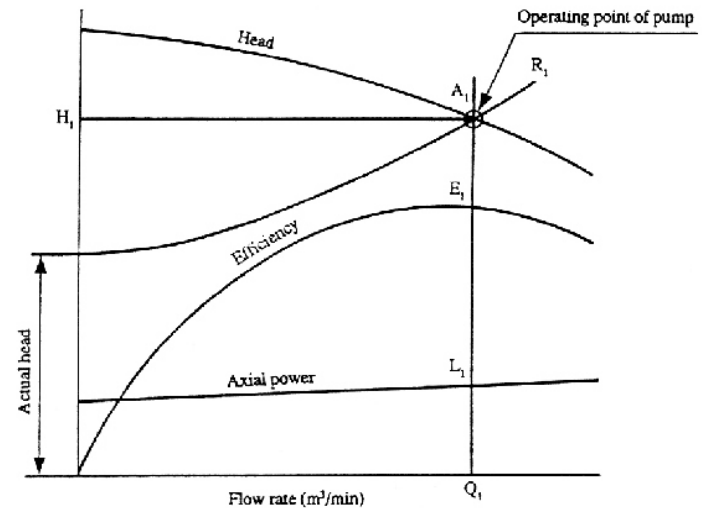
- Yksittäisen pumpun energiatehokkuutta tärkeämpää on koko pumppausjärjestelmän oikea suunnittelu ja pumppauksen toteutus.
  - Pumpun energia- ja kunnossapitokustannukset ovat moninkertaiset pumpun hankintakustannuksiin verrattuna.
- Paras tapa säästää pumppauskustannuksissa on pitää pumppauksen määrä mahdollisimman pienenä.
- Putkiston häviöt tulee myös minimoida. Putkiston häviöihin voidaan vaikuttaa pääasiassa rakennusvaiheessa ja korjausten yhteydessä.
- Häviöitä putkistoon aiheuttavat:
  - Venttiilit
  - Putkiston komponentit kuten imuaukot, taivutukset sekä jako- ja liitoskohdat
  - Suoran putken aiheuttamat kitkahäviöt on otettava myös huomioon.



*Teollisuudessa toimivan pumpun käyttöiän aikaisten kustannusten jakautuminen. [DOE 2004]*

## b) Pumpun mitoitus - Ominaiskäyrä ja toimintapiste

- Pumput tulee mitoittaa niin, että ne toimivat prosessin kannalta parhaalla mahdollisella hyötysuhteella.
- Pumpun ominaiskäyrä kuvaa pumpun toimintaa prosessissa.
- Pumpun toimintapiste määrittää pumpun ideaaliset toiminta-arvot, joilla pumpun tehokkuus on maksimissaan.
  - Pumpun toimintapiste on pumpun ja prosessin ominaiskäyrien leikkauspisteessä.
  - Pumpun toimintapiste muuttuu olosuhteiden muuttuessa.
  - Pumpun ominaiskäyrään ja toimintapisteen paikkaan vaikuttavat virtausmäärä ( $Q$ ), nostokorkeus ( $H$ ), putkiston häviöt ( $R$ ) sekä pumpun teho ja tehokkuus.



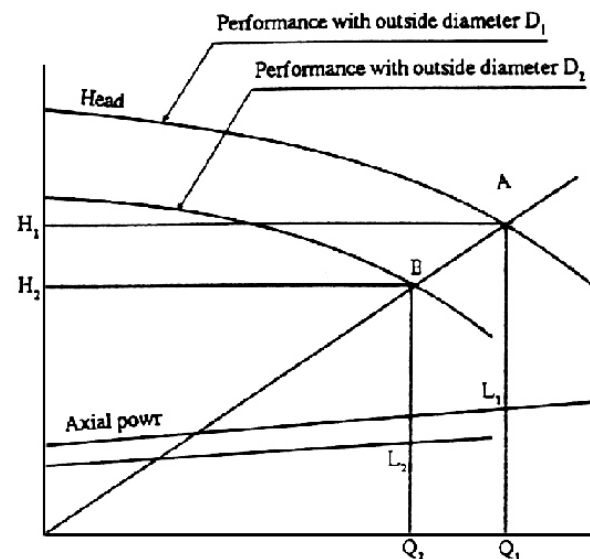
*Pumpun ominaiskäyrä ja toimintapiste.  
[ERI 2000]*

## b) Pumpun mitoitus - Ylimitoitus

- Pumppujen ylimitoitus on yksi suurimmista energiantehokkuusongelmista pumppauksessa.
  - On arvioitu, että 75% pumppausjärjestelmistä on ylimitoituja ja monet niistä on mitoitettu yli 20% liian suuriksi.
- Vaikka itse pumput olisivat tehokkaita, aiheuttaa pumppujen väärä mitoittaminen prosessiin nähden koko systeemin tehokkuuden laskun.
- Yleisiä syitä pumppujen ylimitoitukseen ovat:
  - Putkilinjaston painehäviöitä ei aina tiedetä tai ne on arvioitu liian suuriksi.
  - Pumppujen teho ylimitoitetaan mahdollisen tuotannonkasvun varalta.
  - Pumput on mitoitettu väärän ominaiskäyrän mukaan.
  - Mitoituslaskelmiin lisätään tarpeettoman suuri varomarginaali.
  - Pumpun valintaan ovat vaikuttaneet muut tekijät kuten hinta, myyjän suositus, toimitusaika ja saatavuus.
- Pumppujen ylimitoitus voidaan korjata usealla tavalla jälkikäteen.
  - Pumput voidaan vaihtaa uusiin.
  - Pumppujen moottorit voidaan vaihtaa pyörimisnopeuden säätämiseksi.
  - Pumppujen juoksupyörää voidaan pienentää tai se voidaan vaihtaa uuteen.
  - Pumppujen käyttöä voidaan tehostaa nopeussäädetyllä käytöllä.

## b) Pumpun mitoitus - Juoksupyörän koko

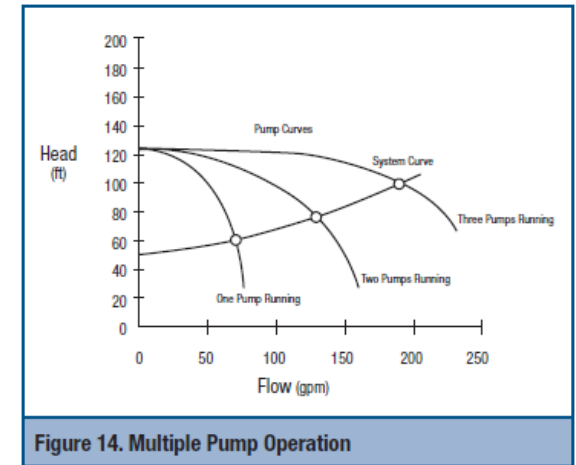
- Erityisesti keskipakopumpuille on usein mitoitettu liian suuri nostokorkeus.
- Eräs tapa pienentää pumpun nostokorkeutta ja parantaa prosessin energiatehokkuutta on pienentää juoksupyörän kokoa.
- Jos tulevaisuudessa prosessin pumppaustarve kasvaa, voidaan pienennetty juoksupyörä helposti vaihtaa suurempaan.
- Juoksupyörän pienentämisen jälkeen on tärkeää tasapainottaa uusi juoksupyörä.
- Pumpun nostokorkeutta voidaan vähentää jopa 10-50 prosenttia juoksupyörän kokoa pienentämällä tai vaihtamalla se.
- Aina juoksupyörän pienentäminen ei ole mahdollista.
  - Juoksupyörän materiaali voi vaikeuttaa pienentämistä, esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä valmistettua juoksupyörää ei pystytä koneistamaan.
  - Todella suuret muutokset juoksupyörän koossa voivat myös aiheuttaa vaikeuksia.



*Suorituskyvyn muutos juoksupyörän koon muuttuessa. [ERI 2000]*

## c) Pumppauksen ohjaus

- Pumppausjärjestelmää voidaan ohjata monella tavalla.
- Jaksottainen käyttö
  - Tarpeettomien pumppujen sammuttaminen on helpoin ja halvin tapa pienentää pumppujen energiankulutusta, jos prosessiseisokkien pituus on riittävän pitkä.
- Monipumppu ohjaus
  - Vaihtoehtoisten pienten pumppujen avulla voidaan säädellä pumppausnopeutta, ohjauksutusta ja tarvittavan kuristuksen määrää.
  - Energian säästöä syntyy kun yksi tai useampi pumppu voidaan kytkeä pois päältä ja loput pumput toimivat parhaimmalla hyötysuhteellaan.
- Koko pumppaussysteemin energiankäyttöä voidaan vähentää ottamalla käyttöön pienet apupumput.
  - Apupumput voivat tuottaa korkeapaineisempaa virtausta sitä tarvitseville loppukäyttäjille.
  - Apupumput mahdollistavat muun prosessin painetason alentamisen. Kuristussäätö ei ole kaikkein energiatehokkain pumppujen ohjauskeino, mutta se on kuitenkin tehokkaampi tapa kuin ohjauksutus tai täysin ohjaamaton prosessi.
- Tehokkain pumppauksen ohjauskeino on nopeussäädetty käyttö.

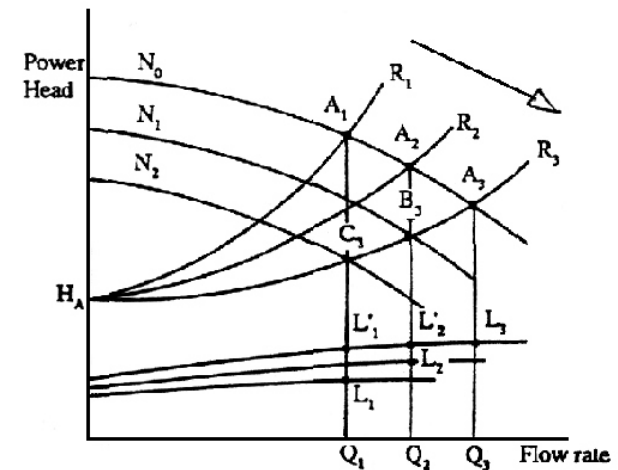


*Vaihtoehtoisten pumppujen käyttö. [DOE 2006]*



## c) Pumppauksen ohjaus - Nopeussäätö

- Vaihtelevaa pumppaustarvetta ohjataan usein ohjauksutuksella tai kuristuksen avulla.
  - Ohjauksutus ja kuristus ovat halpoja ratkaisuja.
  - Nämä ratkaisut heikentävät kuitenkin koko systeemin energiatehokkuutta ja tulevat kalliiksi pitemmällä aikavälillä.
- Parempi tapa hallita vaihtelevaa virtausta on pumpun nopeussäätö.
- Vaikka nopeussäädön toteuttaminen vaatiikin kohtalaisia investointeja, pystytään sen avulla säästämään sähkökustannuksissa ja takaamaan prosessin tasainen ja varma toiminta.
- Nopeussäätö on erityisen tehokas keino prosesseissa joissa on suuri pumppaustarve tai suuret erot painetasojen välillä.
- Nopeussäädön avulla pumppu saadaan toimimaan parhailla mahdollisilla toiminta-arvoilla ja tehokkuudella.



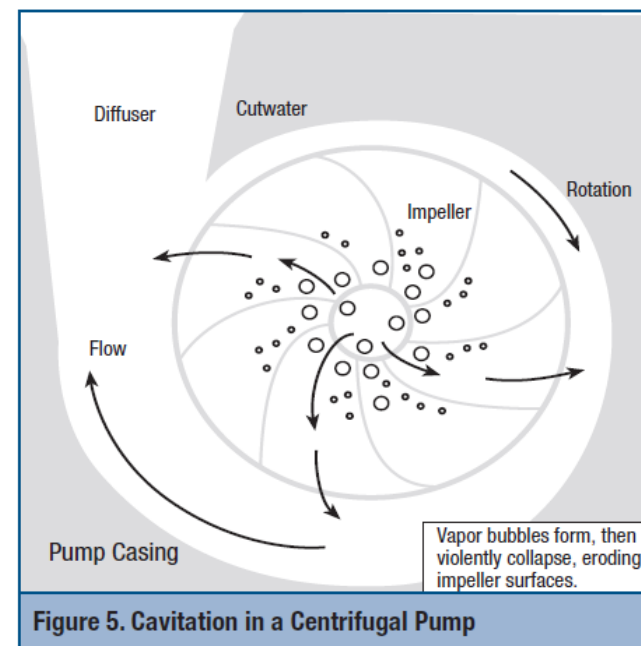
*Pyörimisnopeuden muutoksen vaikutukset pumpun toiminta-arvoihin. [ERI 2000]*

## d) Pumppujen moottorit

- Pumppujen liikuttamiseen on tarjolla monenlaisia ratkaisuja (dieselmoottori, höyryturbiini), mutta valtaosaa pumpuista käytetään sähkömoottoreilla.
- Sähkömoottorit ovat teollisuuden suurin yksittäinen sähkön kuluttaja.
- Pumppausprosessin energiatehokkuuden kannalta pumppuja pyörittävän moottorin energiatehokkuus on oleellinen tekijä.
  - Pumppuja ja pumppausprosessia tehostamalla pystytään myös vähentämään sähkömoottoreiden käyttöä ja sähkön kulutusta.
- Moottorit ovat olennainen osa pumppausprosessia, mutta koska niiden energiatehokkuudesta löytyy oma kalvosarja Motivan sivuilta, ei tässä esityksessä käsitellä moottoreita tämän laajemmin.

## e) Pumppujen huolto ja kunnossapito

- Pumppujen tehokkuus voi laskea tuntuvasti likaantumisen takia.
  - Lian kertyminen estää pumpun tehokkaan toimimisen ja aiheuttaa helposti vuotoja.
  - Säännöllinen puhdistus ja huolto ehkäisee likaantumista.
- Pumpun pinnoittamisella voidaan vähentää 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.
  - Pyritään pitämään virtaus mahdollisimman tasaisena.



*Kavitaatio kuluttaa keskipakopumppua. [DOE 2006]*

# f) Pumppausprosessin toiminnan kartoittaminen ja kehittäminen

- Pumppausprosessin kartoittaminen, mittaaminen ja säännöllinen seuranta edistävät prosessin tehokkuutta ja ongelmien nopeaa torjuntaa.
- 1) Yleinen järjestelmän kuvaus
    - Pumppaukset tarpeen kartoitus
    - Prosessista löytyvien pumppujen määrän, koon ja tyyppin kartoitus.
    - Järjestelmän ohjauksen kuvaus.
    - Käytössä ilmenneet ongelmat.
  - 2) Järjestelmän toiminta-arvojen mittaaminen ja dokumentointi.
    - Käyttötunnit, käytön profiili sekä pumppujen energiankulutus.
  - 3) Esille tulevien ongelmien korjaus. Seuraavaksi on esitelty vain joitakin yleisiä ongelmien aiheuttajia:
    - Pumppujen kova melu johtuu usein järjestelmän huonosta suunnittelusta tai rikkoutuneesta laitteistosta. Ääni voi aiheutua mm. suuresta paineen alenemasta, kuristuksesta tai liiallisesta virtausmäärästä.
    - Muutokset prosessiin muuttavat usein myös pumppausjärjestelmän suunnitteluarvoja ja tällöin pumppujen toiminta on tarkastettava.
    - Pumppujen ylimitoitus on hyvin yleistä. Kun virtaus tai paine ovat 75% pumpun maksimi mitoitusarvoista, energiaa luultavasti hukataan liiallisten kuristusten, ohivirtausten sekä tarpeettomien pumppujen käytön takia.
  - 4) Kunnossapito ja prosessin kehittäminen
    - Huono pumppausjärjestelmän kunnossapito voi aiheuttaa mm. pumppujen kulumista sekä pumppausjärjestelmän väärän tyyppistä käyttöä.

# Yhteenveto

- Pumppaus kuluttaa usein suuren osan prosessin käyttämästä sähköstä.
- Pumppauksen määrä tulisi vähentää mahdollisimman pieneksi.
- Putkiston häviöt tulisi minimoida.
- Pumput tulee mitoittaa prosessin mukaan.
- Pumppujen ylimitoitusta tulisi välttää.
- Ylimitoitettujen pumppujen tehokkuutta voidaan parantaa juoksupyörää pienentämällä.
- Pumppauksen ohjaukseen tulisi kiinnittää huomiota ja kuristus ja ohijuoksutus ohjaukset tulisi vaihtaa nopeussäädettyyn käyttöön.
- Pumppujen oikea toimintapiste ja moottorien tehokkuus vaikuttavat paljon pumppausjärjestelmän energiatehokkuuteen.
- Pumppujen säännölliseen huoltoon ja kunnossapitoon pitää kiinnittää huomiota.

# Lähteet

- ERI, The Energy Research Institute, University of Cape Town. 2000. How to save energy and money in electrical systems. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: <http://www.3e.uct.ac.za/download.htm>.
- UNEP, United Nations Environment Program, Division of Technology, Industry and Economy. 2004. Cleaner production-Energy efficiency (CP-EE) manual. 295 s. ISBN: 92-807-2444-4. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: [http://www.unep.org/publications/search/pub\\_details\\_s.asp?ID=33](http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=33).
- EU. 2003. European guide to pump efficiency for single stage centrifugal pumps. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: [http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU\\_pumpguide\\_final.pdf](http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU_pumpguide_final.pdf).
- EU 2003b. The European motor challenge programme: Pumping systems module. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: [http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/Mod\\_pum2.pdf](http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/Mod_pum2.pdf).
- DOE, Department of Energy. 2004. Variable speed pumping: a guide to successful applications. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: [http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs\\_motors.html](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html).
- DOE, Department of Energy. 2006. Improving pumping system performance: a sourcebook for industry. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: [http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs\\_motors.html](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubs_motors.html).
- EU 2001. Efficiency characteristics of centrifugal pumps. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 14.11.2008]. Saatavissa: [http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/PUMPS\\_efficiency\\_basic.pdf](http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/motorchallenge/pdf/PUMPS_efficiency_basic.pdf).

Lisää tietoa  
[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)