

Hukka- ja ylijäämälämpö

Mahdollisuudet, esteet & potentiaali CO₂-päästöjen vähentämiseen

Lisää etunimi, sukunimi, ammattinimike, organisaatio, tapahtuman nimi jne.



LowTEMP training package - OVERVIEW

Johdanto

Johdanto Ilmastonsuojelupolitiikka ja sen tavoitteet

Johdanto Energianjakelujärjestelmät ja matalan lämpötilan kaukolämpö

Energianjakelujärjestelmät Itämeren alueella

Energiastrategiat ja pilottiprojektit

Energiastrategioiden kehittämisen metodologia

Pilottienergiastrategiat – Tavoitteet ja edellytykset

Pilottienergiastrategiat – esimerkkejä

Pilottitestaustoimet

CO₂-päästölaskenta

Elinkaariarviointilaskenta

Taloudelliset näkökohdat

LTDH-hankkeiden elinkaarikustannukset

Taloudellinen tehokkuus ja rahoitusvajheet

Urakointi- ja maksumallit

Liiketoimintamallit ja uudet rahoitusrakenteet

Tekniset näkökohdat

Putkistojärjestelmät

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP)

Ison mittakaavan aurinkoenergiajärjestelmät

Hukka- ja ylijäämälämpö

Ison mittakaavan lämpöpumput

Power-2-Heat and Power-2-X -tekniikat

Lämpö- aurinkoenergia- ja vaihemuutosmateriaalivarastot

Lämpöpumppujärjestelmät

Matala lämpötila ja lattialämmitys

Käyttöveden tuotanto

Ilmastointijärjestelmät

Hyvä käytäntö

Hyvä käytäntö I

Hyvä käytäntö II



Yleiskatsaus I

- **Yleistietoa:** Johdanto & hukkalämmön talteenotto Euroopassa
- Hukkalämmön hyödyntämisen **perusperiaate**
- **Tärkeitä hukkalämmön hyödyntämisen askelia Euroopassa**
- **Hukkalämmön hyödyntämisen edut**
- Edut ympäristön kannalta
- Taloudelliset edut
- **Termejä ja määritelmiä**
 - Lämpötilatasot
 - Hukkalämmönlähteiden laatu
 - Lämpönielujen laatu
 - Muita hukkalämmönlähteitä



Yleiskatsaus II

- **Datatilanne** hukkalämmön hyödyntämiseen liittyen
- **Hinnat, potentiaali ja esteet**
- Hukkalämmön hyödyntämiseen ja lisäarvon luomiseen **liittyvät kulut**
- Eurooppalaisia **hukkalämpöhankkeita**



Yleistietoa: hukkalämmön talteenotto Euroopassa

Hukkalämmön hyödyntämisen mahdollisuudet:

- **Energiatehokkuuden lisääminen** yrityssektorilla
- Vuosille 2030 ja 2050 asetettujen **CO₂- päästövähennystavoitteiden saavuttaminen**
- **Primäärienergian säästäminen**
- Hukkalämpöä voidaan käyttää joko **korvaamaan tai täydentämään** perinteisin menetelmin tuotettua lämpöä
- **Lämpöverkot sopivat erityisen hyvin** hukkalämmön hyödyntämiseen
→ ne voivat **yhdistellä** useita eri lämmönlähteitä

Hukkalämmön hyödyntämisen perusperiaate

- Hukka- / ylijäämälämpöä syntyy **useiden eri teollisuusprosessien** aikana
- Lämpöä voidaan käyttää **tilojen lämmitykseen tai jäähdytykseen** sekä **käyttöveden tuottamiseen**
- **Lämpötilatasot vaihtelevat** prosessista riippuen
 - Jos lämpötila on kovin matala, tarvitaan **lisälämmitystä** (esim. lämpöpumpun avulla)
 - Ainoat häviöt ovat lämmönsiirtohäviöitä – siksi **lämmönlähteen ja lämpönielun välisellä välimatkalla** on merkitystä **hukkalämmön tehokkaan hyödyntämisen kannalta**
 - Rahalliset **kustannukset ovat kohtuullisen pienet** energiasta saatuun hyötyyn verrattuna



Source: pixabay

Hukkalämmön hyödyntämisen peruseriaate

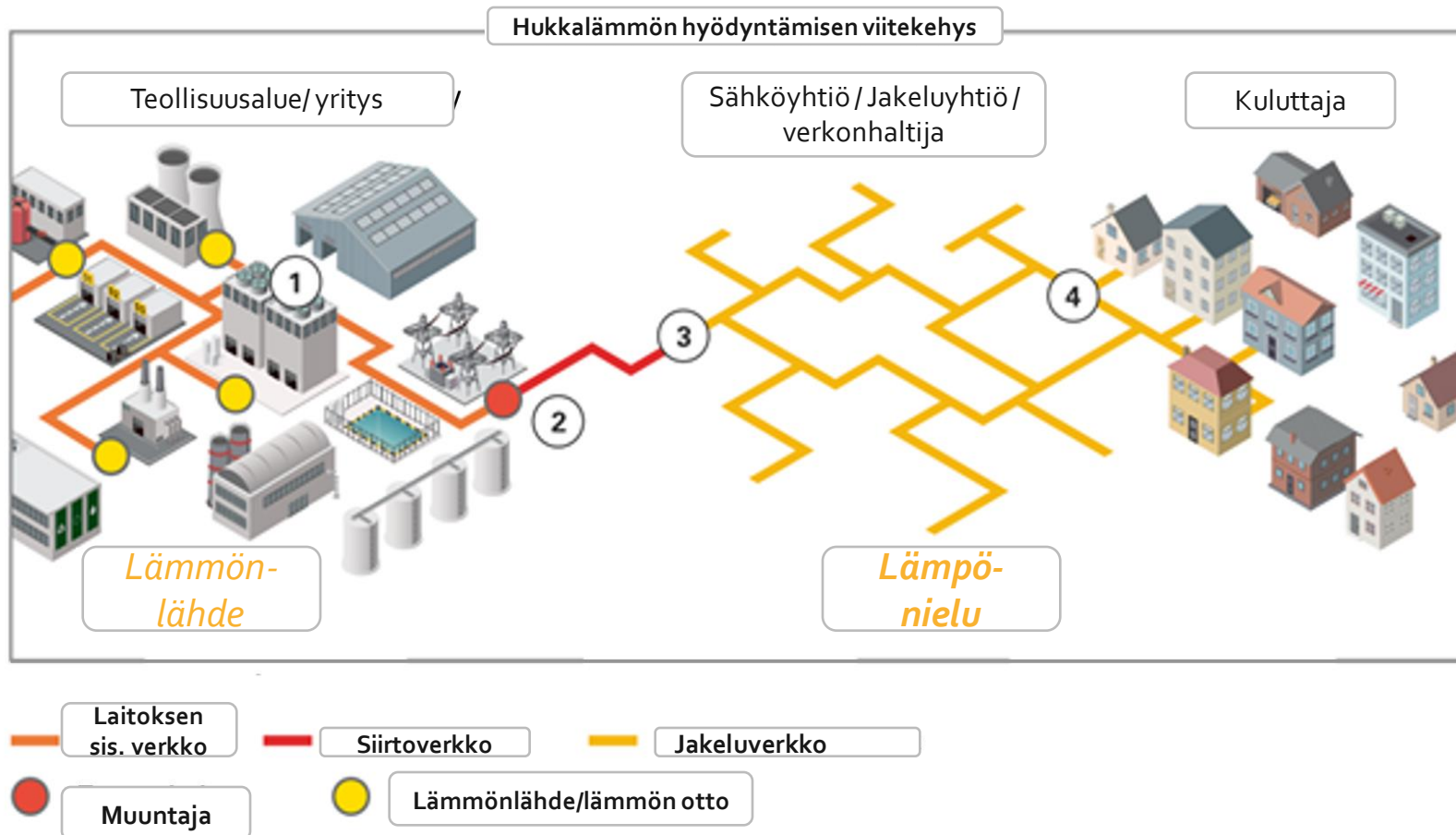
SILTI: Hukkalämmön hyödyntämisen **potentiaalista ja tehokkuudesta huolimatta** on tärkeä huomioida, että ...

- ...se, että hukkalämpöä **ei tuoteta** on tehokkaampaa kuin sen hyödyntäminen
- ...kaikkien niiden keinojen analysoinnin, joilla hukkalämmön tuottamista voitaisiin välttää tai sen tuottaminen voitaisiin minimoida **tulisi aina olla ensimmäinen askel!**

Siksi on tärkeä mainita seuraavat hukkalämmön hyödyntämisen analysoinnin vaiheet:

1. Hukkalämmön **välttäminen**
2. Hukkalämmön **vähentäminen**, tehokkaampien prosessien suunnittelu
3. **Uudelleenkäyttö**; lämmön tuottaminen ja hyödyntäminen ko. prosessin tai muiden prosessien aikana
4. Lämmön **hävittäminen ja siirtäminen** lämmitysverkkoon

Hukkalämmön hyödyntämisen perusperiaate



Kuva 1: Hukkalämmön integroinnin tasoja (Lähde: AGFW)

- Hukkalämpö otetaan** esim. pakokaasuvirrasta lämmönvaihtimen avulla ja siirretään lämmönsiirtonesteeseen (kaukolämmössä yleensä vesi)
- Teollisuudessa voidaan käyttää muitakin nesteitä**, kuten lämpööljyä, höyryä tai muuta höyrystyvää nestettä
- Lämpö siirretään jakeluverkon kautta lämpönieluun**
- Lämpö jaetaan kuluttajille**



Tärkeitä hukkalämmön hyödyntämisen askelia Euroopassa

- Hukkalämmön hyödyntämiseen tarvitaan **selkeä poliittinen ja laillinen viitekehys**, koska...
- ...**sen tuotantoon liittyy useita eri toimijoita** (yrityksiä, sähköyhtiöitä, verkko-operaattoreita, kuluttajia jne.)

Seuraavat tekijät ovat tärkeitä tehokkaan ja taloudellisen hukkalämmön hyödyntämisen kannalta Euroopassa ja kansallisella tasolla:

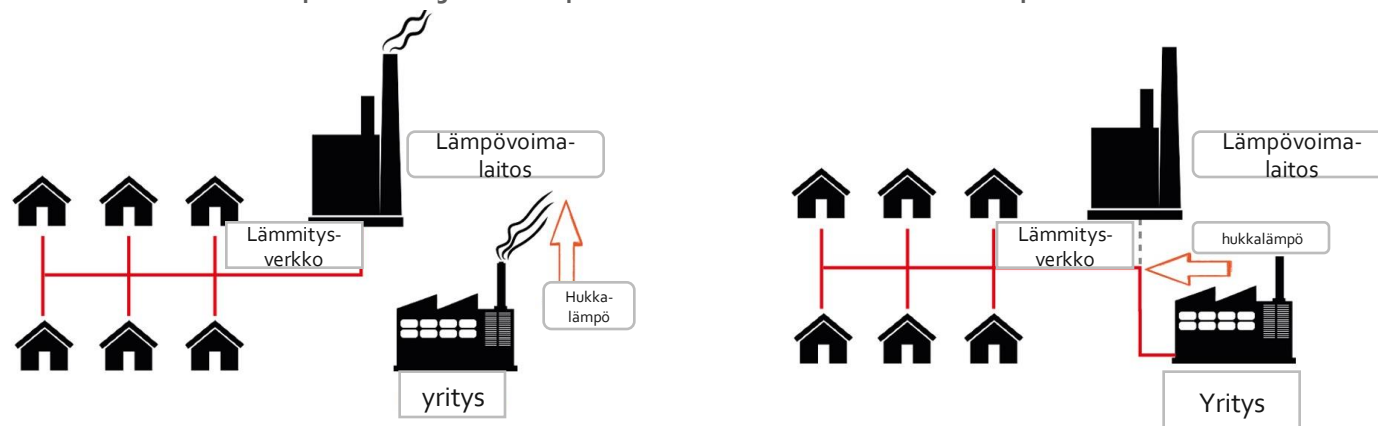
- Asianmukaisen **poliittisen viitekehysten laatiminen**, joka luo kannusteita lisätä hukkalämmön hyödyntämistä Eurooppalaisella ja kansallisella tasolla
- Kansallisten hukkalämpötietokantojen **kehittäminen** (esim. mahdollisten lämmönlähteiden kartoitus)
- Kunnallisten ja alueellisten **lämpösuunnitelmien kehittämisen vauhdittaminen** kunnallisella ja alueellisella tasolla
- Osaamisen jakamisen varmistaminen ja tehostaminen vaihtopisteiden, rahoituslaitosten tai energiatehokkuusverkkojen kautta
- **Hukkalämmön määrittely 100% CO₂-vapaaksi** (tärkeää esim. rahoitusvaihtoehtojen kannalta)

Hukkalämmön hyödyntämisen etuja

- Hukkalämmön hyödyntäminen tukee perinteisten lämpövoimalaitosten korvaamista
- Hukkalämpöä syntyy kuitenkin useissa eri paikoissa:
 - Teollisuusprosesseissa & lämpöjätteen energiaksi muuttavissa laitoksissa:
 - nämä ovat tärkeitä hukkalämmön lähteitä, mutta ne sijaitsevat yleensä kaukana olemassa olevista lämpöverkoista tai lämpönieluista

Palvelusektorilta saatava hukkalämpö :

- Syntyy selvästi pienempiä määriä, yleensä matalammat lämpötilatasot
- Lähellä kulutuspisteitä ja siksi palvelusektorin hukkalämpö on kiinnostavaa kaupunkialueiden kannalta



Kuva 2: Fossiilisten polttoaineiden muuttuminen hukkalämmöksi (Lähde: AGFW)

Hukkalämmön hyödyntämisen etuja

Hyödyt ympäristön kannalta

Ei ylimääräisiä päästöjä (CO₂, pieniä partikkeleita, Nox-päästöjä, yms.)

- Hukkalämmön hyödyntämisessä ei käytetä juuri lainkaan **ylimääräisiä energialähteitä**, eikä se vie lisätilaa, koska voimalaitos on jo olemassa
- **Vähemmän satunnaisia lämpöpäästöjä** ympäristöön
- Enin sallittu järvien ja jokien lämmitys saavutetaan yhä useammin kuumina kesinä Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta
- Kaupunkien **mikroilmastolliset näkökohdat** → paikallisten lämpöpäästöjen vähentämisestä on tulossa yhä tärkeämpää



Hukkalämmön hyödyntämisen etuja

Taloudelliset hyödyt

- Hukkalämmön muuttamiseen käytettäväksi energiaksi ei tarvita ylimääräisiä primäärienergianlähteitä
- Yritykset voivat pienentää polttoaine- ja sähkölaskujaan
- **Pienemmät energiakulut** voisivat vaikuttaa merkittävästi teollisuusyritysten kilpailukykyyn markkinoilla
- **Pienempi riippuvuus** energiamarkkinoista (pienempi fossiilisten polttoaineiden yllättävien hinnannousujen riski)
- **CO₂-sertifikaatteja** tarvitaan vähemmän, joten toimintakustannukset laskevat

Hukkalämmön hyödyntämiseen liittyviä määritelmiä

- Tämänhetkiset hukkalämmön määritelmät eivät vielä ole yhteneväisiä, eivätkä kata kaikkia kaukolämpöön liittyviä osa-alueita

Siitä syystä AGFW e. V. esittää seuraavaa määritelmää :

Hukkalämpö on:

Tuotteen valmistamiseen, palvelun suorittamiseen (ml. jätteidenkäsittely) tai energian muuntamiseen tähtäävän prosessin sivutuotteena syntyvää lämpöä, joka pitäisi hävittää, koska sitä ei käytetä.

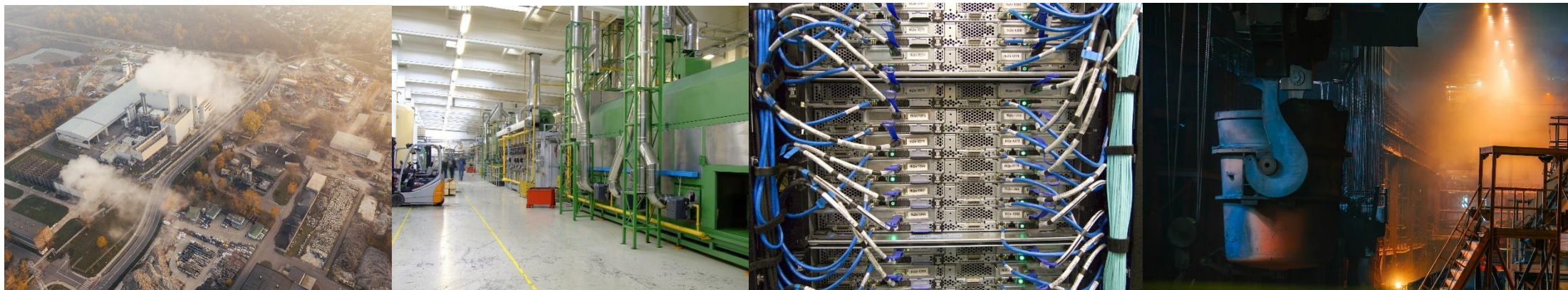
Hukkalämmön hyödyntämiseen liittyviä määritelmiä

- **Suomalaisia hukkalämmön määritelmiä:**
 - “Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001 määritelmä hukkalämmölle ja –kylmälle: hukkalämmöllä ja –kylmällä tarkoitetaan teollisuus- tai sähköntuotantolaitoksissa tai palvelualalla sivutuotteena väistämättä syntyvää lämpöä tai kylmää, joka katoaisi käyttämättömänä ilmaan tai veteen, jos sitä ei johdettaisi kaukolämmitys- tai jäähdytysjärjestelmään, jos on käytetty tai käytetään yhteistuotantoprosessia tai jos yhteistuotanto ei ole mahdollista.” (YIT et al. 2010, Motiva 2019)
 - “Ylijäämälämpö on lämpöenergiavirta, joka poistuu tuotantolaitoksesta esim. jäähdytysveden, erilaisten poistoilmojen, savukaasujen, jäteveden tai koneellisen jäähdytyksen lauhdelämmön mukana. Tätä kutsutaan myös hukka- tai jätelämmöksi.” (Motiva 2019)
 - “ Hukkalämpö on lämpöenergiaa, joka poistuu tuotantolaitoksesta jäte- ja jäähdytysveden, savukaasujen ja poistoilman mukana hukkalämpönä” (YIT et al 2010, Moilanen Sanna 2020)

Jaottelu hukkalämmönlähteen mukaan

Mahdollisesti hyödynnettävissä olevat hukkalämmönlähteet voidaan luokitella seuraaviin kategorioihin:

- **Tuotanto** (esim. jalostamot, teräksen valmistus, kemikaaliteollisuus)
- **Palvelut** (esim. tietoliikennekeskukset, pesulat, kylmävarastot sekä jäteveden ja vesivarojen käsittely)
- **Jätteiden käsittely** (esim. jätteiden lämpökäsittely, materiaali kierron sulku yritysten sisällä)
- **Energian muuntaminen** (esim. lauhdutusvoimalaitokset, polttoprosesseista johdettu jätekaasulämpö)



Lähde: pixabay

Jaottelu (käyttö-) lämpötilatasojen mukaan

Energia- ja ympäristöntutkimusinstituutin¹ lämpötilatasojen luokittelu

- Lämmön hyödyntämiseen ja muuntamiseen voidaan käyttää eri tekniikoita (käyttö-)lämpötilan mukaan

Korkea lämpötila (> 300 °C):

- **Lämmön muuntaminen sähköksi** Clausius-Rankine- tai Stirling-prosessin avulla

Keskitason lämpötila (80-300 °C):

- **Lämmön muuttaminen sähköksi** ORC-prosessin tai Kalina-prosessin avulla
- **Passiivinen lämmön hyödyntäminen** (sisäisesti, paikallisesti/vierekkäin tai ulkoisesti syöttämällä lämpö kaukolämpöverkkoon tai kuljettamalla se lämpösäiliössä)

HUOMIO: Sähkön tuottaminen korkean lämpötilan hukkalämmöllä on teknisesti mahdollista. Hukkalämmön muuttaminen sähköksi merkitsisi kuitenkin isoa harppausta hukkalämmön hyödyntämisessä, mikä ei ole nykypäivän alhaisten sähkönhintojen vuoksi ole kaupallisesti kannattavaa kuin harvoissa tapauksissa

¹https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Schlussbericht_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf

Jaottelu (käyttö-)lämpötilatasojen mukaan

Institute for Energy and Environmental Research –instituutin lämpötilatasojen luokittelu

- Lämmön hyödyntämiseen ja muuttamiseen voidaan käyttää eri tekniikoita (käyttö)lämpötilan mukaan

Matala lämpötila (< 80 °C):

- **Kattaa osan** sisäisen tai paikallisen/viereisen yksikön huoneidenlämmityksen ja lämpimän veden tarpeesta
- Lämmitysveden **esilämmitys** lämmitysverkossa (ulkoinen)
- **Aktiivinen lämmön hyödyntäminen** sähkö-/lämpöpumppujen tai disproportionaation avulla (paikallisesti/vierekkäin tai ulkoisesti (katso edellä))
- **Ilmalämpöpumput** saavat virtaa käyttämällä integroitua prosessilämpöä korkeassa lämpötilassa tai erillisellä polttoaineella toimivalla järjestelmällä (lämmön synkronointi). [...]
- **Jäähdytys** (sisäisille tai paikallisille/viereisille yksiköille)
- **Passiivinen lämmönkäyttö** kylmissä (low-ex) lämmitysverkoissa:
- Kussakin tapauksessa tarvittavan **käyttölämpötilan nostamiseksi** yksittäisiin kotitalouksiin asennetaan **integroidut lämpöpumput**

¹https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Schlussbericht_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf:



Hukkalämmönlähteiden laatu

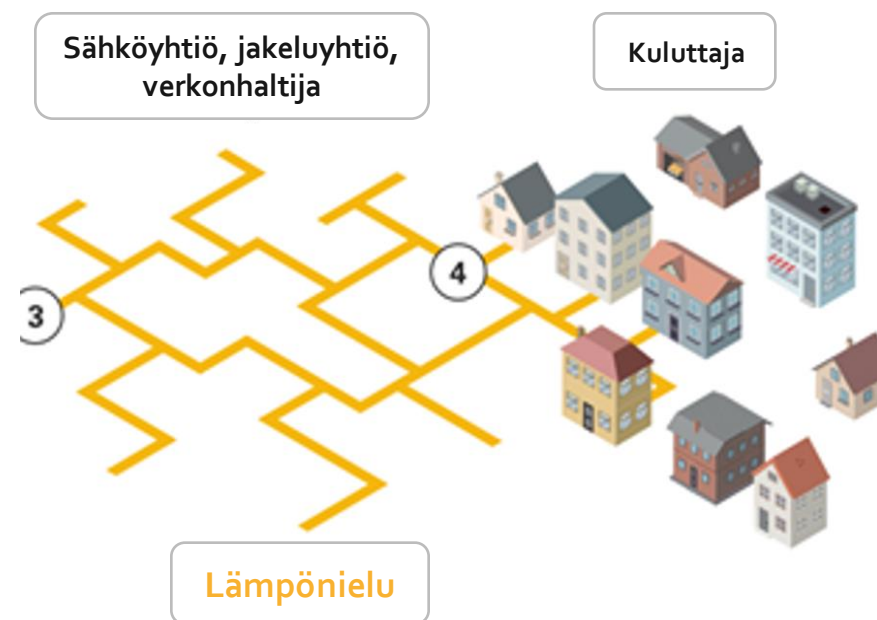
Seuraavat parametreillä on merkitystä hukkalämmönlähteen potentiaalin/ "laadun" arvioinnissa:

- Hukkalämmön väliaineen **fyysinen muoto**
- **Lämpötilataso**
- **Lämmönjohtamisen kronologinen kulku** (suhteessa hukkalämpövirran vertailulämpötilaan lämmön haihtumisen jälkeen)
 - Jos tämä ei ole tiedossa, voidaan tarvittaessa käyttää käytettävissä olevaa lämmön määrää/ajan yksikköä ja minimi- ja/tai maksimilämpötehoa
 - Yritysten loma-ajat, pitkien huoltoaikojen aiheuttamat seisaukset ja vuorotyö yms. on otettava huomioon
- **Kemiallinen koostumus**, vierasaineet, **Ala/prosessi**, jne.

Lämpönielujen laatu

Potentiaalisten lämpönielujen kartoituksessa täytyy ottaa huomioon tietyt seikat :

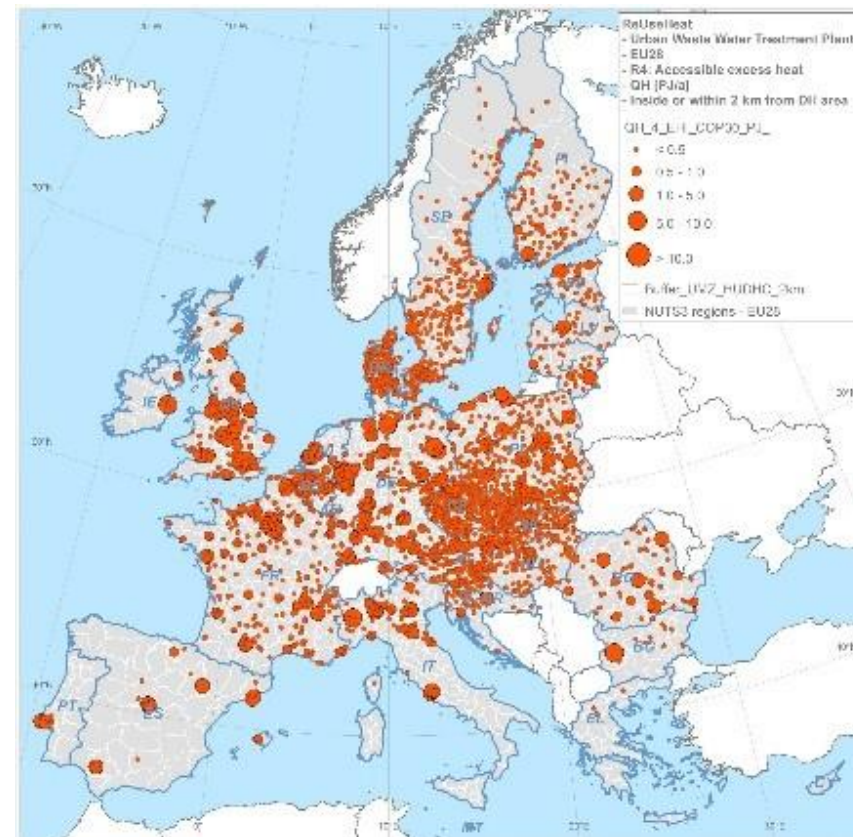
- Onko nielu sopiva hukkalämmön hyödyntämiseen esimerkiksi talojen lämmitystä tai käyttöveden tuottamista varten? (**Lämmönkysyntä / yksilölliset kuormaprofiilit / kuluttajien käyttäytyminen jne.**)
- **Tarvittavien menolämpötilojen** määrittely
- Verkolta **vaadittavan käyttöpaineen** arviointi
- **Välimatka hukkalämmönlähteeseen** (lämpöhäviöiden vuoksi)
- Viereisten tai lähellä olevien teollisuuslaitosten samanaikainen ja jäähdytys ja niihin jakelu voisi olla kiinnostava vaihtoehto



Esimerkki mahdollisista lämpönieluista (Lähde: AGFW)

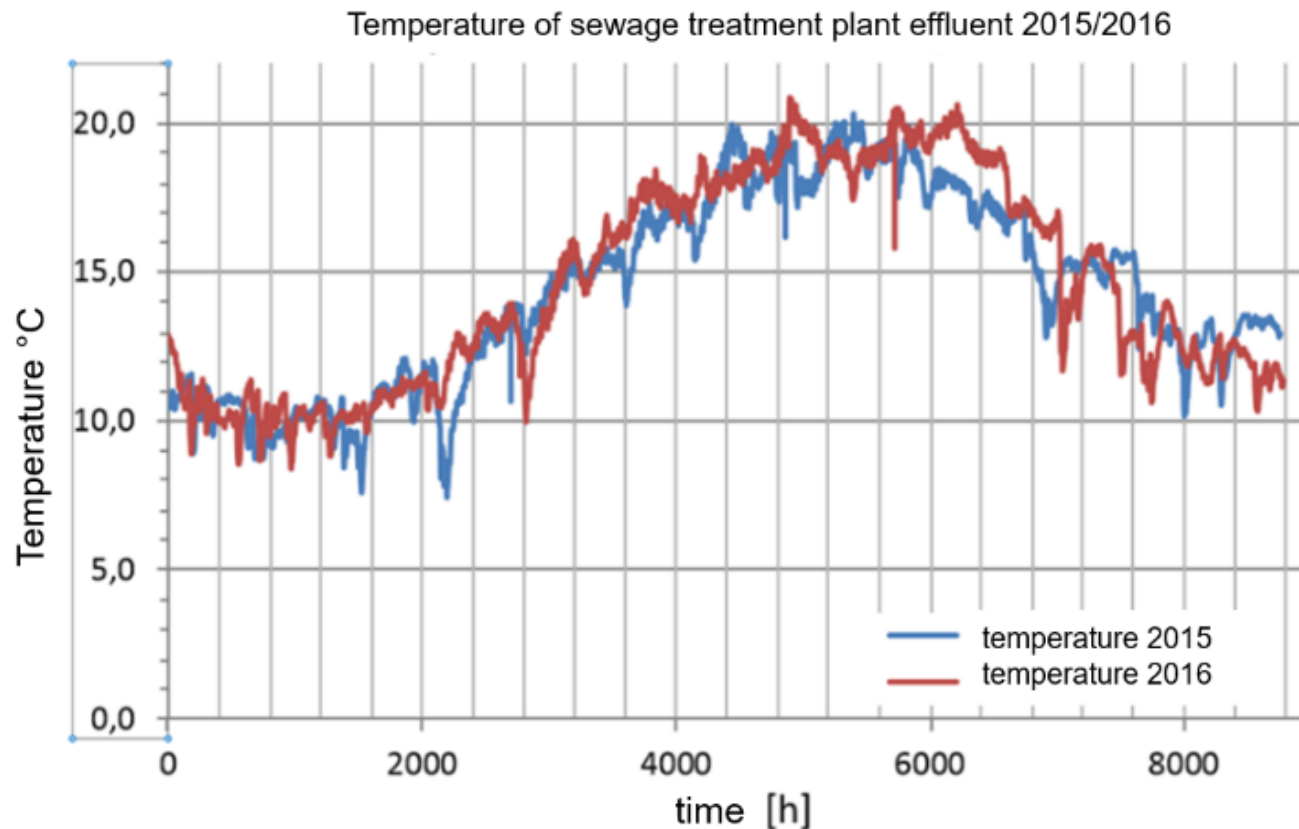
Muita hukkalämmönlähteitä

- Suurimpien lämmönlähteiden lisäksi, joita hukkalämmön hyödyntämiseen perinteisesti on käytetty, on käytettävissä muita menetelmiä, joiden avulla ylimääräinen lämpö voidaan hyödyntää tehokkaasti
 - **Kaupunkien jäteveden käsittelylaitokset**, jotka sijaitsevat kaupungin kaukolämpöverkon sisällä tai 2 km etäisyydellä siitä (kts. kuva 4)
- Kaupunkialueilla on mahdollisuus käyttää matalan lämpötilan lämmönlähteitä tehokkaammin tulevaisuudessa
- Noin 1.2 EJ (tai 340 TWh) per vuosi voidaan saada:
- tietoliikennekeskuksista
 - metroasemilta
 - palvelualan rakennuksista
 - ja jäteveden käsittelylaitoksista



Kuva 3: Saatavilla oleva ylijäämlämpö 3982 EU28 kaupungin jäteveden käsittelylaitoksesta, jotka sijaitsevat kaupungin kaukolämpöverkon alueella tai 2 km päässä siitä (Lähde: Persson U, Averfalk H. [1]).

Muita hukkalämmönlähteitä – jäteveden hyödyntäminen



- **Puhdistetun jäteveden jäännöslämpöä** jäteveden käsittelylaitoksista voidaan käyttää lämmönlähteenä
- **Sen vuosittainen vakioämpötila** on yli 10 astetta (tarvitaan lisälämmitystä esim. lämpöpumpun avulla)
- Puhdistetun jäteveden **laatu on tärkeää**
 - esim. rautafosfaatin jäänteet lämmönsiirtimessä
 - Suodatusjärjestelmät tai erityiset puhdistusprosessit välttämättömiä (esim. levylämmönvaihtimet eivät ole sopivia)

Kuva 4: Kuva jätevedenkäsittelylaitoksen yhdistetyn jätevesiviemäriin virran lämpötilan pysyvyykäyrästä (Lähde: Stadtwerke Lemgo [2])



Hukkalämmön hyödyntämiseen liittyvä datatilanne//tietotilanne

- **Tällä hetkellä hukkalämmön hyödyntämisestä ei kerätä kattavaa data** systemaattisesti (niin Euroopassa kuin yksittäisissä jäsenvaltioissakaan)
- **Tarkkaa hukkalämmön hyödyntämisen potentiaalia** kunkin alueen kauko- ja paikallislämpöjärjestelmissä on usein vaikea arvioida
- **Datan saanti olisi erittäin tärkeää** monille potentiaalisesti tärkeille toimijoille (yritykset, kaupunkisuunnittelijat, kunnat, sähköyhtiöt yms.)
- Usein ei oteta huomioon **alhaisissa lämpötiloissa syntyvän hukkalämmön lähteitä**, joita on saatavana suuria määriä ja jotka tarjoavat huomattavia määriä energiaa suuren virtausmääränsä vuoksi

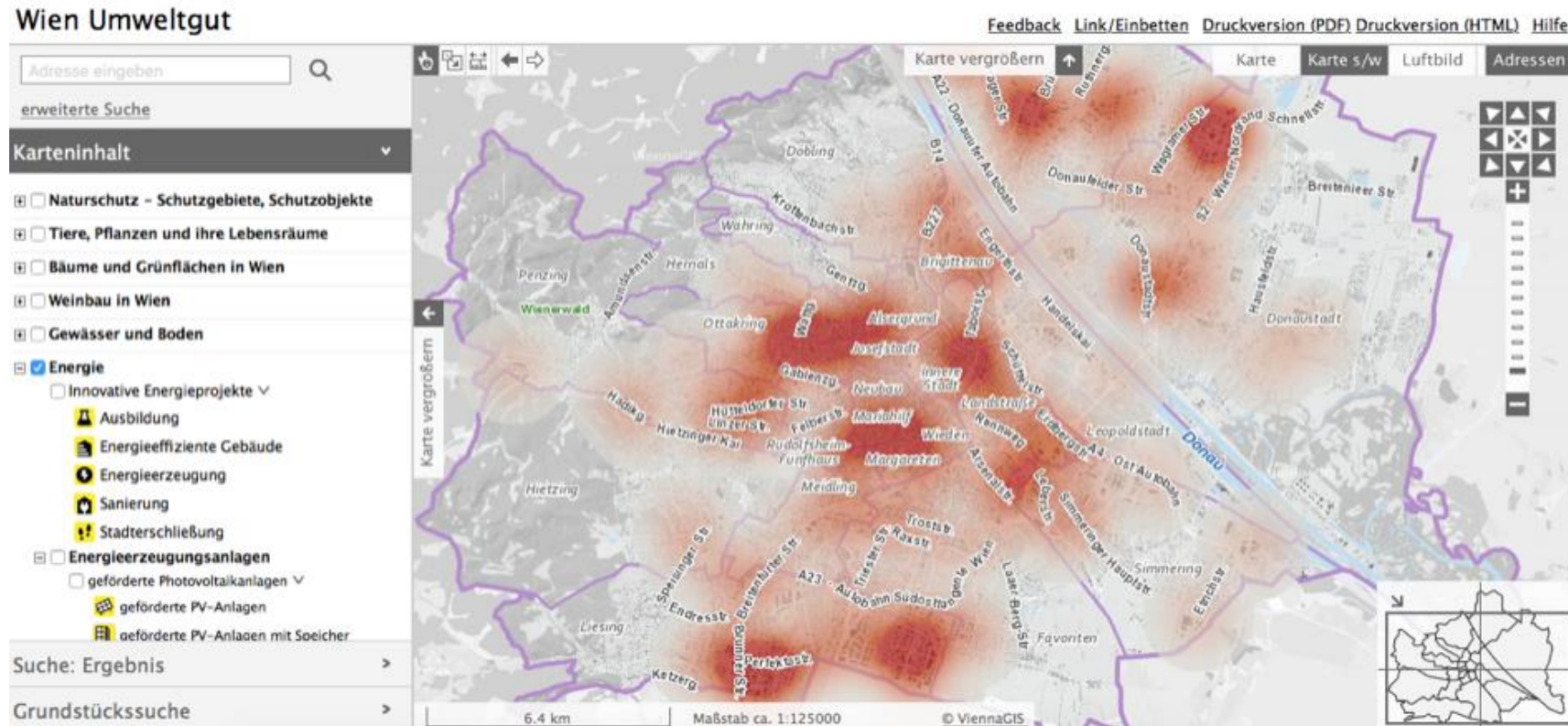


Hukkalämmön hyödyntämiseen liittyvä datatilanne

Ehdotus systemaattisen tiedonkeruuhjelman laajentamiseksi :

- Hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksien **kirjaamisen** olisi oltava pakollista
- **Tietojen sisällyttämisen pitäisi olla jatkuva kriteeri** asiaankuuluvissa sertifiointijärjestelmissä (DIN EN ISO 50001, EMAS)
- Sertifioiduille yrityksille velvollisuus **julkaista jatkuvasti koontietoja**
- **Säännöllisesti tallennettujen tietojen hyödyntäminen ja edelleen kehittäminen...**
- ... lämmön määrä, määrällä painotettu keskilämpötila, teho tai käyttötunnit, kuormaprofiili
- ... suurten hajakuormituslähteiden ja sen hukkalämmön, joka ei ole osa jätekaasuvirtoja, lisärekisteröinti
- ... ison mittakaavan tuotevirtojen jäähtyksen kirjaaminen

ESIMERKKI: Tiedonkeruu hukkalämpöpotentiaalista ja -lähteistä Wienissä



Kuva 5: Esimerkki lämpötietokannasta Wienin kaupungin hukkalämpöpotentiaalista [3]



Hinnat, potentiaali ja esteet

Yleisiä esteitä:

- mitä **korkeampi lämpötila**, sitä **useammin, säännöllisemmin ja ennustettavammin** lämpöä on saatavilla, ja sitä tehokkaammin lämmönjakeluyhtiöt voivat sitä hyödyntää
- Hukkalämpöä esiintyy eri lämpötilatasoilla, eri taajuudella ja vaihtelevalla jatkuvuuden asteella (→ lämmönlähteen laatu vaihtelee)
- Mitä **vähemmän hukkalämpöä on** ja mitä **epäsäännöllisemmin ja epä-ennustettavammin** sitä saadaan, sitä välttämättömpiä **lämpövarastot** ovat ja sitä välttämättömpää on kehittää keinoja taata **huoltovarmuus**

Hinnat , potentiaali, ja esteet

Obstacles for heat partnerships:

- **Hukkalämpöhankkeilla** on yleensä...
 - ...**pitkä suunnittelun läpimenoaika** useiden teknisten, laillisten ja sopimukseen liittyvien sopimusoikeudellisten seikkojen vuoksi.
 - ... **Kaukolämpöyhtiöiden liiketoimintamallit** perustuvat yleensä 10–20 vuoden ajalle, koska DH-infrastruktuuriin tehdään suuria investointeja ja investointien poistoajat ovat pitkiä.

Vertailun vuoksi:

- **Teollisuusyritykset** odottavat yleensä selvästi lyhyempiä investointisyklejä, mikä tarkoittaa, että...
 - ... **päätökset uusista yksiköistä** voidaan usein tehdä lyhyelläkin aikavälillä
 - ... tällaiset yhteistyösopimukset saattaisivat aiheuttaa ristiriitoja tai lisätä epävarmuutta kaukolämpöä tuottavien yritysten näkökulmasta

Hinnat, potentiaali ja esteet

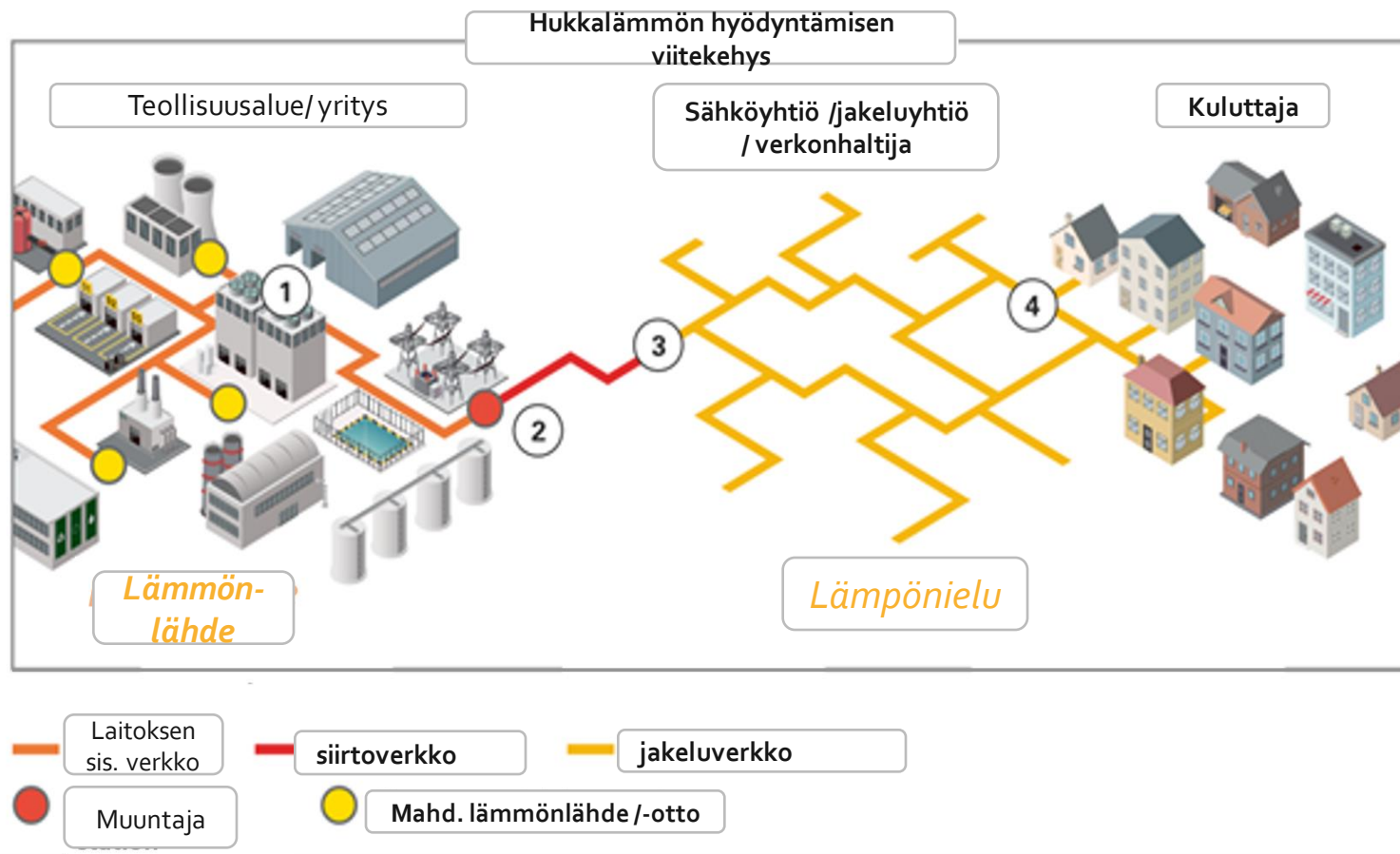
Mahdollisia ratkaisuja pitkäkestoisten lämpökumppanuuksien ja esteiden vähentämiseksi:

- Rahallisten kannustinten luominen molemmille puolille (lämmönlähteet & lämpönielut)
- Kannustimet voisivat **alentaa** kyseessä olevien yritysten maksettavaksi jääviä **kustannuksia ja hankkeeseen liittyviä riskejä**
- **CO₂ -päästöjen** hinnoittelu on yksi vaihtoehto, joka vaikuttaisi molempiin osapuoliin ja kilpailijoihin samassa määrin
- **Kaukonäköinen poliittinen näkemys** hukkalämmön hyödyntämisen mahdollisuuksista
 - Selkeä poliittinen viitekehys antaisi molemmille osapuolille suunnittelu- ja sijoitusvarmuutta

Hukkalämmön hyödyntämiseen liittyvät kustannukset

(katso kuvan numeroita 1-4)

1. **Tuotantokustannukset**
(mukaanlukien CAPEX ja OPEX)
2. **Hyödylliseen lämpöön liittyvät kustannukset**
(hukkalämmönlähde)
3. **Hyödylliseen lämpöön liittyvät kustannukset**
(lämpönielu)
4. **Loppukäyttäjän maksama hinta**



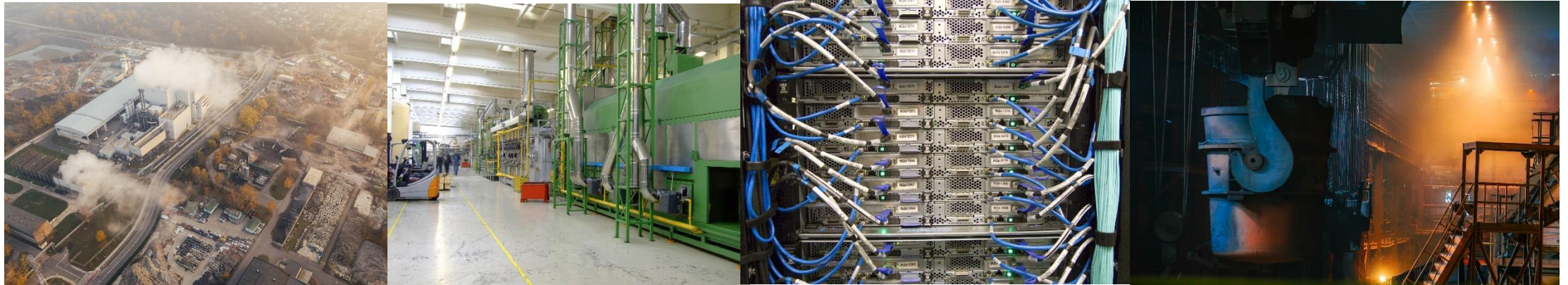
Kuva 6: Hukkalämmön hyödyntämisen viitekehys (Lähde: AGFW)

Tämänhetkisiä hukkalämpöhankkeita Euroopassa & lisätietoja



LowTEMP2.0

- **Mäntsälän Sähkö, Suomi:** <https://www.nivos.fi/en/recovery-of-waste-heat-launched>
- **Turku, Suomi:** <https://www.turku.fi/en/carbon-neutral-turku/climate-actions>
- **Gelsenkirchen, Saksa:** <https://www.uniper.energy/news/industrial-waste-heat-for-the-district-heating-supply/>
- **Interreg European project CE-HEAT:** <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/CE-HEAT.html>



Source: pixabay



References

- [1] Persson U, Averfalk H. 2018. Accessible urban waste heat. Deliverable 1.4. ReUseHeat. Recovery of Urban Excess Heat.
- [2] Stadtwerke Lemgo; quoted in AGFW 2020: "Praxisleitfaden Großwärmepumpen" p.7
- [3] City of Vienna. www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/themenstadtplan/abwaerme/

Contact



AGFW-Project GmbH

Project company for rationalisation,
information & standardisation

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main
Germany

E-mail: info@agfw.de
Tel: +49 69 6304 - 247
www.agfw.de