

# Hydraulikomponenttien käyttöikä

Hydraulikomponenttien huolto- tai vaihtovälin määrittäminen on haastava osa ennakoivaa kunnossapitoa. Komponenttivalmistajat eivät useimmiten anna tuotteilleen käyttöikäarvoja. Erityisesti teollisuushydrauliikassa komponenttien käyttäminen vikaantumiseen asti johtaa usein suuriin taloudellisiin menetyksiin.



**Aarno Immonen**  
tutkija  
TTY/IHA  
aarno.immonen@tut.fi



**Jari Rinkinen**  
professori, tekn.tri  
TTY/IHA  
jari.rinkinen@tut.fi



**Kuva 1. Vikaantuneita hydraulikomponentteja.**

laskentamallien tai tilastolliseen seurantaan perustuvan mallin avulla. Useimmille hydraulikomponenteille ei ole luotettavia ja helposti kestoian ennustamiseen käytettäviä kunnonvalvontamenetelmiä. Toisaalta osalle komponenteista kunnonvalvonta on ainoa järkevä menetelmä käyttöiän määrittelyyn. Joillekin komponenteille voidaan käyttää kunnonvalvonnan ja ennalta määrätyn määräaikaivaihtovälin yhdistelmää, jossa käyttöiän määrittää ensin toteutettava ehto. [1]

## Työn rajaus

Työ rajoitettiin käsittelemään teollisuushydrauliikan komponenttien käyttöikää. Tämä jakautui vielä kolmeen osaan: eniten käyttöikään vaikuttavien parametrien tunnistamiseen, kunnonvalvontamenetelmien tarkasteluun ja tilastollisen käyttöiänmäärittäysmallin tarjoamiseen. Näiden selvittämiseksi kartoitettiin prosessiteollisuudessa saavutettuja käyttöikäkokemuksia. Tuloksiksi saatiin vain arvioita toteutuneista käyttöikäarvoista. Käytännössä saavutetut käyttöiät

vaihtelivat huomattavasti. Niistä näkyy kuitenkin tyypillinen taso, johon vertaamalla voidaan arvioida muiden käyttöiän toimintaa. Esimerkiksi öljyn käyttöiän arvot vaihtelivat kyselykierroksella välillä kahdesta kahteenkymmeneen vuotta. Pitkä käyttöikä saavutettiin tässä tapauksessa matalan käyttölämpötilan ja pienten epäpuhtauspitoisuuksien avulla. [1]

Aiemmin kehitettyjen käyttöiänmäärittäysmenetelmien soveltuvuus nykyisiin komponentteihin nykyaikais-

## Kunnossapitoyhdistyksen

Hydrauliteknisen toimikunnan "Hydraulikomponenttien eliniän hallinta"-työryhmä (taulukko 1) ohjasi diplomityön, jossa käsiteltiin mahdollisuuksia vaikuttaa komponenttien kestoikään ja määrittää optimaalinen käyttöikä. Työryhmän puheenjohtajana toimi Heikki Pyllkkänen Bosch Rexroth Oy:stä. Työn tarkasti prof. Jari Rinkinen TTY/IHA:lta.

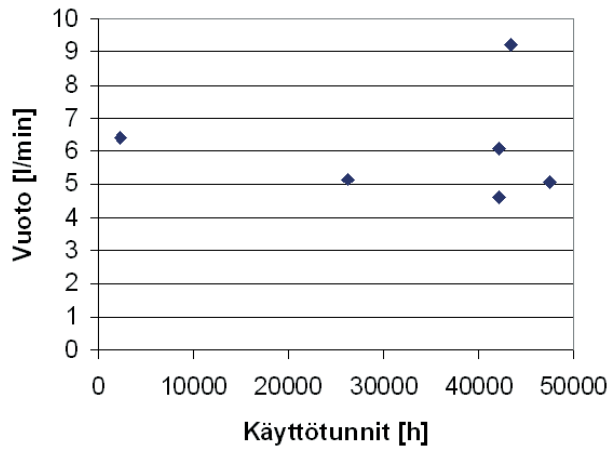
Hydraulikomponenttien käyttöikä voidaan määrittellä kunnonvalvonnan,

## Taulukko 1. Hydraulikomponenttien eliniän hallinta -työryhmä.

Nimi	Yritys
Eksröm Kaj	Hägglunds Drives Oy
Lillqvist Peter	Moog Oy
Luhtanen Tommi	Oy Teboil Ab
Mattila Heikki	Polarteknik PMC Oy Ab
Nikkilä Pekka	Alfa Hydraulikka Oy
Nousiainen Timo	Oy Colly Company Ab
Oinonen Ari	Parker Hannifin Oy
Pyllkkänen Heikki	Bosch Rexroth Oy
Räihä Kaarle	Hydrauliikkah. K. Räihä Oy

sa olosuhteissa todettiin yleisesti huonoksi. Poikkeuksen tästä tekivät ainoastaan vierintälaakereiden kestoon perustuvat menetelmät. Nykyiset käyttöolosuhteet ovat usein niin hyvät, ettei aiemmin laadittujen menetelmien oletuksia voida enää hyväksyä. Nopeutettujen, muutamien tuntien tai satojen tuntien pituisten testien perusteella ei voida tehdä riittävän tarkkoja päätelmiä komponenttien kestoikästä, joka on usein kuitenkin kymmeniätuhansia tunteja. [1]

Analyttisten käyttöiänmäärittelymenetelmien lisäksi tarkasteltiin mahdollisuuksia komponenttien kunnonvalvontaan. Kuntoon perustuva käyttöiänmääritys on melko yksinkertaista joillekin komponenteille, kuten öljyille ja sylintereille. Pumppujen kunnonvalvontaa vuotovirtausten perusteella tarkasteltiin yhdellä tehtaalla samanlaisessa käytössä olleiden pumppujen mittauksilla. Käyttäjän ja vuotovirtausten välillä ei ollut selvää yhteyttä (kuva 2). Pumppuja ei kuitenkaan päästy avaamaan työn aikana, joten erojen syitä ei pystytty selvittämään. [1]



**Kuva 2. Samoissa olosuhteissa käytettyjen samanlaisten vinolevyppumppujen vuotovirtauksia. [1]**

Venttiilien ja joidenkin letkujen kunnonvalvonta on lähes mahdotonta. Erityisesti tällöin määräaikaisvaihtovalin määrittäminen on tärkeää, jos halutaan suorittaa ennakoivaa kunnossapitoa. Määräaikaisvaihtovalin huonoihin puoliin kuuluu kuitenkin se, että useimmat komponentit kestäisivät käytössä pidempäänkin. [1]

### Käyttöiän määrittely seurannan perusteella

Aiemmista tutkimuksista nähtiin eri parametrien suhteellisten vaikutusten suuruuksia. Niiden ja käytännön kokemusten perusteella pystyttiin määrittämään kunkin komponentti-ryhmän kestoikänsä eniten vaikuttavat käyttöparametrit. Ke-

räämällä seurantatietoja niiden perusteella eri toimintapisteissä käytettyjen komponenttien kestoikästä, voidaan jatkossa määrittää komponenttien kestoikä tilastollinen malli. Sen ja komponenttien vikaantumiseen liittyvien kustannusten perusteella voidaan määrittää taloudellisin käyttöikä. [1]

Kun käyttöiän kerääminen aloitetaan, täytyy aluksi kartoittaa seurattavat kokonaisuudet. Ensin määritellään kaikki komponentit, joista kerätään seurantatietoja. Ne lajitellaan tyyppiin ja käytön mukaan ryhmiin, joissa jokaisen komponentin oletetaan toimivan samalla tavalla samoissa olosuhteissa. Tällaisen ryhmän komponenttien lukumäärä on samalla näytesarjan koko. [1]

Näytesarjan vikaantuneiden komponenttien käyttöikä kirjataan ylös. Myös jo kertaalleen vikaantuneen komponentin tilalle vaihdetun komponentin seuraavaan vikaantumiseen kulunut aika kirjataan ylös. Tällaisessa tapauksessa näytesarjan kokoa kasvatetaan yhdellä. Vikaantuneen komponentin tilal-

## KANNATTAVUUTTA KUNNOSSAPITOON!



### Ultraprobe-ultraäänimittalaitteet

- Kaasuvuotojen, mekaanisten ja sähkövikojen tarkistuksiin
- kaasu- ja paineilmaverkostojen vuodot
  - venttiilien sulkeutumiset ja muut sisäiset vuodot
  - laakerivauriot ja vaihteistoviat
  - sähkökaari- ja koronapurkaukset

### Tilaukset ja tiedustelut:

Kari Siekkinen, GSM 044 7555 718



### Fluoresoivat vuodontarkistusvärit ja UV-lamput

- Ulkoisten nestevuotojen tarkastuksella vuotamattomuuteen
- vähemmän tuotantohäiriöitä
  - lisää työ- ja paloturvallisuutta
  - minimoi taloudelliset menetykset
  - täyttää laatu- ja ympäristönormit



Maahantuoja:

**Tecalemit**  
INDUSTRY GROUP



Oy Tecalemit Ab, Hankasuontie 13, 00390 Helsinki. Vaihde 029 006 200, fax 029 006 1200. www.tecalemit.fi

**Riskialtis:**

Kopioitu  
varaosa.

**Riskitön:**

Rexrothin  
alkuperäisosa.

Toimi varman päälle - käytä Rexroth-alkuperäisosa

Alkuperäisosien korvaaminen kopioituilla tuntuu edullisemmalle. Kopioidut merkitsevät kuitenkin potentiaalista uhkaa koneellesi, koska komponenttien materiaalien laatustandardit, viimeistely ja lämpökäsittelyt ovat tekemättä tai vain osittain tehty. Tästä voi aiheutua koneen pitkäaikaiseen seisokkiin johtavia vaurioita. Ainoa ratkaisu välttää riskit ovat alkuperäiset Rexroth-komponentit. Tehokkaalla tutkimus- ja tuotekehitystyöllä ja tiukoilla laatutarkastuksilla varmistamme, että asiakkaamme nukkuvat yönsä hyvin.

Bosch Rexroth. **The Drive & Control Company**

Bosch Rexroth Oy  
[www.boschrexroth.fi](http://www.boschrexroth.fi)

Electric Drives  
and Controls

Hydraulics

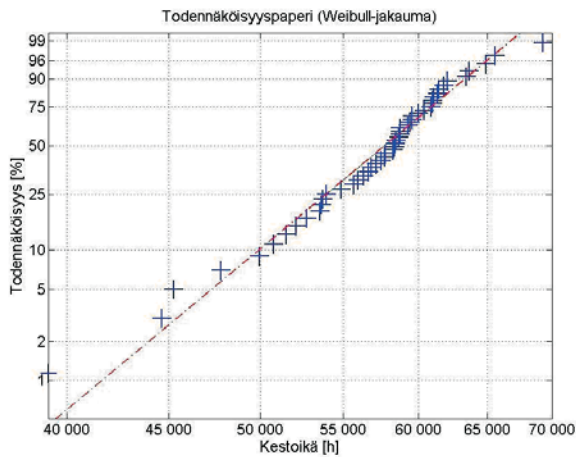
Linear Motion and  
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

**Rexroth**  
Bosch Group





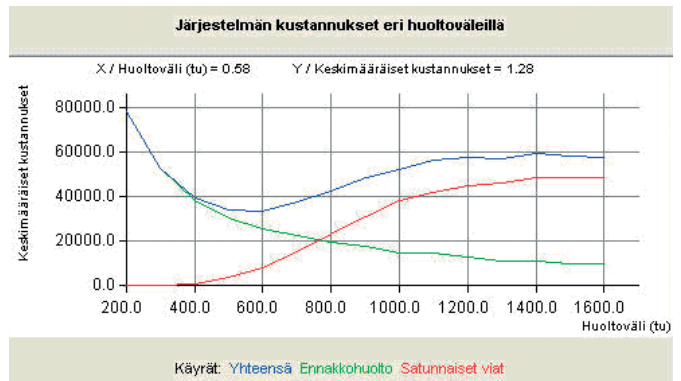
**Kuva 3. Esimerkki vikaantumisaikojen sijoituksesta Weibull-jakauman todennäköisyyspaperille. [1]**

le vaihdettua vikaantumaton komponenttia ei oteta huomioon laskelmissa ennen kuin se on kestänyt pidempään kuin pisin toteutunut vikaantumisaika. Samoin on tilanne, jos seuranta aloitetaan siten, että käytössä on eri ajan toimineita komponentteja. [1]

Analysointivaiheessa vikaantumisaikat järjestetään suuruusjärjestykseen ja niille määritetään näytesarjan koosta riippu-

vat mediaaniarvot. Ne ilmoitavat kyseisen arvon edustaman suhteellisen osuuden koko näytteestä. Vikaantumisaikat ja niitä vastaavat prosenttiosuudet voidaan tämän jälkeen sijoittaa esimerkiksi niin sanotulle todennäköisyyspaperille (kuva 3). Näin saadaan määritettyä komponentin vikaantumistodennäköisyysjakauma tietystä toimintapisteestä. [1]

Käyttöäinmäärittelymenetel-



**Kuva 4. RAMOptim-ohjelman käyttöä taloudellisimman käyttöön selvittämiseksi. Esimerkissä taloudellisin käyttöikä on 600 tuntia. [2]**

mänä tarkasteltiin RAMOptim-ohjelmaa. Se soveltuu käyttöäin määritykseen, mikäli seuranta-tietojen perusteella saavutettua vikaantumistodennäköisyysjakaumaa pystytään mallintamaan sen käyttämällä jakaumalla. Tyypillisessä tilanteessa komponentin vikaantumisesta aiheutuvat kustannukset ovat niin suuret, että muutamien prosenttien vikaantumistodennäköisyydellä saavutetaan taloudellisin käyttöikä. Tällöin riittää pelkästään jakauman alkupään realistinen

mallintaminen. Esimerkki ohjelman mahdollisuuksista on esitetty kuvassa 4. [1]

### Havainnot käyttöästä

Työn tuloksia voidaan käyttää hyväksi myös suunniteltaessa hydraulijärjestelmiä, joiden luotettavuus ja komponenttien kestoikä ovat tärkeitä kriteerejä. Eri parametrien suhteellisia vaikutuksia kestoikään tarkasteltiin useiden komponenttityyppien osalta. Esimerkiksi

## TÄYDEN PALVELUN HYDRAULIIKKATALO



## HYDRAULIIKKAHUOLTO K. RÄIHÄ OY

Hallimestarinkatu 26, 20780 Kaarina  
puh. 02 2754 100, fax 02 2754 111  
www.raiha.com

## KAIKKI SUODATINPATRUUNAT, KAIKKI MERKIT JA TYYPIT, KYSY!

### Hydro - Storm HYSTO

Hydro-Storm Oy  
Nuolitie 25 B  
FI-02240 Espoo  
Y-tunnus 209 3476-7

Puhelin/Tel 0500-486 234 (+358-500 486 234)  
Fax 09-8036832 (+358-9 8036832)  
etunimi.sukunimi@Hydro-Storm.fi  
www.Hydro-Storm.fi

erään pumppuvalmistajan laskelmien mukaan tietyn vinolevyypumpun kestoikä noudattaisi **kuvan 5** mallia. [1]

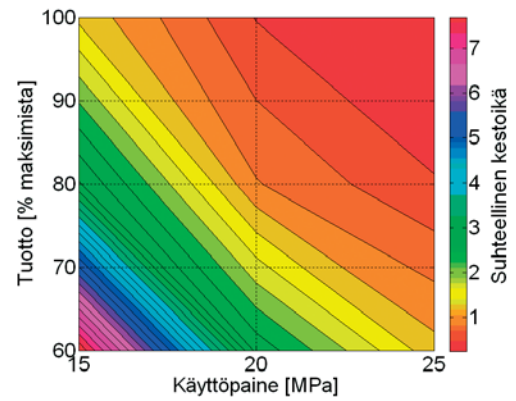
Kiinteiden epäpuhtauksien tarkka suodatus on pitkän kestoian perusedellytys koko järjestelmälle. Toistensa suhteen liikkuvia pintoja sisältävissä komponenteissa kulumista voidaan vähentää eniten suodatusta parantamalla. Puhtausluokan ollessa hyvä, seuraavaksi merkittävimpinä parametreina esille nousivat käyttöpaine ja -lämpötila. Kaikkien komponenttien keston voidaan todeta olevan riippuvainen ainakin toisesta, usein vielä molemmista näistä parametreista. Lisäksi riippuvuus on epälineaarinen ja pienelläkin toimintapisteiden muutoksella voidaan saavuttaa huomattava lisäys käyttöikänsä. [1]

Käyttöpaine vaikuttaa kuormittaviin voimiin ja on siten merkittävä tekijä abrasiivisen, adhesiivisen ja väsymiskulumisen kannalta. Vikaantumismekanismit muuttuvat usein käyttöpaineen funktiona, ja matalilla paineilla toimivien komponenttien katastrofaalinen vikaantuminen onkin

harvinaista. Usein ne vain kuluvat hitaasti, eivätkä enää pysty täyttämään vaadittuja suoritusarvoja. Korkeilla käyttöpaineilla virtaushäviöistä johtuva lämpeneminen on usein voimakkaampaa ja suurista virtausnopeuksista johtuen kavitaatio- sekä eroosiokuluminen lisääntyvät. Käyttöpaineen lisäksi merkittävä tekijä ovat järjestelmässä esiintyvät paineiskut. Ne aiheuttavat väsyttävää kuormitusta. [1]

Käyttölämpötila vaikuttaa kemiallisten reaktioiden nopeuteen. Työssä todettiin kunkin noin 10 °C lämpötilan nousun yli normaalin käyttölämpötilan puoltittavan kestoian useimmilla polymeereillä, kuten öljyillä ja kumeilla. Öljyn hapettuminen voi aiheuttaa hartsimaisten yhdisteiden kerääntymistä venttiilien karojen ja holkkien väliin ja edesauttaa siten kulumista tai aiheuttaa venttiilin jumitumisen. Myös säätöventtiileihin integroitujen elektroniikkakomponenttien kestoikä lyhenee voimakkaasti lämpötilan noustessa.

Lisäksi polymeerimateriaalien hajoaminen ja ominaisuuksien heikkeneminen kiihtyy lämpö-



**Kuva 5. Vinolevyypumpun suhteellinen käyttöikä käyttöpaineen ja tuoton funktiona. [3]**

tilan funktiona. Tämä vaikuttaa letkujen, suodattimien ja tiivistimien käyttöikänsä. Öljyn käyttölämpötila vaikuttaa voimakkaasti sen viskositeettiin ja siten voitelukalvon paksuuteen. Korkeasta lämpötilasta johtuva liian matala viskositeetti voi johtaa voitelukalvon petteämiseen ja nopeaan kulumiseen. [1]

Öljyn ominaisuuksista epäpuhtautason ja viskositeetin merkitys on tiedostettu hyvin. Kuitenkin myös muilla öljyn ominaisuuksilla on vaikutusta komponenttien kestoikänsä. Kulumisenesto- ja EP-lisäaineilla voidaan vaikuttaa rajavoitelutilanteissa tapahtuvaan kulumiseen. Niillä voidaan vähentää kitkaa puutteellisissa voiteluolosuhteissa ja estää tietyissä tapauksissa kiinnileikkautuminen. Toisaalta esimerkiksi hapettumisenestolisäaineilla öljyn omaa käyttöikänsä saadaan lisättyä merkittävästi. Öljyssä olevilla pesuaineilla taas voidaan vähentää hapettumistuotteiden tarttumista komponenttien pinnoille ja siitä aiheutuvaa takertelua sekä kulumista. [1]

## Päätelmät

Mitä paremmat olosuhteet hydraulikomponentin toimintapisteessä on, sitä pienemmällä asiolla saavutetaan merkittäviä parannuksia. Esimerkiksi huonolla suodatuksella varustetussa järjestelmässä öljyn lisäaineistuksella saavutettava kestoian pidentäminen ei ole merkittävä, ehkä vain muutaman prosentin, koska epäpuhtauksista johtuva kuluminen on hallitsevaa. Sen sijaan puhtaissa olosuhteissa lisäaineistuksen merkitys nousee huomattavaksi ja jo muutenkin pitkä kestoikä voi moninkertaistua. Tästä syystä yksittäisten pa-

rametrien muutosten vaikutuksia ei aina voida tarkastella erillisinä. [1]

Eri parametrien yhteisvaikutusten ja muutenkin tuntimäärien käyttöiän arvojen määrittämiseksi täytyy kerätä seuranta-tietoja käytännössä toteutuneista kestoian arvoista eri toimintapisteissä. Näin saatavat seuranta-tiedot mahdollistavat, paitisi optimaalisen käyttöiän määrittämisen kyseisessä toimintapisteessä, myös pidemmällä käyttöiän arvoilla toimivien komponenttien ja järjestelmien kehittämisen. Käyttäjille kohdistuva taloudellinen hyöty voi olla merkittävä, jos komponentit pystytään vaihtamaan optimaalisiin vaihtovälein ja niiden toimintapisteitä muuttamalla päästään pidempiin käyttöiän arvoihin. [1]

Aiheesta tehtyjä aiempia tutkimuksia, kuten tässä referoitua diplomityötäkin, on haitannut kattavien seuranta-tietojen puute. Tällöin on usein turvaututtu nopeutettujen testien tekemiseen. Referoidun työn tuloksena saadun ohjeistuksen perusteella kerättävät komponenttien vikaantumistiedot mahdollistavat jatkossa aiheen perusteellisemmän tutkimisen. [1]

## Lähteet

[1] Immonen, A. 2007. Hydraulikomponenttien käyttöiän tarkastelu. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. 90 s.

[2] Ramentor. RAMOptim-demo huoltovälien optimoinnista [WWW-video]. [viitattu 5.5.2007] Saatavissa: <http://www.ramentor.com/etusivu/tuotteet/>

[3] Anon. Pumpun käyttöikä. 2007. Pumppuvalmistaja. Sisäinen laskentamalli. ■

Tarjoamme asiantuntevaa palvelua ja Suomen laajimman tiivisteoelman; o-renkaat, akselitiivisteet, hydraulikkatiivisteet ja leikatut tiivisteet omasta leikkaamostamme.

Toimitamme myös turvalliset ja luotettavat nostolaitteet ammattikäyttöön huoltopalveluin ja varaosin.

**KLINGER ramikro**

010 400 1015 info@ramikro.fi www.ramikro.fi



**Kuvittele maapallo, joka ei vain pyöri, vaan suorastaan lentää.**

Riippumatta siitä tuotatko, rakennatko, valmistatko tai käytätkö, yksi asia on varma: paremmat voiteluaineet ja osaavampi voiteluainetoimittaja nostavat tuottavuutta. Siksi yli 5000 koneenrakentajaa eri puolilla maailmaa arvostaa Mobil-teollisuusvoiteluaineita. Tasokkaan tuotevalikoiman ja ainutkertaisen teollisuusosaamisen ansiosta Mobil-teollisuusvoiteluaineet eivät ainoastaan saa tuottavuutta kasvamaan. Me päästämme sen valloilleen. Lue lisää osoitteesta [www.mobilindustrial.com](http://www.mobilindustrial.com).