

Green ICT -kiertue 2025 - Kajaani

Ratkaisuja kestävään tulevaisuuteen

**Kestävyys ja vastuullisuus
supertietokoneiden operoinnissa**

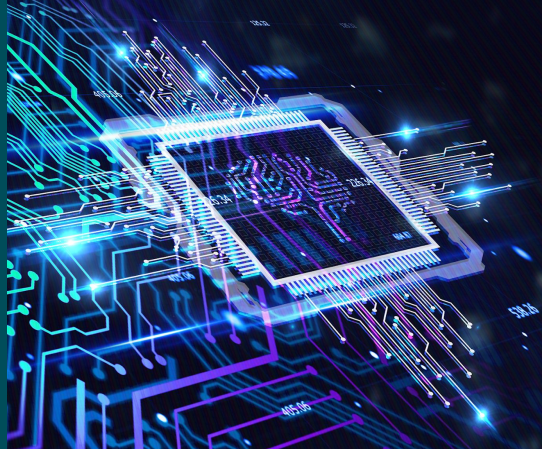
Case EuroHPC LUMI

Mikko Kerttula
CSC – IT Center for Science Ltd.

Kajaani, 1.10.2025

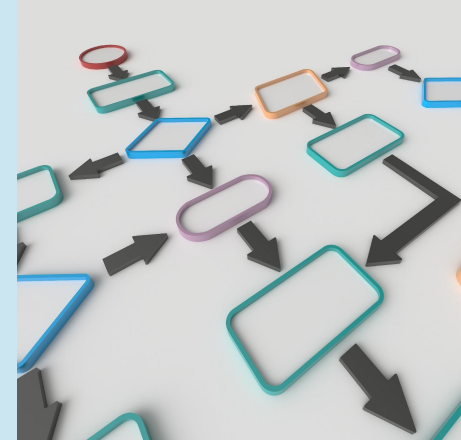


CSC kehittää, integroi ja tarjoaa korkealaatuisia ICT-palveluita tutkimukselle, koulutukselle, kulttuurille ja julkishallinnolle



Liiketoiminnan
tuotot
vuonna 2024

95 M€



Kajaanissa yksi
maailman
ekotehokkaimmista
datakeskuksista



Valtion **70 %**
ja suomalaisten korkeakoulujen
30 % omistama voittoa
tavoittelematon
erityistehtäväyhtiö

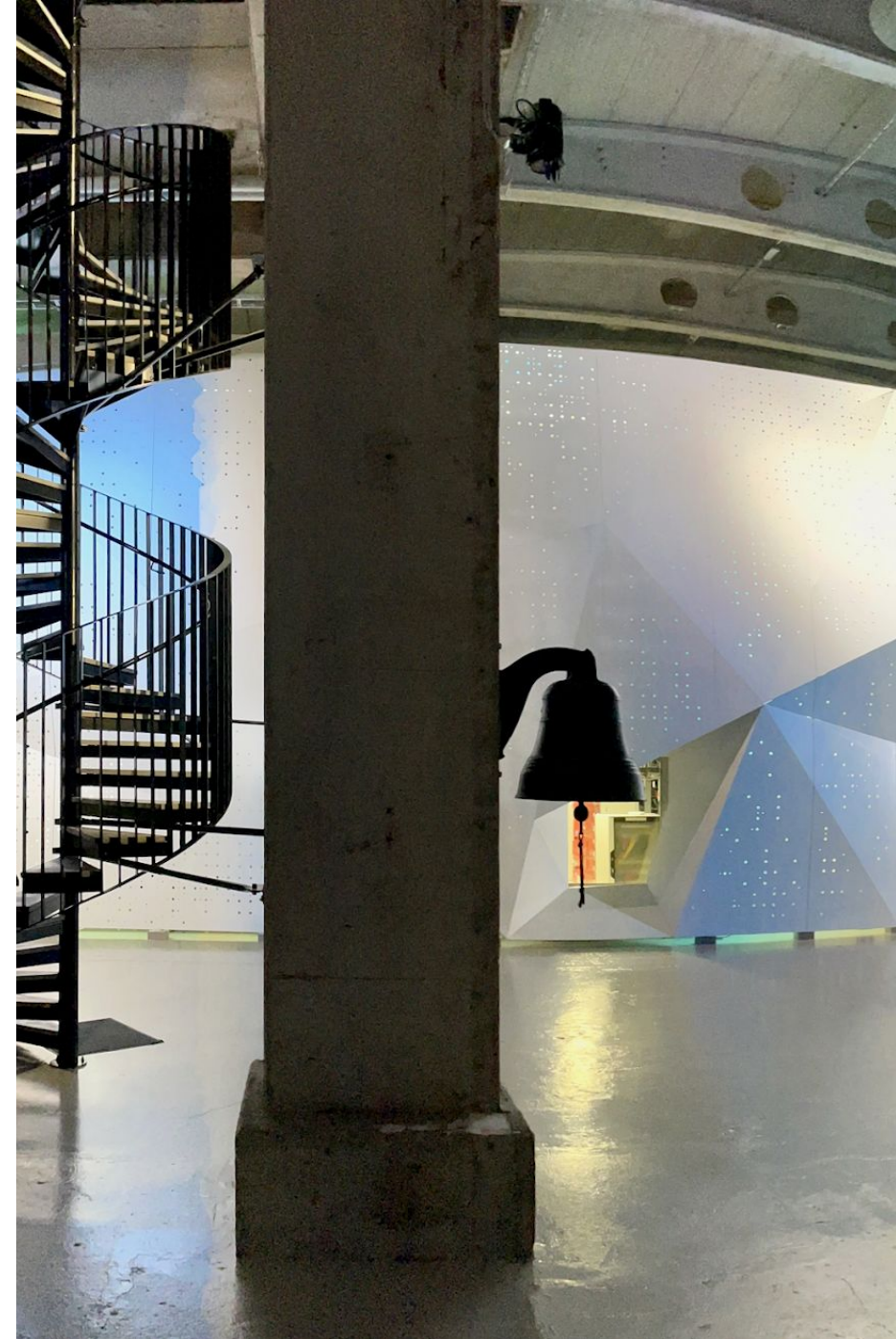


n. 710

työntekijää,
joista 43
Kajaanin
toimistolla

CSC:n datakeskustoiminta Kajaanissa

- CSC käynnisti datakeskustoimintansa Kajaanissa Renforsin Rannassa **2012**, josta alkaen kansalliset supertietokoneet ovat sijainneet siellä.
- **2019** aloitettiin LUMI-datakeskuksen valmistelu ja yhteiseurooppalainen LUMI-supertietokone vihittiin käyttöön **2022**. Operointi ainakin -2027.
- Kansallinen supertietokone Roihu otetaan käyttöön **2025/2026**
- EuroHPC JU:n päätökset yhteiseurooppalaisesta LUMI AI –supertietokoneesta sekä AI Factorysta (palvelukeskus) **12/2024**



Datakeskustoiminnan perusteita

Greenfield vs. Brownfield rakentaminen:

- **Greenfield**-investoinnissa yritys rakentaa omat tilansa alusta lähtien.
- **Brownfield**-investointi tapahtuu, kun yritys ostaa tai vuokraa olemassa olevan laitoksen.

Sähkönkulutus:

- **Datakeskuksen kapasiteettia (ja kokoa)** mitataan ensisijaisesti sähköteholla kilowatteina (kW) tai megawatteina (MW).
- **Isoin kustannus datakeskuksen operoinnissa**

Energiatehokkuus PUE (Power Usage Effectiveness):

- PUE mittaa datakeskuksen kokonaisenergiankulutusta verrattuna IT-laitteiden käyttämään energiaan.

$$\text{PUE} = \frac{\text{Koko laitoksen energia (Jäähdytys+Sähkö+Valaistus+IT)}}{\text{IT-laitteiston energia (IT)}}$$

Energian uudelleenkäyttö ERF (Reuse Factor):

- ERF kertoo, kuinka paljon energiaa saadaan uudelleenkäyttöön datakeskuksen toiminnan ulkopuolella.

$$\text{ERF} = \frac{E_{\text{Reuse}}}{E_{\text{DC}}}$$

Whitespace:

- Konesalitila, jossa palvelimet tai muu IT-sijaitsee

Mitä datakeskukset arvioivat sijainnissa?

Sähkö:

- Saatavuus
- Luotettavuus
- Hinta
- Vihreys

Ylijäämälämmön hyödyntämisen mahdollisuudet

Tietoliikenneyhteydet:

- Latenssi, aikaa, joka kuluu datansiirrossa, eli tiedon lähettämisestä sen vastaanottamiseen ja takaisin

Ekosysteemi:

- Työvoima
- Koulutus
- Toimittajat, kumppanit
- TKI-kumppanit

Muut:

- Markkinoillepääsyaika (Time-to-market), ml. luvitusprosessi
- Referenssit
- Saavutettavuus (lentokenttä ja lennot)
- Alueen/maan vakaus ja turvallisuus

Yhteiseurooppalainen
supertietokone

LUMI



www.lumi-supercomputer.eu #lumisupercomputer #lumieurohpc

LUMI on HPE Cray EX -supertietokone

LUMI





EuroHPC
Joint Undertaking

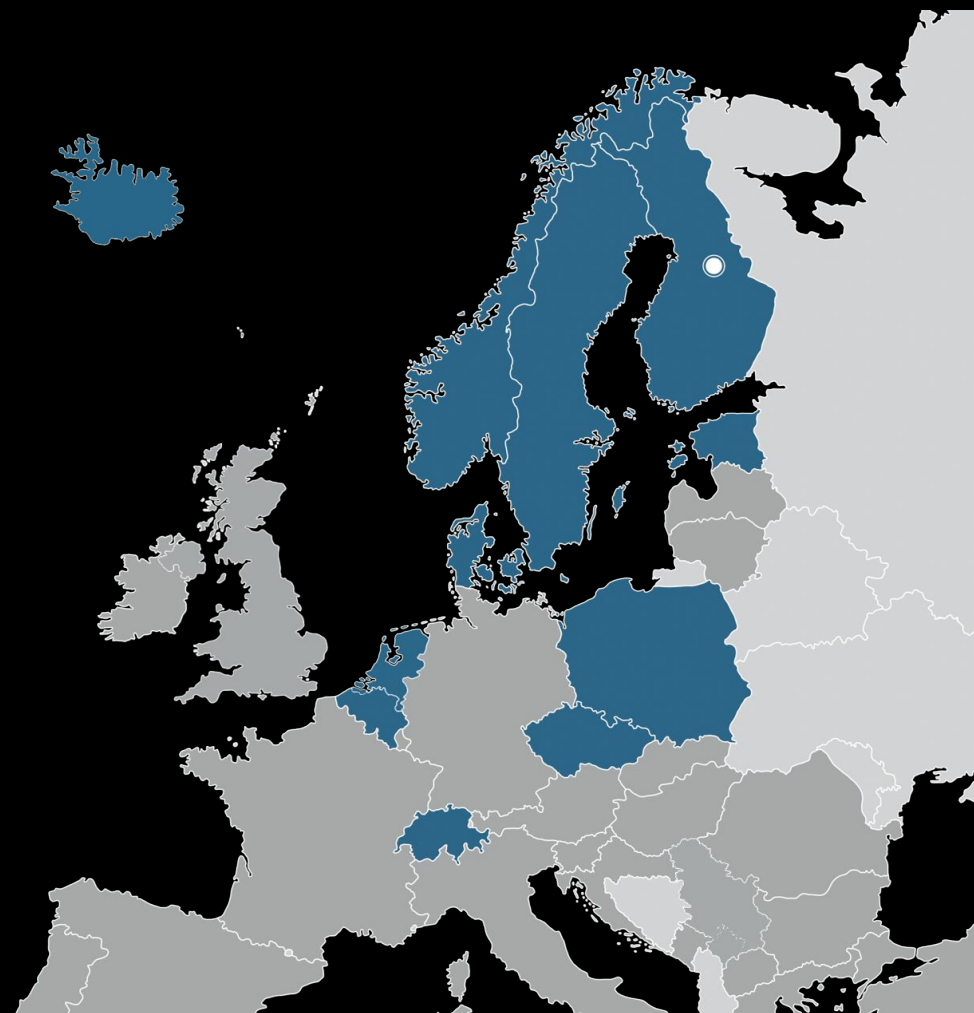
LUMI

LUMI-supertietokonetta isännöi LUMI-konsortio, johon kuuluu yksitoista maata (FI, BE, CH, CZ, DK, EE, IS, NL, NO, PL, SE) **ja EU.**

Kokonaisbudjetti on yli 204 miljoonaa euroa (puolet EU:lta, puolet konsortiomailta).

LUMIn resurssit kohdennetaan investointien mukaan.

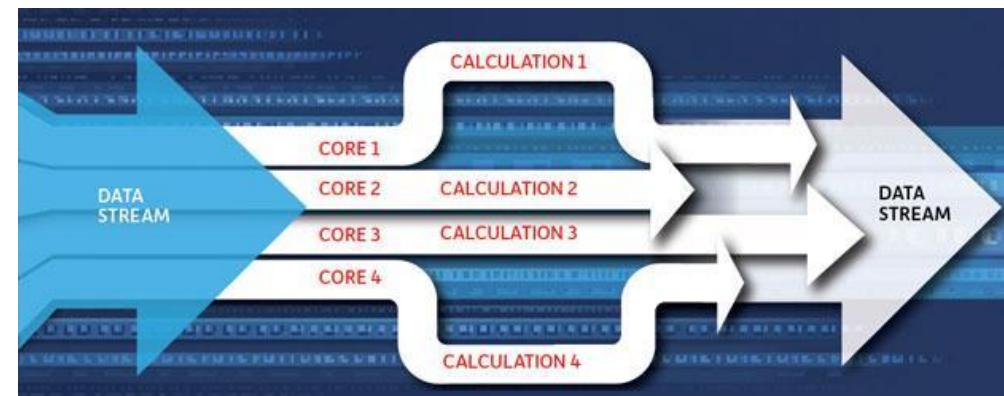
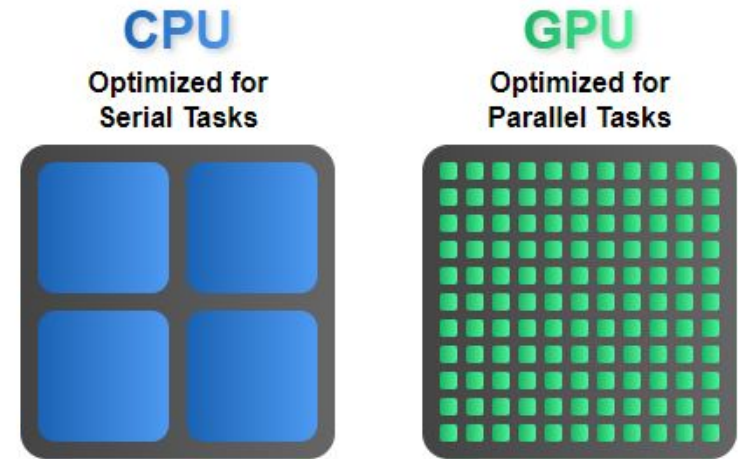
LUMI sijaitsee CSC:n datakeskuksessa Kajaanissa, Suomessa.



Mitä on suurteholaskenta?

L U M I

- Suurteholaskenta perustuu rinnakkaislaskentaan, jossa useat laskentayksiköt suorittavat tehtäviä samanaikaisesti
- Aiemmin laskenta perustui pääasiassa prosessoreihin (CPU, Central Processing Unit), jotka mahdollistivat sarjalaskennan, eli käskyjen suorittamisen yksi kerrallaan
- Nykyään grafiikkasuorittimet (GPU, Graphics Processing Unit) ovat yhä yleisempiä. GPU voi jakaa laskentatehtävän samanaikaisesti jopa sadoille ytimilleen.
- Termejä High-Performance Computing (HPC) ja supercomputing käytetään usein toistensa synonyymeinä
- Tekoälyyn erikoistuneet supertietokoneet ovat supertietokoneita, jotka on suunniteltu erityisesti tekoälysovelluksiin, kuten suurten kielimallien (LLM) käsittelyyn



LUMI on Euroopan 4. tehokkain supertietokone (9. kansainvälisesti)

Käytössä 2022 – 2027 (2028)

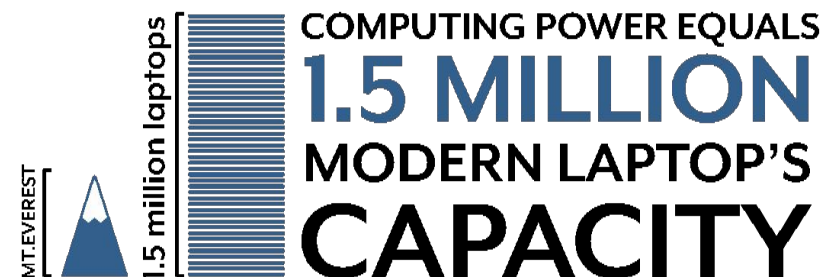
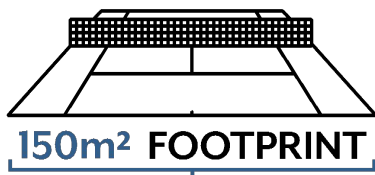
LUMI

SUORITUKYKY

380 PETAFL0P/S

= suorittaa 380×10^{15} laskua sekunnissa

2 x



100 %

UUSIUTUVAA
ENERGIAA

Ylijäämälämpö kattaa noin 10 % Kajaanin
kaukolämmöstä.

LUMIn moderni arkkitehtuuri

LUMI-C:
X86-osio
CPU-osio: yli **260 000**
AMD EPYC "Milan"
CPU -laskentaydintä

LUMI-K:
Mikropalvelualusta

LUMI-O:
Datanhallintajärjestelmä
30 PB
datanhallintajärjestelmä,
joka perustuu
Ceph-teknologiaan.

LUMI-Q:
Kvanttitietokone
(Tšekki)

**Erittäin nopea
kytkinverkko
(HPE Slingshot)**

Mahdollisuus yhdistää
erilaisia resursseja samaan
laskentatehtävään.



LUMI-G:
GPU-osio

Tier-0 GPU-osio: laskentateho

380 Pflap/s

(sustained performance).

AMD Instinct MI250X GPU-prosessorit
(2978 x 4 GPU = 11.192 total)



LUMI-D:

Data-analytiikka osio

Interaktiivinen osio:

32 TB jaettua muistia

ja 64 visualisointiin ja
data-analytiikkaan tarkoitettua
grafiikkakorttia.



LUMI-F:

Tallennusjärjestelmä

10 PB Flash-teknologiaan
perustuva levyjärjestelmä,
tiedonlukunopeus huimat 2TB/s.



LUMI-P:

Lustre-tallennusjärjestelmä

80 PB

rinnakkaislevyjärjestelmä

HPC-järjestelmän hiilijalanjäljen huomioiminen

- Datakeskus ja operatiivisen tason valinnat
 - Teho: käytetty sähkö, energiankäytön tehokkuus (PUE)
 - Ylijäämälämmön uudelleenkäyttö, energian uudelleenkäyttökerroin (ERF)
 - Kaukolämpö, sorptiojäähdytys, veden esilämmitys, suolanpoisto, biomassan käsittely, kasvihuoneet,...
 - Datakeskuksen rakentaminen - brownfield
- Järjestelmätason valinnat
 - ICT-valmistus
 - Laitteiston ja ohjelmiston ekotehokkuus ("tiede per watti", "science per watt")



LUMI: Ylijäämälämmön hyödyntämisprosessin yleiskatsaus

L U M I

55% energiasta uudelleenkäytetään



VAPAAJÄÄHYDTYS
VARALLA
~ 10 MW

KAUKOLÄMPÖVERKKO
~ 10 MW
- Renforsin Rannan yrityspuisto
- Kajaanin kaupunki

+31 °C

LÄMMÖNSIIRTIMET

+32 °C

+43 °C



+44 °C

+58 °C

+32 °C

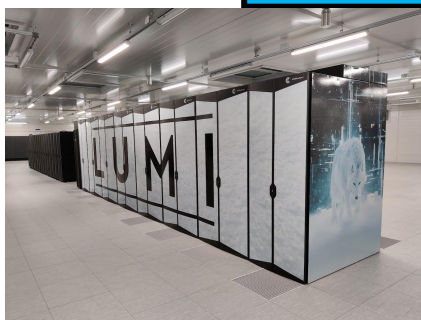
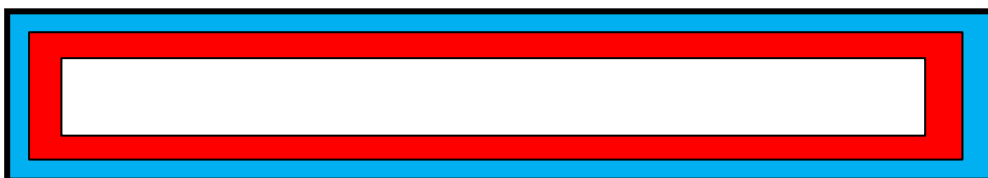
+80 °C

+44 °C

LÄMPÖPUMPUT

Hukkalämmön
hyödyntämisen
palvelurajapiste

Lämpöpumput hyödyntävät
uusiutuvaa energiaa



HPC-kuormi
tus

Suoran nestekiertojäähdytyksen lisäksi noin 1
MW kapasiteettia on varattu ilmajäähdytteisille
palvelimille (esim. tallennus- ja hallintapalvelimet).

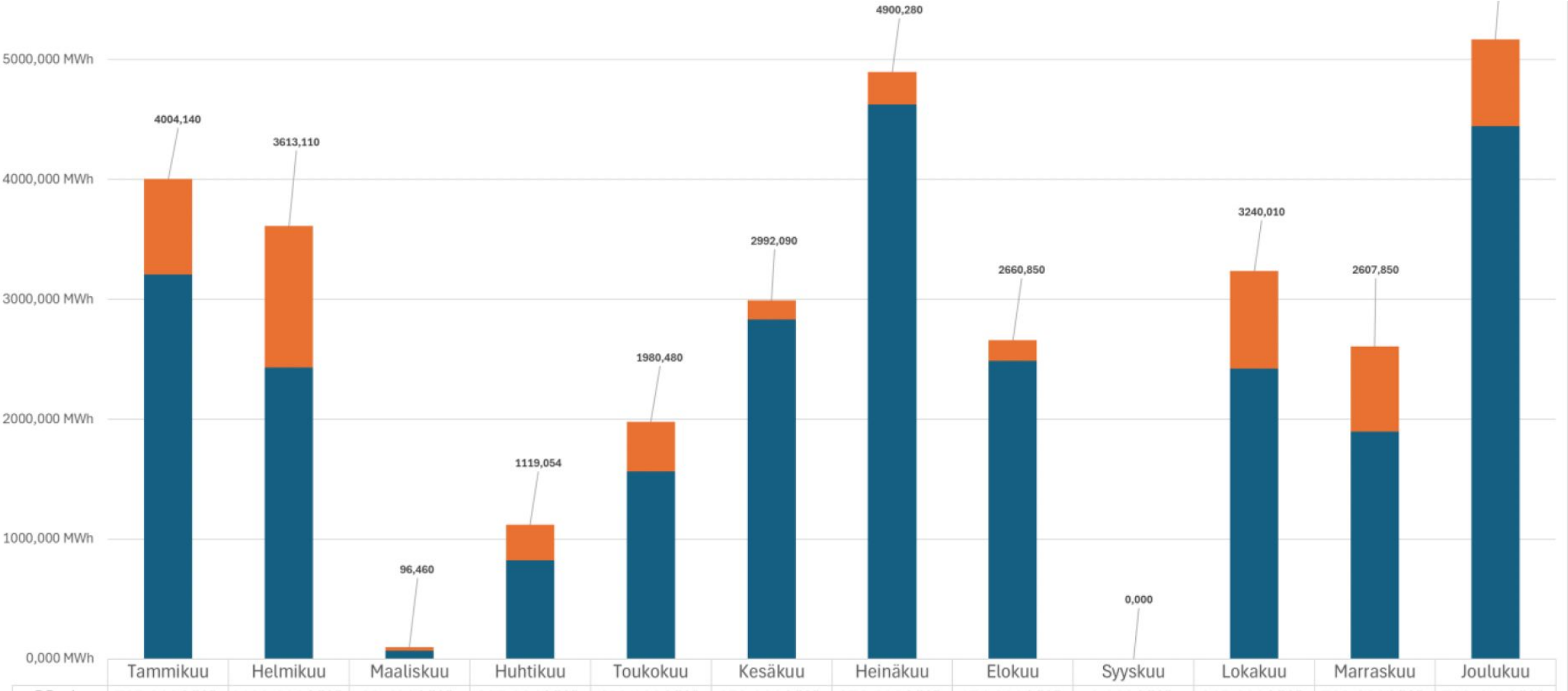
LUMI-datakeskuksen operointidata vuodelle 2024



Mittari	LUMI (arvot vuodelta 2024)
PUE vapaajäähdytyksellä	<1.05
PUE lämmön uudelleenkäytöllä	1.27
Lämmön uudelleenkäytön hyötysuhde (COP)	4
ERE	0.54
ERF	0.55 = 55%
Vuotuinen lämmöntuotanto	32,47 GWh
Vähentyneet CO ₂ päästöt	~2900 tonnia CO ₂ -päästöjä (2023*)
Sähkön lähde	100% uusiutuva energia

* LUMI vähensi CO₂-päästöjä kaukolämmön tuotantolaitoksen keskimääräisten CO₂-päästöjen perusteella vuodessa (2023: 98 kg/MWh). Reaaliaikaista dataa ei ole saatavilla.

LUMI-lämmöntuotanto 2024, yhteensä 32,4 GWh



Johtopäätökset

Ympäristöystävällinen suurteholaskenta



- ICT, myös HPC:n, hiilijalanjäljellä on merkitystä!
 - HPC-asennuksen vihreys riippuu täysin **datakeskustason valinnoista**, erityisesti energian hankinnasta
- Hiilineutraali (jopa negatiivinen) suurteholaskenta on mahdollista jo tänään
 - Käyttämällä 100 % hiilineutraalia energiaa (tuuli-, ydin-, aurinko-, vesivoima)
 - Ylijäämälämmön hyödyntäminen voi palauttaa suurimman osan datakeskuksen energiasta takaisin käyttöön
 - Käytä olemassa olevia rakennuksia uudelleen ja käytä brownfield-ratkaisuja uusien datakeskusten rakentamisen sijaan
- HPC-kohtaisia huomioita:
 - Lämpöpumppuja on vaikea käyttää HPC-kuormituksen vaihteluilla
 - Lämmöntuotanto voi vaihdella paljon päivien välillä (laskentakuormituksen vaihdellessa).

Datakeskusmarkkinoiden koko oli 301,8 miljardia USD vuonna 2023, ja sen odotetaan kasvavan vuosien 2024–2030 aikana keskimäärin 10,5 prosentin vuotuisella kasvuvauhdilla, saavuttaen 622,4 miljardia USD 2030 mennessä. Eksponentiaalinen datamäärän kasvu on merkittävin tekijä, joka edistää markkinoiden kasvua.

Tekoäly ja energiankulutus

Tekoälytehtävien suorittamiseen tarvittavan energian määrä kasvaa jo nyt vuosittain 26–36 prosentin vauhdilla. Tämä tarkoittaa, että vuoteen 2028 mennessä tekoäly voi kuluttaa enemmän sähköä kuin koko Islanti käytti vuonna 2021.

- Valtava paine energiatehokkaiden datakeskusten ja tekoälysupertietokoneiden kehittämiseksi

Maailmanluokan tieteellisten läpimurtojen mahdollistaja



LUMI on suunniteltu 'Sveitsin armeijan linkkuveitseksi', joka on tarkoitettu **laajalle joukolle käyttötapauksia ja käyttäjäyhteisöjä**.

- **Ilmastotutkimus:** Tarkemmat ilmastomallit ja eri ilmastomallien yhteenkytkentä – Maan digitaaliset kaksoiset (ICON).
- **Datatiede:** Suurten (simuloitujen ja mitattujen) aineistojen analysointi ja uudelleenanalysointi esimerkiksi ilmakehätieteessä, ympäristötieteessä, ilmastomallinnuksessa, materiaalitieteessä ja kielitieteessä.
- **Plasmanfysiikka:** Äärimmäisten avaruussäätöilmiöiden yhteiskunnallisten vaikutusten ennustaminen ja niihin varautuminen. Fuusioreaktoreiden monitasoinen mallinnus. (Esimerkkeinä: Vlasiator, GENE)
- **Biotieteet:** Mahdollistaa proteiinien toiminnan laskennallisen mallintamisen sekä rakenteellisten proteiini-proteiini-interaktioiden tutkimisen. (Esimerkkinä: Gromacs)
- **Materiaalitiede:** Kvanttimekaaniset simulaatiot, joilla on globaalia vaikutusta – esimerkiksi parempien energian varastointimateriaalien kehittäminen, tehokkaammat aurinkokennot ja paremmat katalyyttimateriaalit. (Esimerkkeinä: CP2K, GPAW)
- **Humanistiset ja yhteiskuntatieteet:** Luonnollisen kielen käsittely, suuret kielimallit. Suurten tietomassojen analysointi sosiaalisista verkostoista sekä monimutkaisten yhteiskunnallisten ilmiöiden mallintaminen.
- **Pikakaista kiireellisille laskentatarpeille:** Aika- ja tehtäväkriittiset simulaatiot, esimerkiksi kansalliseen tai EU:n turvallisuuteen liittyvät tarpeet tai muut suuret kriisit, kuten pandemia.

“Science per watt”

#1 Fugagu Supercomputer:

442 PFLOPS / 29,9 MW

#2 Summit Supercomputer:

148,6 PFLOPS / 10 MW

2016: # Sunway TaihuLight:

93 PFLOPS / 15 MW

LUMI expected figures:

552 PFLOPS / 10 MW

Contact Information



CSC – IT Center for Science Ltd.



Mikko Kerttula
Senior Project Manager
puh. +358 50 381 2766
mikko.kerttula@csc.fi



Euroopan unionin
rahoittama

Follow us:

www.csc.fi

www.aikaecosystem.com

www.lumi-supercomputer.eu

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/csc---it-center-for-science/>

YouTube: <https://www.youtube.com/c/cscfi>

#KajaaniDClocation #lumieurohpc #CSC