



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Materiaali on osa Hiilineutraali teollisuus –koulutuskokonaisuutta

OKM/359/522/2020

(1.2.2021-31.12.2023)



OPETUS- JA
KULTTUURIMINISTERIÖ



CC BY-SA 4.0 DEED

Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen





SMART
Industry

Energiakatselmus

Lehtori Jukka Hautala



Miksi raportointia on ohjeistettu?

- Varmistetaan katselmoijien työn laatu
 - Avustuskäytäntö: sama vaatimus kaikille
 - Kohteita käsitellään samoin periaattein
 - Oleelliset energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat käydään läpi
 - Raportin sisältö eri tekijöillä saman laajuinen
 - Asiakas saa yhdenmukaista sisältöä ja laatua
- Tulosten arviointi ja tilastointi helpottuu
 - Oleelliset asiat tiivistetyssä taulukkomuodossa
 - Yhteenvedoista tiedot suoraan tietokantaan
 - Suomessa tulosten seuranta huippuluokkaa

Energiakatselmus tuo esiin säästökohteet

- Yhteistä kaikille katselmusmalleille on, että Motiva-energiakatselmus on aina kokonaisvaltainen energian ja veden käytön tarkastelu, jonka perusteella tuodaan esiin kannattavat säästötoimenpiteet.
- Toinen yhteinen piirre katselmusmalleille on, että mallit on kehitetty käytännön katselmustyöstä saatujen kokemusten perusteella.
- Energiakatselmus toimii osana kulutusseurantaa, kiinteistön ylläpitoprosessia sekä energia- ja ympäristöasioiden hallintaa.
- Energiakatselmuksen avulla energiankäyttö tehostuu ja entistä tehokkaampi energiankäyttö merkitsee säästöjä energia- ja vesikustannuksissa.

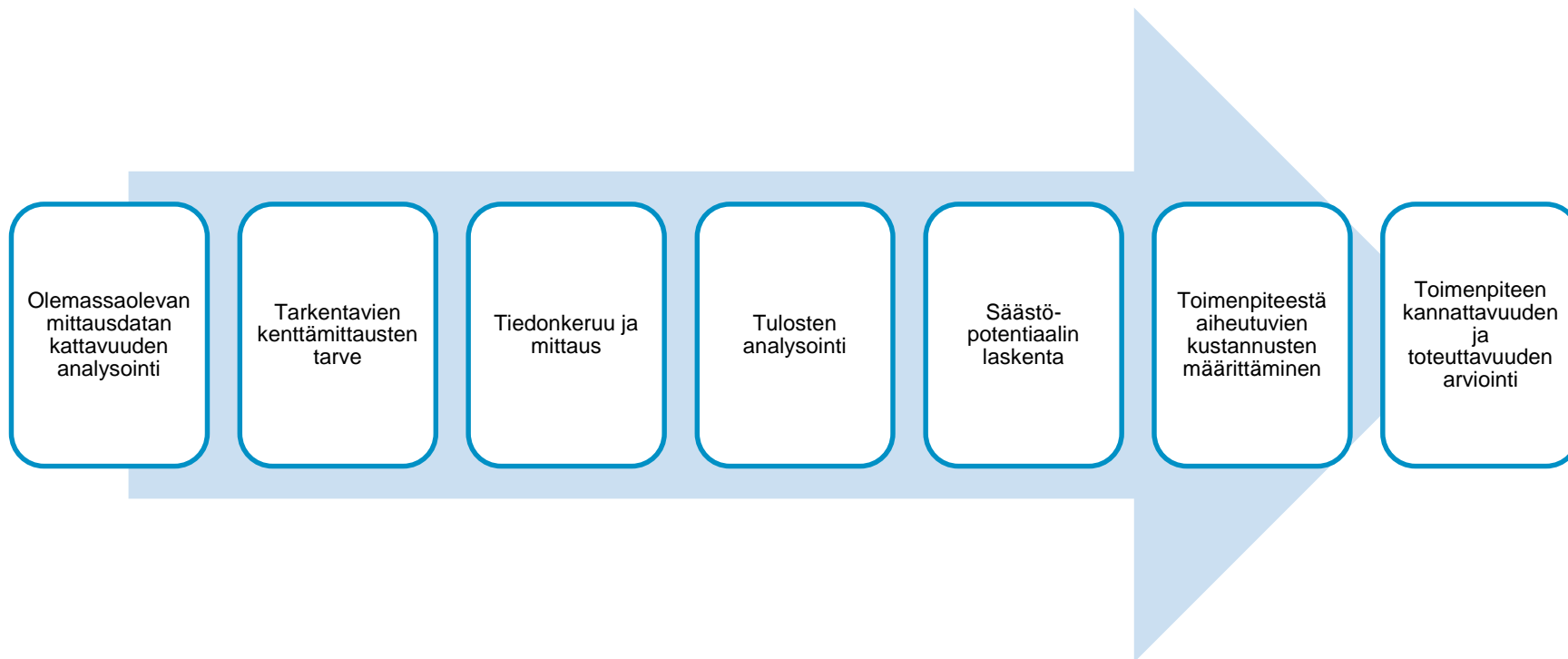
https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmuksenet/energiakatselmusmallit

Energiakatselmusmallit	↓
Kiinteistön energiakatsastus	
Kiinteistön energiakatselmus	
Täsmäkatselmus	
Teollisuuden energiakatselmus	
Teollisuuden 2-vaiheinen energiakatselmus	
Teollisuuden energia-analyysi	
Teollisuuden 2-vaiheinen energia-analyysi	
Prosessiteollisuuden energia-analyysi	
Voimalaitoksen energia-analyysi	
Kaukolämpökatselmus	
Käyttöönottokatselmus	
Seurantakatselmus	
Kuljetusketjujen energiakatselmus	
Energiakatselmusten tarkennetut toteutusohjeet	

Energiakatselmusraportin pääjaottelu

- Esipuhe
- 1 Yhteenveto kohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä
- 2 Kohteen energiankäytön nykytila
- 3 Kohteen energiatalouden arviointi
- 4 Ehdotetut toimenpiteet

Mittausten jalostaminen



Millaista mittaustietoa katselmoija tarvitsee?

- Katselmoijan perustarpeet
 - Vuosikulutukset vähintään kuukausitasolla 3-5 edelliseltä vuodelta
 - Kulutusdataa myös tuntitasolla (sähkö löytyy aina, kaukolämpö ainakin isoimmilla paikkakunnilla, prosessilaitoksissa höyryn-/kaasunkulutustrendit)
 - Analyysiä tukevaa prosessi-, tuotanto- ja olosuhdedataa riittävä määrä
- Muuta hyödyllistä tietoa mittauksen tueksi
 - Olemassa olevat taseet ja tehdyt tarkastelut
 - Dokumentteja, kaavioita, toimintakuvauksia,...
 - Kiinteistöjen tapauksessa säätiedot, lämmitystarveluvut ja tieto kiinteistön käytöstä auttavat kulutusdatan analysoinnissa

Tietojen keräys

- On-line järjestelmät
- Raportointijärjestelmät
- Mitä tehtävissä kun kaikkea tarvittavaa dataa ei ole saatavilla?

Mittausten suunnittelussa huomioitavia asioita

- Mitä kohteita tarvitsee mitata?
- Mikä on mittauksen tarkkuusvaatimus?
- Millaisia reunaehtoja tarkasteltava kohde aiheuttaa mittaukselle?
- Millä menetelmällä mittaus tehdään?
- Mihin ja kuinka mittaus sijoitetaan prosessissa?
- Mitä mittauksia asiakas voi tehdä itse?

Taseraja

- Termodynamiikassa kutsutaan tarkasteltavana olevaa todellisuuden osaa systeemiksi.
- Kaikki systeemin ulkopuolelle jäävä on ympäristöä.
- Systeemin ja ympäristön välinen rajapinta on taseraja

- Yksinkertaisimmillaan voi suljettu systeemi olla esim. jokin kiinteä kappale.
 - Taserajaksi on tällöin luontevaa valita ko. kappaleen ja sitä ympäröivän aineen välinen rajapinta.

- Toinen yksinkertainen suljettu systeemi voisi olla suljetussa säiliössä oleva kaasu tai neste.
 - Tällöin taseraja muodostuisi säiliön seinästä. On kuitenkin syytä korostaa, että taserajan ei tarvitse muodostua mistään todellisista rajapinnoista, vaan taseraja voi olla myös täysin kuvitteellinen.

- Taseraja voi myös siirtyä tai muuttaa muotoaan

Toimenpide-ehdotus, ohjeita

- Toimenpiteistä esitetään
 - Sanallinen kuvaus ja perustelut
 - sanalliset perustelut säästötoimenpide-ehdotuksille: lähtötilanne, tilanne säästötoimenpiteen jälkeen ja mistä säästö muodostuu.
 - arvio vaikutuksista energian, veden ja kustannusten säästöön
 - toteuttamisen kustannusarvio
 - toimenpiteen suora koroton takaisinmaksuaika. Voidaan esittää myös toimenpiteen taloudellinen kannattavuus muilla laskentamenetelmillä (nykyarvomenetelmä, sisäinen korko).
 - säästötoimenpiteen vaikutus kohteen energiankäytön hiilidioksidipäästöihin (CO₂).
- Tavoitteena on, että tilaajalla on riittävät edellytykset tehdä toimenpiteestä toteutus päätös tai päätös toteutukseen tähtäävästä suunnittelutyöstä!

Säästötoimenpiteen tiedot

- Energiansäästö (MWh/a) –netto
- Kustannusten säästö (€/a) –netto
 - mistä aiheutuu (energiamaksut, tariffimuutos, tehomaksu, perusmaksu..)
- Miten säästö on laskettu
 - Arvioitu
 - Mittauksiin perustuva
- Oleelliset tiedot
 - mikä muuttuu ja mistä mihin
 - teho, käyttöaika
 - energian hinta

Sähköjärjestelmien säästämahdollisuuksia

- Tariffitarkastelu
 - Loistehon kompensointi
 - Pääsulakekoon pienentäminen
 - Huipputehojen rajoitus
 - Kulutuksen ajoittaminen päivä/yö- ja talvi/kesä-hinnoittelussa
 - Useamman sähköliittymän yhdistäminen
 - Veroluokan tarkistaminen!
-
- Kulutusjouston merkitys kasvaa tulevaisuudessa sähkön hankinnan kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa!

Sähköjärjestelmien säästömahdollisuuksia

- Sähkön kulutusjakauma laitteistoryhmittäin
- Työkaluja kulutusjakaumaan ja -arvioon
 - Mittausdata
 - Ominaiskulutukset/-tehot
 - Lämpötilan pysyvyyskäyrät
 - Lämmitystarveluvut
 - Kuukausikulutus
 - Tuntitehokäyrät
- Tuotanto, tehokkuus, turvallisuus ja viihtyvyys eivät saa heikentyä!
 - Tarpeenmukaiset olosuhteet säilyttävä!
 - Tarpeenmukainen käyttö ja tarpeenmukaiset ohjausjärjestelmät
 - Tehokkaat ja hyötysuhteeltaan parhaat järjestelmät
 - Huomioi elinkaarikustannukset! TCO-ajattelu!

Sähköjärjestelmien säästömahdollisuuksia

Esimerkkejä yleisimmistä sähkön säästökohteista

- Kiinteistötekniikka
 - Valaistus
 - LVI
 - Sähkölämmitys
 - Jäähdytys- ja kylmälaitteet
- Tuotantoprosessien käyttöhyödykkeet (tehdaspalvelujärjestelmät)
 - Paineilma
- Tuotantoprosessit
 - Puhallus- ja pumppausjärjestelmät
 - Muut sähkömoottorikäytöt
 - Sähköiset prosessilämmitykset

Valaistusenergian säästö

- Led-valaistukseen siirtyminen
- Valaistuksen tarpeenmukainen käyttö ja eri ohjausmahdollisuudet
- Katselmuksen yhteydessä suositellaan suoritettavaksi tilojen valaistusvoimakkuusmittauksia
 - Tila, valaistusvoimakkuudet, suositukset
- https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/valaistustieto

Energiat ehokkaat sähkömoottorit

- IE hyötysuhdeluokitus (International Efficiency)
 - IE 1 = Standard (~ ent. EFF 2)
 - IE 2 = High (~ ent. EFF 1)
 - IE 3 = Premium (-)
 - IE 4 = Super premium (-)
 - IE 5 = Ultra premium
-
- Keskeinen asia sähkömoottorien käämintätarpeen, vaihdon ja uudishankinnan yhteydessä!

Taajuusmuuttajat

- Taajuusmuuttaja säätää pyörimisnopeutta prosessista tms. saadun mittaustiedon perusteella
- Pyörimisnopeuden säädöllä säästetään energiaa ja parannetaan mm. lopputuotteen laatua
- Pehmeä käynnistys säästää mekaanisia ja sähköisiä laitteita

Sähkön säästö LVI-järjestelmissä

- Lämmitysjärjestelmä
 - Tarpeenmukaiset säädöt ja asetukset pumppauksissa
 - Järjestelmän kokonaishyötysuhde
 - Sähköiset lämmitykset
- Ilmastointi/ilmanvaihto
 - Tarpeenmukaiset käyntiajat
 - Ilmavirran säätö
 - Järjestelmän kokonaishyötysuhde
- Jäähdytys
 - Koko jäähdytysketjun kartoitus (tarve => tuotanto)
 - Asetusarvojen tarkistaminen
 - Vapaajäähdytyksen ja lämpöpumppujen käyttömahdollisuudet selvitettävä yhdessä LVI-katselmoijan kanssa

Lämmitysjärjestelmä

- Sisälämpötilojen yhdenmukaistaminen verkoston tasapainotuksella
 - Sisälämpötilojen ja lämmitysverkoston toiminnan tarkastelu
- Lämpötilatasot tilojen käytön mukaan
 - varsinaisten käyttötilojen lisäksi mm. autohallien, varastojen ja teknisten tilojen lämpötilat
- Patteriventtiilit ja muiden huonelaitteiden säädöt
 - toimivuus ja asetukset oikealla tasolla
- Ongelmatilojen olosuhteiden parantaminen tilakohtaisesti
- Lämmitysverkostojen säätökäyrien asettelun muuttaminen
 - ei yllilämmitystä
 - vyöhykekohtaiset säädöt
- Säätlaitteiden korjaus / uusiminen
- Lämminilmakojeiden käytön ja ohjausten muuttaminen
- Ilmavuotojen pienentäminen (tiivistäminen)

Käyttövesijärjestelmä

- Vesikalusteiden virtaaman rajoitus
 - Hanan rajoittimen säätö, poresuuttimet, paineenalennusventtiili
- WC-istuinien huuhtelumäärän pienentäminen
- Vesikalusteiden vuodot!
 - Mahdollisen veden tuntimittauksen hyödyntäminen
- Vesikalusteiden ja WC-istuinien uusiminen
- Lämpimän käyttöveden lämpötilan alentaminen (oltava > 55°C aina)
 - Enemmänkin ongelmia säädön toimivuudessa
- Kastelu-, kostutus-, jäähdytys-, tuotanto-, ym. vesien osalta jätevesimaksuosuuden poistaminen
- Tiheä tippavuoto
 - Tiputtava hana 3l/h, 26m³ vuodessa (40% lämmintä vettä)
- Pieni vuoto
 - Vuotava WC-istuin 30l/h, 260m³ vuodessa
- Jatkuva vuoto
 - Vähän auki oleva hana 180l/h, 1500m³ vuodessa (40% lämmintä vettä)

Ilmanvaihtojärjestelmä

- Ilmanvaihdon käyntiajat / tilojen käyttöajat
- Ohjausmahdollisuuksien parantaminen
- Ilmavirtojen muuttaminen
- Ilmanvaihdon palvelualuejaon osittaminen
- Uuden ilmanvaihtojärjestelmän asentaminen
- Lämpötilojen asetusarvojen muuttaminen
- Lämpötilansäädön parantaminen, säätötavan muutos
- Uuden lämmön talteenoton asentaminen
- Tuloilman lämmityspatterin paluuvesisäädön tarkoituksenmukaisuus
- Tuloilman kuivaus kesällä jäähdyttämällä / asetusarvojen tarkistaminen ja muuttaminen
- Muuttuvailmamäärä / kanavapaineasetusten muutos

Ilmanvaihto, LTO

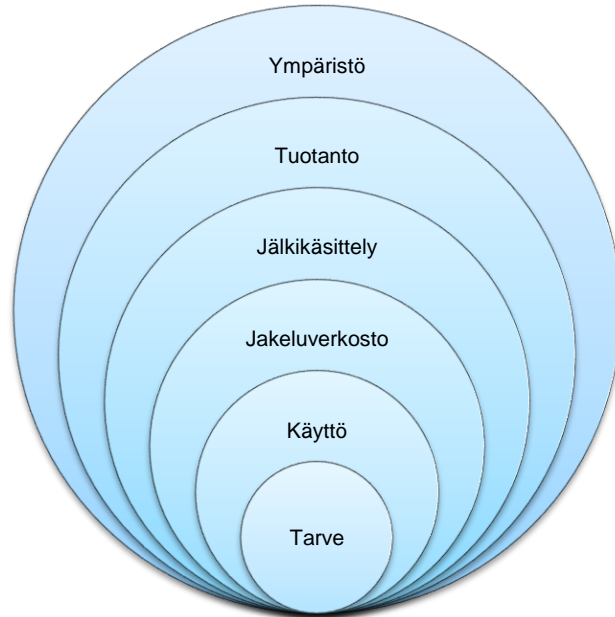
- Lämmön talteenoton toiminnan ja hyötysuhteen parantaminen
- Tyypilliset ongelmat
- Nestekiertoinen LTO
- Levylämmönsiirrin
- Pyörivä kiekko

Jäähdytysjärjestelmä

- Päällekkäisen lämmityksen ja jäähdytyksen estäminen
- Ohjaustapojen ja käyntiaikojen muuttaminen
- Jäähdytysverkostojen toiminta

PATE-analyysi – Paineilman energia-analyysi

- https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/teollisuus/pate-analyysi_paineilman_energia-analyysi.10766.shtml



- Miksi tarvitaan, laatuvaatimukset, korvaavat tekniikat.
- Mihin, milloin ja miten käytetään.
- Pullonkaulat, tilavuus, säiliökapasiteetti, painetasot, vaihtelut, ...
- Suodatus, jäädytys, kuivaus.
- Tekniikka, asetusarvot, painetasot, tuotto, ohjaukset, ominaistehokkuus, käyttötunnit, ...
- Käyttöympäristö, imuilman lämpötila, puhtaus, kosteus, huoltorutiinit, ...

Turha suhina on kallista

- Tehdashedeissa ja tuotantolaitoksissa on usein löydettävissä kymmenittäin vuotoja, joiden yhteenlaskettu vuosikustannus on useita tuhansia euroja
- https://www.motiva.fi/files/6017/Paineilma-analyysi_tuo_saastoja.pdf

Esimerkki

- Eräessä kohteessa tehdyt paineilma-analyysin ehdotukset energiatehokkuustoimiksi

- **Toimenpide**

- Kompressorin vaihto taajuusmuuttajakäyttöiseksi
- Verkoston painetason alentaminen
- Paineilmaverkostojen vuotojen korjaus
- Kompressorien ajotavan muuttaminen
- Kompressorin öljykierron ja paineilman jäähdytyksen lämmöntalteenotto

Takaisinmaksuaika, vuosia

1,0-2,9

0

0,2-0,3

0,2

1,1-1,9

Yleisohjeessa uusiutuvien tarkastelusta

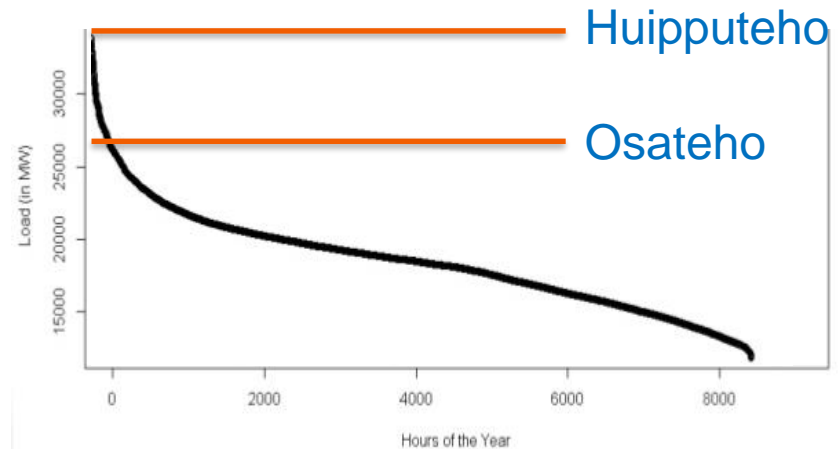
- Uusiutuvien energialähteiden käytön mahdollisuudet ja kannattavuus on tarkasteltava kohteissa, joissa on sähkölämmitys tai käytetään fossiilisia polttoaineita joko lämmön ja/tai sähkön tuotannossa tai prosessissa.
- Vaihtoehdot katselmuksissa tehtävistä uusiutuvien energialähteiden tarkasteluista:
 - Fossiilisen polttoaineen (esimerkiksi öljy) korvaaminen puuperäisellä polttoaineella (esimerkiksi hake).
 - Lämpöpumppujen hyödyntäminen rinnakkaisena tai pääasiallisena lämmöntuotantomuotona tai lämmön talteenotossa. Lämpöpumppujen kannattavuus tarkastellaan aina sähkölämmityskohteissa ja muissa kohteissa, mikäli arvioidaan ko. vaihtoehtojen olevan taloudellisesti kannattavia.
 - Aurinkosähkö tulee tarkastella aina karkealla tasolla
- Muita vaihtoehtoja voidaan tarkastella, mikäli se nähdään tarpeelliseksi
- Velvoittaa niin katselmoijaa kuin katselmoinnin tilaajaa!

Lämmitysmuodon vaihto, ota huomioon

- Nykyisen lämmitysjärjestelmän ikä ja kunto
- Lämmön- ja tehontarve sekä sen vaihtelut
- Lämmön jakaminen
- Tilan tarve ja liikennöinti
- Verkoston tarve ja siitä syntyvät häviöt
- Paikalliset lämpöyrittäjät
- Maalämpö
- Etäisyys kaukolämpöverkosta
- Varaaja
- Polttoaineen saatavuus, tarve ja varastointi

Mitoitus

- Laske tai selvitä huipputeho
- Ota huomioon tulevat muutokset esim. laajennukset
- Tuotetaanko lämpö yhdellä kattilalla tai lämpöpumpulla vai onko varakattiloita tai muita tukevia järjestelmiä, mikäli huipputehoa tarvitaan vain lyhyen aikaa vuodesta
- Esimerkiksi lämpöpumppujärjestelmää ei välttämättä kannata mitoittaa huipputeholle



Lämpöpumppujen hyötysuhteet

- COP (= coefficient of performance)
 - Kuinka paljon pumppu tuottaa lämpöä kyseisellä hetkellä ja kyseisissä olosuhteissa suhteessa sen käyttämään sähköenergiaan
 - Maalämpöpumpuilla usein: maaliuos 0/-3 astetta ja lämmönjako +35 astetta.
 - Ilma-vesilämpöpumpuilla ja ilmalämpöpumpuilla ulkolämpötilana käytetään +7 astetta. Ilma-vesilämpöpumpun lämmönluovutus ilmoitetaan yleensä olosuhteissa +35.
 - Yleisen standardin mukainen COP-arvo ei huomioi käyttöveden tuotantoa
 - Tarkista laskennassa käytetty standardi sekä lämpötilatasot

Teoreettinen lämpökerroin

- Lämmityskäytössä suhdelukuna käytetään lämpökerrointa, jolla tarkoitetaan lämmitettävään tilaan siirretyn lämpömäärän (Q_H) ja tehdyn työn (W) suhdetta:

$$COP = \frac{Q_H}{W} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C}, \text{ missä } Q_C \text{ on viileämmästä ympäristöstä (ulkoilmasta) otettu lämpömäärä}$$

- Esimerkki: Teoreettinen maksimi lämpökertoimelle kahdessa tapauksessa. Lämpöenergiaa siirretään ulkoa sisälle ilmalämpöpumpulla kun $+7^\circ\text{C}$ ja -15°C . Sisäyksikön lauhduttimen lämpötila 32°C . Ulkoyksikön höyrystimen lämpötila -3°C vs ulkolämpötila

$$\bullet COP_{teoreettinen+7} = \frac{(273+32)K}{(273+32)K - (273+7-3)K} = \frac{305K}{305K - 277K} = 10,9$$

$$\bullet COP_{teoreettinen-15} = \frac{(273+32)K}{(273+32)K - (273-15-3)K} = \frac{305K}{305K - 255K} = 6,1$$

- Käytännössä COP paljon heikompi

Lämpöpumppujen hyötysuhteet

- SCOP (Seasonal COP = seasonal coefficient of performance)
 - Vuotuinen lämpökerroin, joka ilmoitetaan tietyllä ilmastovyöhykkeellä. Pohjois-Eurooppaa edustaa Helsinki.
 - SCOP antaa COP-lukua paremmin suuntaa laitteen hankinnan kannattavuudesta
 - Maalämpöpumpun yhteydessä tarkastellaan SCOP arvossa maaliuksen lämpötilaa ja lämmönjakopuolen lämpötilaa
 - SCOP-arvo ei huomioi käyttöveden tuotantoa
 - Tarkista ilmoitetun SCOP luvun ilmastovyöhyke

Lämpöpumppujen hyötysuhteet

- SPF = (Keskimääräinen vuotuinen lämpökerroin)
 - Ilmoittaa saadun käyttökelpoisen lämpöenergian määrän suhteessa käytettyyn sähköenergiaan vuodessa. Suomessa rakentamismääräyskokoelman yhteydessä käytettyyn SPF-lukuun ei sisälly sähkövastuksen vuotuista kulutusta.
 - SPF-arvo huomioi vuotuisen käyttöveden tuotannon
 - Sekoitetaan usein COP-arvoon
 - Kannattavuuslaskennat tulisi tehdä SPF-arvoa käyttäen

Lämpöpumppujen hyötysuhteet

- $EER / SEER = \text{kylmäkerroin} / \text{vuotuinen kylmäkerroin}$
 - Laitteella tuotettu jäähdytysenergia suhteessa jäähdytykseen kuluneeseen sähköenergiaan, keskimääräinen vuositason kerroin, laskettu tietyllä ilmastovyöhykkeellä.