

Asia: VN/7574/2024

Luonnos Suomen kvanttiteknologiastrategiaksi 2025-2035

Lausunnonantajan lausunto

Kommentit lukuun 3: Tilannekuva

Taulukosta 1 nähdään, että vaikka Suomen start-up rahoitus on yli 10-kertainen Ruotsiin ja Tanskaan verrattuna, läheskään vastaavaa eroa ei ole patenttien ja patenttihakemusten määrissä. Kvanttialan tutkimusrahoitus Suomessa on ollut pirstaleista ja lyhytjänteistä, perustuen paljolti Suomen Akatemian lippulaivaprojekteihin. Olisiko systemaattista tutkimusta ja opetusta varten esim. OKM:n perusteltua kehittää Suomen kvanttitiede (quantum science) agenda? Vertaa luonnoksen luku 5.1 (kvanttiosaamiskeskus) sekä luku 5.5, missä kansallisen TKI-ohjelman vetovastuu on ehdotettu TEM:lle ja Business Finlandille.

Kommentit lukuun 4: Visio 2035 ja tavoitteet

Suurin kritiikki liittyy siihen, että strategialuonnos keskittyy aivan liiaksi kvanttilaskentaan ja siinä erityisesti suprajohtavaan kubittiteknologiaan, ohittaen muun kvanttitieteen ja kvanttiteknologian. Tämä näkyy mm. kuvasta 1, missä nykytilanteen (valtiorahoitteinen suprajohtava teknologia ja kryogeniikka) visioidaan tuottavan 1000 loogista kubittia sisältävän kvanttietokoneen ja hybridisen suurteho-, kvantti-, ja AI-laskentaympäristön. Molemmat tavoitteet ovat erinomaisia, mutta edustavat koko kvanttialaa ja sen tulevaisuutta vain rajoitetusti.

Kuten luonnoksen luvussa 2 mainitaan, kvanttietokoneet voivat perustua suprajohtavuutta, ftoniikkaa, ioniloukkuja, ja neutraaleja atomeja soveltaviin kubitteihin ja kvanttiala tieteenä ja teknologiana sisältää paitsi kvanttilaskennan (quantum computing) myös kvanttihavainnoinnin (quantum sensing) ja -mittauksen (quantum metrology) sekä kvanttiaviestinnän (quantum communication). Suprajohtaviin kryogeenisiin kubitteihin perustuva kvanttietokone on ns. ”kapea ja syvä” (vähän kubitteja, mutta pitkä koherenssiaika), ja juuri tällaisiin yleistietokoneisiin strategialuonnos kvanttilaskennassa keskittyy (kts. kuva 1). Sen sijaan ftoniikkaa soveltavat kvanttietokoneet, jotka käyttävät mm. varauskubitteja (elektroni oskilloi kahden kvanttipisteen välillä), ovat ns. ”leveitä ja matalia” (paljon kubitteja, joilla lyhyt koherenssiaika). Näillä on jo nyt useita käytännön sovelluksia erikoistilanteissa, esim. graafien laskennassa (neuroverkot), ja siten ovat erinomaisia kohteita kvanttiekosysteemin kilpailukyvyyn ja liiketoiminnan kehittämiseksi.

Samaten kvanttiteiden ja -teknologian muut osa-alueet ovat voimakkaasti riippuvia fotonikasta. Ottaen huomioon Suomen fotonikan tutkimuksen korkean tason (tästä osoituksena esim. Suomen Akatemian lippulaiva PREIN, jossa ovat mukana UEF, TAU, VTT ja Aalto, fotonikan kansallinen infrastruktuuri FinnLight, jossa ovat mukana UEF, TAU ja VTT, sekä UEF Center for Photonics Sciences, jossa on osana FinnLight:ia monipuoliset puhtastilat erityisesti mikro- ja nanofotonikan komponenttien valmistukseen), kansallisen kvanttiteknologiastrategian tulisi ottaa huomioon fotonikan tarjoamat mahdollisuudet laaja-alaisesti. Esimerkiksi vahvalla integroidun fotonikan ja nanovalmistuksen kapasiteetilla (esim. VTT, Aalto, TAU, UEF) Suomella on hyvät mahdollisuudet kehittää fotonisia kubitteja ja kvanttilogiikkaportteja. Lisäksi sen asiantuntemus nanofotonikasta, puolijohteiden valmistuksesta ja metamateriaaleista on välttämätöntä yksifotonisten lähteiden ja muiden kvanttivalonlähteiden parantamiseksi, jotka ovat avainasemassa skaalautuvassa kvanttilaitteistossa. Fotonisten kvanttilaitteiden valmistaminen suuressa mittakaavassa edellyttää myös CMOS-yhteensopivaa valmistusta, jossa Suomen puolijohde- ja nanovalmistuslaitokset voivat vaikuttaa merkittävästi.

Kommentit lukuun 5: Ehdotetut toimenpiteet vuosien 2025-2030 tavoitteiden toteuttamiseksi

Strategialuonnoksen keskeiset kohteet ovat 1000 loogisen kubitin yleiskvanttitietokone sekä suurteholaskentaa, tekoälyä, ja kvanttilaskentaa yhdistävän hybridilaskennan kehitys. Nämä ovat poikkeuksellisen haasteellisia ja kansainvälisesti kilpailtuja kohteita, joissa piilee myös epäonnistumisen vaara ja joiden synnyttämä teollinen ja kaupallinen aktiviteetti mahdollisesti on rajallinen. Virheiden korjaus, skaalautuvuus ja laitteiston vakaus muodostavat edelleen suuria haasteita, ja vuoteen 2035 mennessä suuret kvanttitietokoneet eivät ehkä vielä ole käytännöllisiä. Täten tuntuisi luonnolliselta, että laaja-alaisempi kvanttialan huomioonottaminen kansallisessa strategiassa voisi edistää paremmin koko kvanttiekosysteemiin liittyvää tiedettä, liiketoiminnan luomista ja kilpailukykyyn kehittämistä.

Luvussa 5.3 puhutaan kilpailukykyisestä infrastruktuurista kvanttilaitteiden ja -komponenttien kehityksen tukena. Siinä mainitaan, että nykyisten infrastruktuurien, LUMI-supertietokoneen, FiQCI:n ja OtaNano:n pitkäjänteinen ylläpito ja kehittämissuunnitelma on vahvistettu yhteistyössä yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa. Fotonikan kehityksen ja kilpailukehityksen tueksi on erityisen tärkeää, että OtaNano:n lisäksi mukaan on otettava FinnLight, eli UEF:n, TAU:n ja VTT:n yhteinen fotonikan infra. FinnLight on itse asiassa fotonikan kannalta parempi infra kuin OtaNano, koska se keskittyy erityisesti fotonikan tarpeisiin – OtaNano:ssa isossa roolissa on myös elektroniikka. Erityisesti UEF:n fotonikan ja materiaalien infrastruktuuri sekä TAU:n optoelektronikan infrastruktuuri ovat tärkeitä kvanttioptiikkaan liittyvän tutkimuksen ja teknologian vahvistamisessa, kehittämisessä ja innovaatiotoiminnassa.

Muut kommentit strategialuonnokseen

- Strategialuonnoksessa tulisi korostaa vahvemmin fotonikan roolia kvanttiteieteissä ja -teknologioissa. Fotonikalla on merkitystä paitsi kvanttilaskentaan myös muihin kvanttialan keskeisiin osa-alueisiin (havainnointiin, mittaukseen ja viestintään). Esimerkiksi Yole Intelligence:n

tekemän raportin mukaan kvanttietokoneisiin on ehdolla neljä arkkitehtuuria (suprajohtavat kubitit, loukutetut ionit, kylmäatomikubitit, fotonikubitit), joissa fotonikalla on tärkeä rooli kolmessa: loukutetut ionit ja kylmäatomikubitit -teknologiat perustuvat lasereiden hyödyntämiseen ja fotonikubitit ovat nimensä mukaisesti fotonikkaan perustuva teknologia. Strategialuonnoksen mukaan Suomi keskittyisi ainoastaan suprajohtaviin kubitteihin. Samassa Yole Intelligence:n raportissa käsitellään myös ennusteita tulevasta kasvusta. Laskennan lisäksi isossa roolissa ovat kvanttihavainnointi ja -kryptografia. Näissä molemmissa fotonikalla on vieläkin isompi rooli kuin laskentapuolella.

- Yleisesti strategiassa tulisi painottaa vahvemmin kvanttitieteiden merkitystä kvanttiteknologioiden ohella sekä huomioida laajemmin erilaisten kvanttialojen kehitykset ja mahdollisuudet. Kvanttilaskentaan verrattuna kvanttiviestintä- ja havainnointiteknologioilla on lyhyemmät kaupallistamisajat, ja niistä voi olla hyötyä televiestinnän, terveydenhuollon ja puolustuksen kaltaisille aloille paljon aikaisemmin. Toisin kuin kvanttilaskenta, kvanttihavainnointia ja -metrologiaa käytetään jo todellisissa sovelluksissa, kuten ultratarkassa lääketieteellisessä kuvantamisessa, GPS:n lisäksi kehittyneissä paikannusjärjestelmissä sekä erittäin herkässä magneetti- ja gravitaatiokentän havaitsemisessa puolustus- ja geofysiikassa. Lisäksi erityisesti kvanttilaskentaa kehitettäessä on otettava huomioon riittävä teknologiariippumattomuus (teknologianeutraalisuus), jottei lukittauduta ainoastaan yhteen ratkaisuun, vaan yritetään löytää mahdollisimman laaja-alaisesti edullisempia ja parempia vaihtoehtoja sovellusalojen tarpeiden räätälöintiin.

Makkonen Soili

Itä-Suomen yliopisto - Lausunnon valmistelu: Luonnontieteiden, metsätieteiden ja tekniikan tiedekunta: Apulaisprof. Andreas Norman prof. Ari Friberg, prof Jyrki Saarinen, prof Markku Kuittinen, prof Pasi Vahimaa ja prof. Polina Kuzhir.