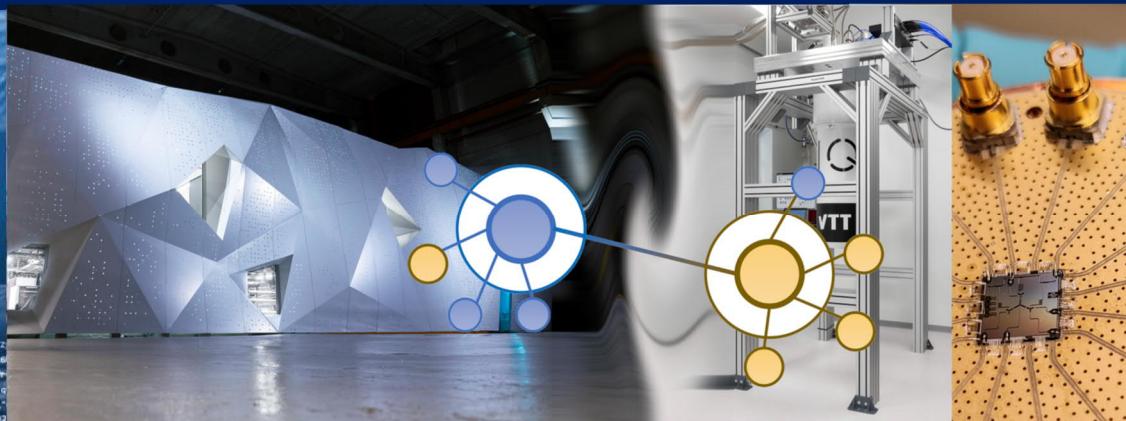
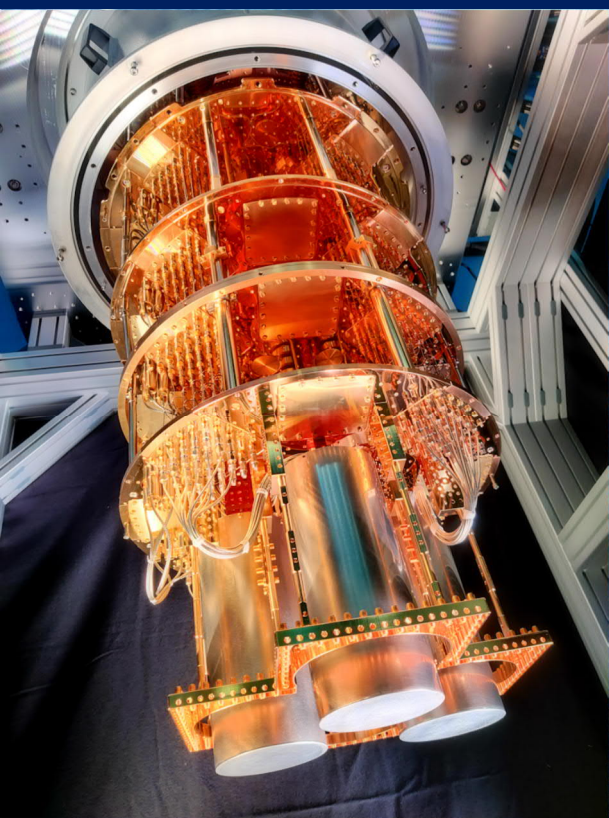


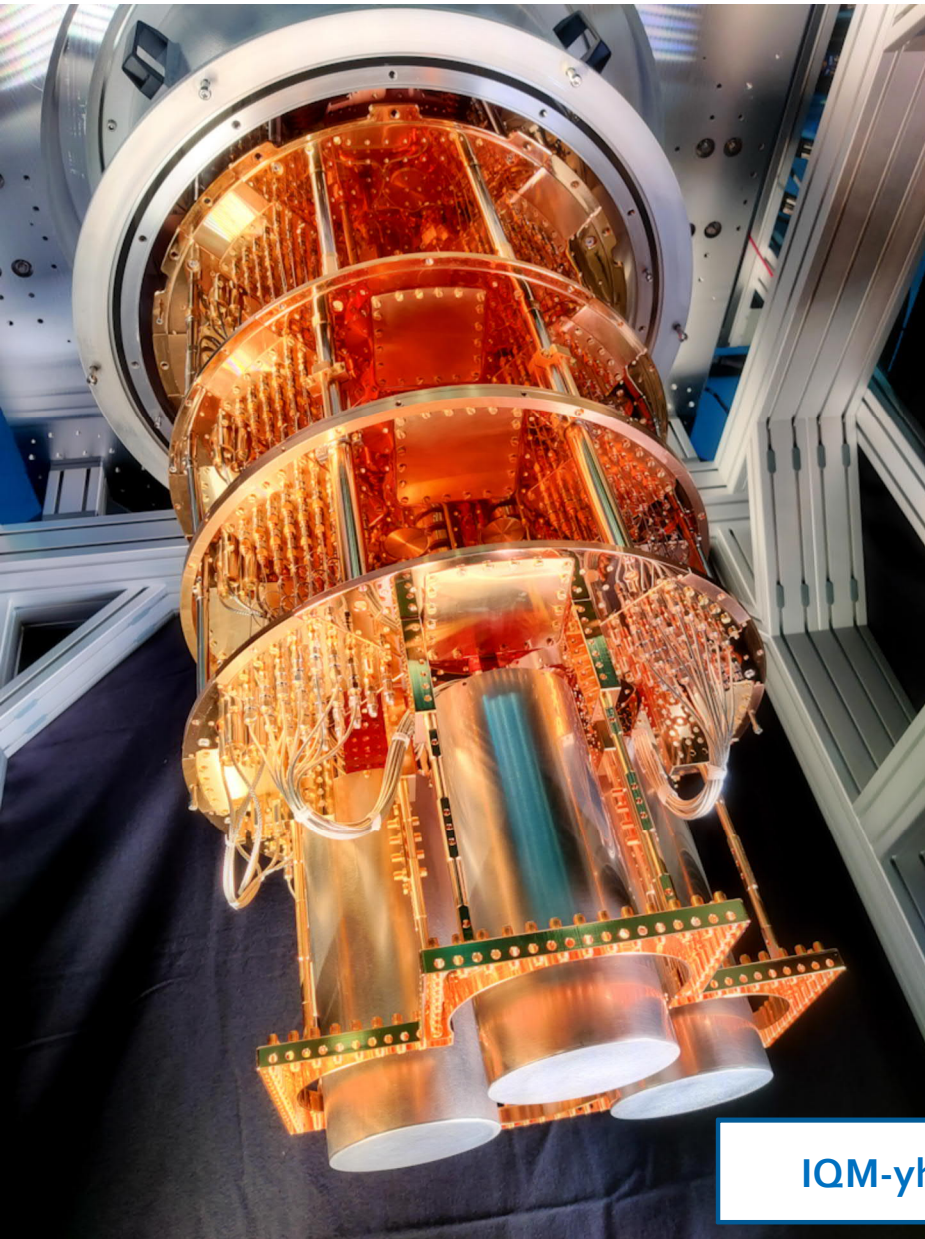
# Kvanttilaskennan merkitys Suomelle



CSC:n ja VTT:n yhteistilaisuus eduskunnassa 16.2.2023

Mikael Johansson CSC





# Mikä kvanttietokone on?

Kvanttietokone on laite, joka *suoraan* hyödyntää kvanttimekaanisia ilmiöitä laskun suorittamiseksi

- Superpositio, lomittuminen, aaltofunktion vaihe

Tämä mahdollistaa *tiettyjen* ongelmien erittäin tehokkaan ratkaisemisen ja *täysin uutta tiedettä*

**Kvanttikone on vihreää teknologiaa!**

- Käyttää murto-osan perinteisen supertietokoneen sähköstä ratkoessaan ongelmia!

Myös: **Made in Finland**

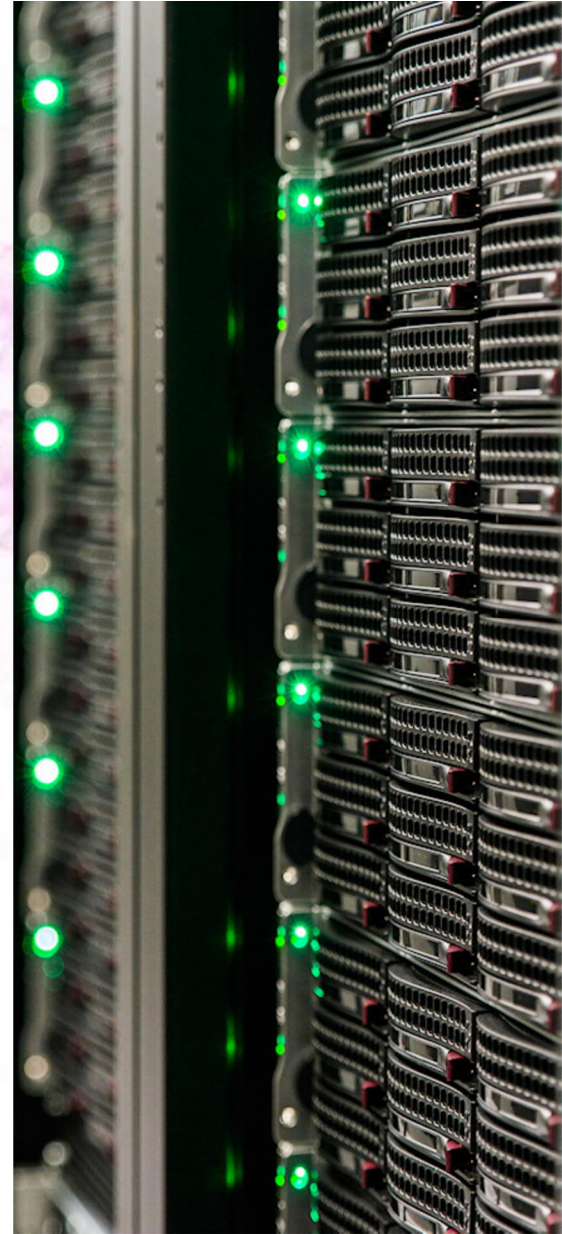
IQM-yhtiön kvanttietokone

# Mikä kvanttietokone *ei* ole?

Kvanttietokone *ei* ole supernopea versio tavallisesta tietokoneesta – *se on erilainen*

- Nopeuttaa *tiettyjä* laskuja huomattavasti, toisia ei ollenkaan
- Vaatii uuden lähestymistavan ratkottaviin ongelmiin
- Vaatii uuden oppimista

Vaatii aina yhteistyötä klassisen tietokoneen kanssa



# Kvanttilaskenta nyt

## Kaikki suuremmat valtiot ja IT-firmat mukana

- IBM, Google, Intel, Ali Baba, Amazon, Microsoft, ...
- Euroopassa ja Suomessa melkein täysin pienten yritysten hoteissa
  - Ketterää ja joustavaa, mutta myös riskialtista

**Sekä IBM että Google arvioivat, että kvanttilaskenta on teollisuudelle merkittävä teknologia 2030 mennessä**

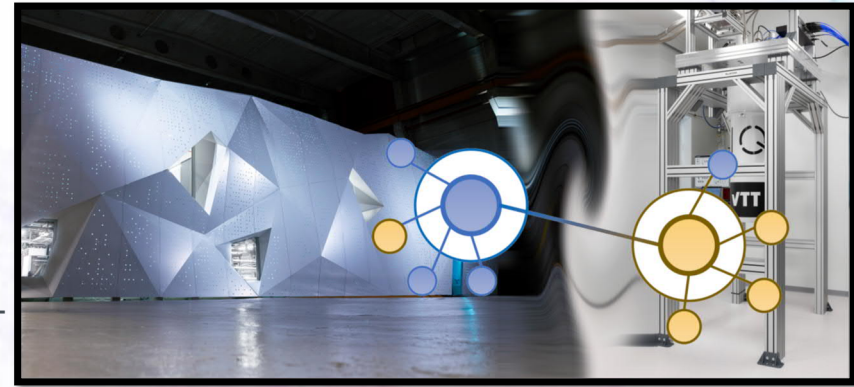
**Siirtyminen rauta/laite-markkinasta ohjelmistovetoiseen markkinaan jo tapahtumassa**

- Kuten tavallisessa tietotekniikassa, suurin raha liikkuu sovelluksissa ja softassa
- McKinsey arvioi \$300-\$700 miljardin markkina-arvoa teollisille sovelluksille 2035

# Kvanttilaskenta seuraavaksi

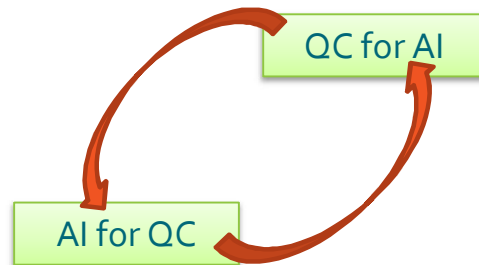
## Kvanttikoneet yhdistyvät supertietokoneisiin

- Mitä tehokkaampi kvanttikone, sitä tehokkaampaa supertietokonetta se vaatii rinnalleen!



## HPC+QC -sovelluksia

- Kvanttilaskentaa tekoälylle
  - Ja tekoälyä kvanttiteknolle!



- Finanssisovellukset
- Optimointi ja logistiikka
- Materiaalitiede, kemia, lääketiede

## Synergiaa suurteholaskennasta, tekoälystä ja kvanttilaskennasta: **HPC+AI+QC**

- Kaikki alueita, jossa Suomi on maailman ehdottomassa osaamiskärjessä
- Yhdistävät menestyksekkäästi akateemisen- ja yritysmaailman
- Vaativat kaikki huippuosaajia ja **luovat uusia työpaikkoja Suomeen**

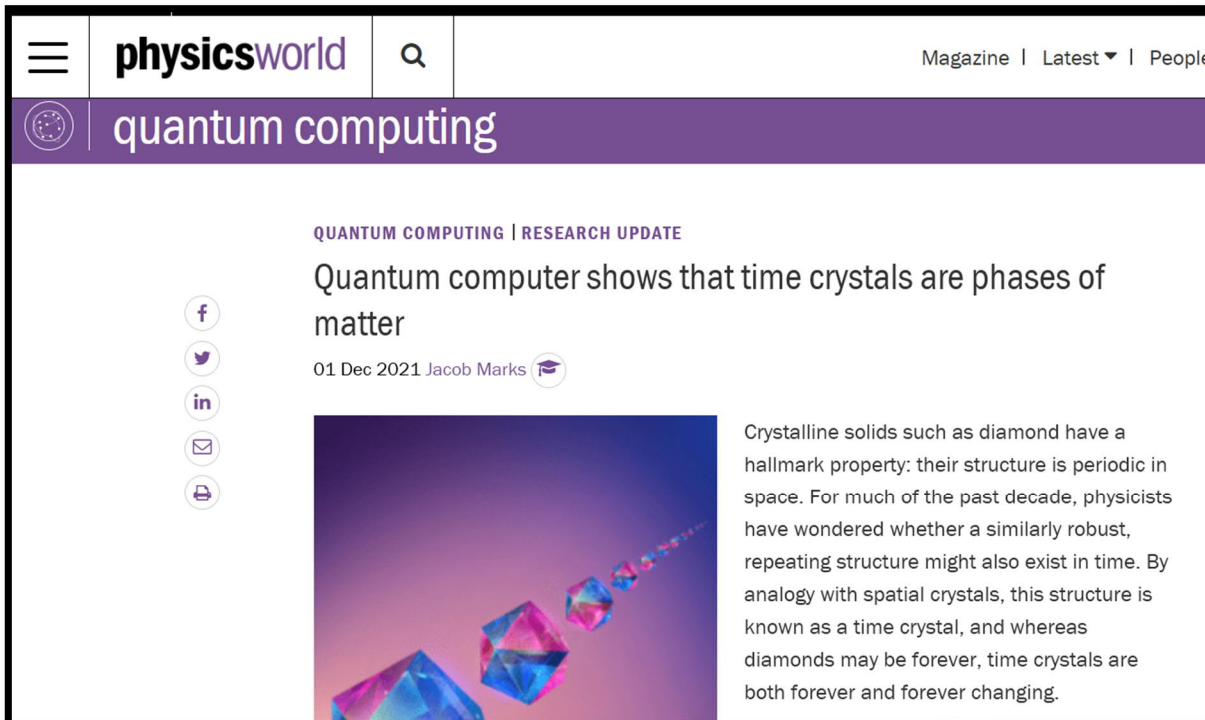
## **LUMI on maailman toiseksi tehokkain AI-myly!**

- Tarjoaa ainutlaatuisen työkalun jossa kaikki osat ovat samassa ympäristössä valmiina hyödynnettäväksi

# Kvanttikoneet muuhun kuin laskentaan

## Kvanttikoneilla voidaan tutkia uudenlaista fysiikkaa!

- Tätä voi tehdä jo nyt, olemassa olevilla kvanttietokoneilla



The screenshot shows a Physics World article titled "Quantum computer shows that time crystals are phases of matter". The article is dated 01 Dec 2021 and is by Jacob Marks. It features a series of colorful, faceted crystals (time crystals) arranged in a line, receding into the distance. The article text discusses the periodic structure of crystalline solids like diamond and how this concept is applied to time crystals, which are both forever and forever changing.

physicsworld Magazine | Latest | People

quantum computing

QUANTUM COMPUTING | RESEARCH UPDATE

Quantum computer shows that time crystals are phases of matter

01 Dec 2021 Jacob Marks

Crystalline solids such as diamond have a hallmark property: their structure is periodic in space. For much of the past decade, physicists have wondered whether a similarly robust, repeating structure might also exist in time. By analogy with spatial crystals, this structure is known as a time crystal, and whereas diamonds may be forever, time crystals are both forever and forever changing.

### QUANTUM GRAVITY

## Physicists Create a Holographic Wormhole Using a Quantum Computer

71 |

*The unprecedented experiment explores the possibility that space-time somehow emerges from quantum information, even as the work's interpretation remains disputed.*



# Kvanttilaskenta Suomessa

Pienessä maassa, ole huippuosaaja joillakin osa-alueilla ja hanki muu tarvittava yhteistyön kautta



## Uskottava kvanttiekosysteemi

- Suomi on **johtava maa** kvanttiteknologian tutkimuksessa ja kvanttikoneiden rakentamisessa
- Tajusimme varhain, että jotta kvanttikoneista saa mahdollisimman paljon irti, ne on yhdistettävä supertietokoneisiin: **globaali edelläkävijä HPC+QC alalla**

## Miten tähän on päästy?

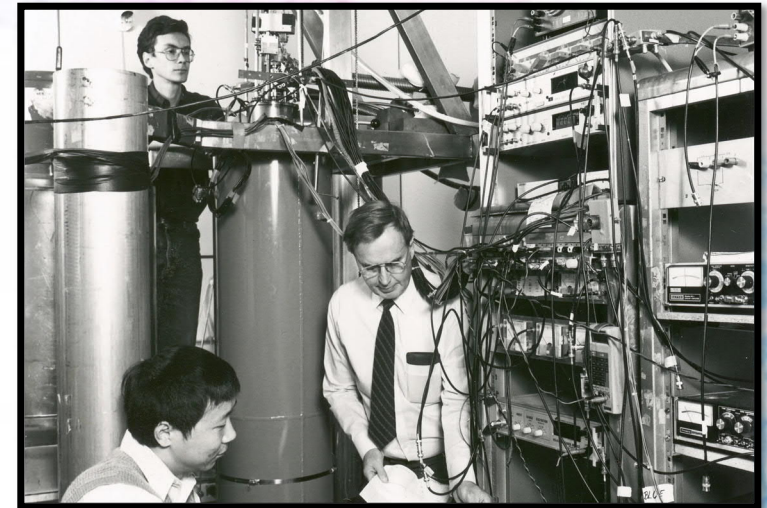
- **Perustutkimusta** 1960-luvulta asti TKK:n Kylmälaboratoriossa
- **LUMI**:n onnistunut sijoitus Suomeen

## Tulevaisuuden haasteet

- Kvanttiohjelmistokehitys verrokkimaita jäljessä
- Näkyvä kansallinen sitoutuminen teknologiaan puuttuu
- Kansallinen kvanttistrategia puuttuu
  - Sekä teknologian kehityksen, että koulutuksen/tutkimuksen osalta

## Tulevaisuuden mahdollisuus

- Luoda uusi merkittävä korkeateknologian osaamisalue, teollisuus ja vientiala



“Kohti korkeuksia matalissa lämpötiloissa”

Kuva: Aalto-yliopiston arkisto

# Kvanttilaskenta L U M I:lla

FiQCI



NordIQEst

## Maaliskuu 2022: Ensimmäinen kvanttilasku ajettiin LUMI-koneen kautta

- Yhdistettiin LUMI ja QAL 9000 kvanttietokone Ruotsissa (Chalmers)

## Toukokuu 2022: Yhdistettiin LUMI ja Helmi

## Seuraavaksi: Toteutetaan LUMI-Q

- Hajautettu Euroopan kattava HPC+QC alusta






L U M I - Q



Supertietokone LUMI ja kvanttietokone Helmi  
Kuvat: Fade Creative ja VTT



# LUMI-Q

-  LUMI-Q consortium
-  LUMI consortium
-  LUMI-Q quantum computer
-  quantum computer
-  supercomputer

## Osallistava

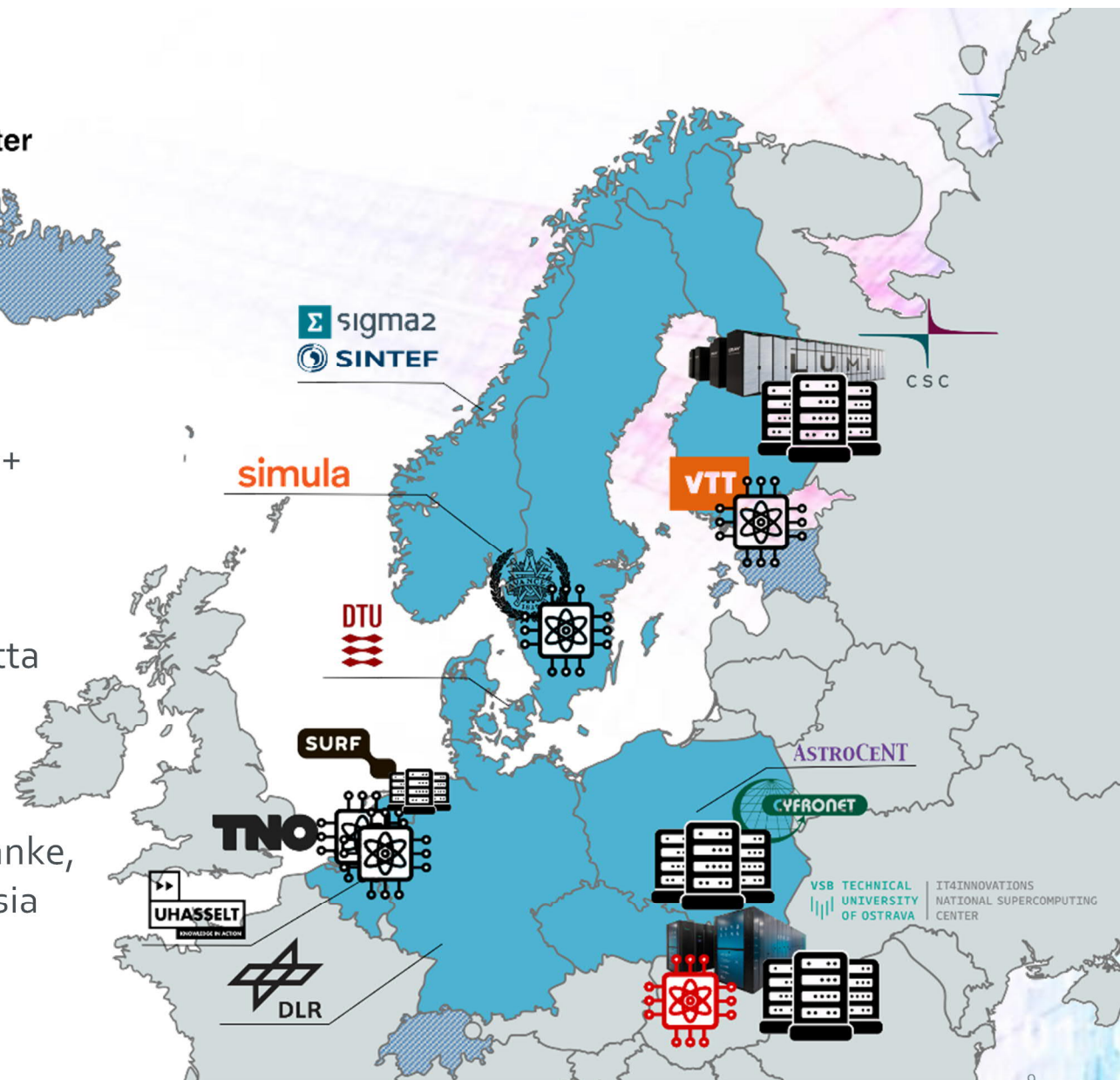
- Perustuu 10 maan LUMI-konsortioon + Alankomaat ja Saksa

## Monipuolinen

- Saadaan monta erilaista kvanttikonetta käyttöön

## Edelläkävijä

- Ensimmäinen yleiseurooppalainen hanke, jossa yhdistetään useita HPC-keskuksia ja kvanttikoneita ristiin



# LUMI – Helmi avattu tutkijoille 1.11.2022

ComputerWeekly.com

## Finland connects a quantum computer to a supercomputer

VTT and CSC recently connected a quantum computer with Europe's fastest supercomputer to enable a hybrid service for researchers

By Pat Brans, Pat Brans Associates/Grenoble Ecole de Management

Published: 06 Dec 2022 10:00

The Register

## Tiny quantum computer plugs into top Euro supercomputer – because why not?

It's not how many qubits you've got, it's how you use them

Tobias Mann

Wed 2 Nov 2022 / 06:20 UTC

12

KVANTIT

TEKNIikka&TALOUS 10.2.2023

## YHDISTYVÄ VOIMA

Kvanttitietokoneet eivät kilpaile klassisia tietokoneita vastaan. Suomessa VTT:n Helmi ja CSC:n Lumi näyttävät mallia kahden erilaisen laskentatavan yhteistyöstä.



MISKA PUJIMALA

## Nyt tuli kova fuusio - Suomen ensimmäinen kvanttitietokone ja kovin supertietokone yhdistettiin: "Kaikki ajurit tulevaisuuden superlaskennalle"

6.11.2022 10:26

TIEDE

TEKNIikka

KONEET JA LAITTEET

TIETOKONEET

# Yhteenveto

Meillä on tällä hetkellä globaalissa mittakaavassa uskottava kvanttiekosysteemi

- Euroopan kärkimaa suprajohdaviin kvanttikoneiden saralla

Mitä pitää tehdä

1. **Hyödynnetään kuumien korkeateknologia-alan kaupalliset mahdollisuudet täysimääräisesti**
  - EU-tasolla digitaalinen itsenäisyys myös kvanttialalla erittäin korkealla prioriteetillä. Suomella mahdollisuus olla "hovitoimittaja" EU:n kvanttisuunnitelmissa suprajohdaviin kvanttikoneiden osalta
2. **Hyödynnetään LUMI:n tuomat mahdollisuudet täysimääräisesti**
  - LUMI on herättänyt laajan kansainvälisen kiinnostuksen Suomea ja suomalaisia toimijoita kohtaan
  - Avustetaan kotimaisia yrityksiä suurteholaskennan ja tekoälyn hyödyntämisessä

Mitä tähän tarvitaan

1. **Näkyvä valtiotason sitoutuminen** kvanttiekosysteemin pitkäjänteiseen tukemiseen
  - Muutoin verrokkimaat ovat houkuttelevampia investointikohteita (sekä osajille että yrityksille)
2. **Kansallinen kvanttistrategia**, jossa mm. tavoitellaan satojen kubittien kvanttihyötyä tarjoava kone
3. **Vastinrahan turvaaminen** suurille EU-hankkeille, kuten LUMI:n jatko ja kvanttiteknologian hankkeet
  - Maksaa itsensä moninkertaisesti takaisin



**Mikael Johansson**

kvanttipäällikkö  
mikael.johansson@csc.fi

[linkedin.com/in/mikael-p-johansson](https://www.linkedin.com/in/mikael-p-johansson)



[facebook.com/CSCfi](https://facebook.com/CSCfi)



[twitter.com/CSCfi](https://twitter.com/CSCfi)



[youtube.com/CSCfi](https://youtube.com/CSCfi)



[linkedin.com/company/csc---it-center-for-science](https://linkedin.com/company/csc---it-center-for-science)



[github.com/CSCfi](https://github.com/CSCfi)