Asiantuntijalausunto eduskunnan sivistysvaliokunnalle

Asia: VNS 7/2025 vp – Valtioneuvoston tulevaisuusselonteon ensimmäinen osa: Strateginen toimintaympäristöanalyysi sekä skenaarioita vuoteen 2045

Asiantuntija: Kvanttiteknologian professori Mikko Möttönen, Suomen kansalainen

Päiväys: 18. päivänä marraskuuta vuonna 2025

Johdanto

Kvanttilaskenta ja siihen liittyvä teknologia ovat nousemassa yhdeksi keskeisimmistä yleiskäyttöisistä teknologioista, joilla on vaikutuksia talouteen, turvallisuuteen, koulutukseen ja yhteiskunnan toimintaan laajasti.

Tarkastelen lausunnossani erityisesti aikajännettä vuoteen 2045 asti sekä sitä, miten Suomi voi sivistysvaliokunnan toimialaan kuuluvien politiikkatoimien avulla varmistaa asemansa kvanttiteknologian eturintamassa.

---

1. Kvanttilaskenta vuoteen 2045 mennessä

Vuoteen 2045 mennessä on käytännössä varmaa, että kvanttilaskenta on laajasti käytössä yhteiskunnassa. Epävarmuudet koskevat muutamien vuosien tarkkuudella sitä, milloin merkittävät läpimurrot tapahtuvat ja milloin eri sovellukset saavuttavat kaupallisen kypsyyden, mutta noin 20 vuoden aikajänteellä epävarmuudet keskiarvoistuvat ja kehityspolku on selkeä: kvanttilaskenta vakiintuu osaksi sekä tietojenkäsittelyinfrastruktuuria että teollisuuden ja julkisen sektorin arkea.

Tämä tarkoittaa, että päätökset, jotka tehdään Suomessa koulutuksesta, tutkimuksesta ja innovaatiopolitiikasta 2020-luvulla ja 2030-luvun alussa, ratkaisevat, olemmeko tulevaisuudessa:

- kvanttiteknologian tuottaja ja viejä
  vai
- sen passiivinen käyttäjä muiden määrittelemillä ehdoilla.

---

2. Suomen erityisasema ja yritysekosysteemi

Suomi on kansainvälisesti poikkeuksellisessa asemassa kvanttilaskennan ja siihen liittyvien teknologioiden kehityksessä. Meillä on jo nyt muodostunut yritysekosysteemi, joka kattaa kvanttikoneiden arvoketjun keskeisiä osia:

- **IQM** – kvanttitietokoneiden suunnittelu, kokoaminen ja myynti asiakkaille ympäri maailman. Kappalemäärällisesti jo nyt maailman johtava kvanttitietokoneiden toimittaja maailmanlaajuisesti.
- **QMill** – kvanttitietokoneiden ohjelmistot ja erityisesti kvanttialgoritmien kehitys, tavoitteenaan tuottaa ensimmäisenä yrityksenä maailmassa käytännöllistä kvanttietua teollisissa sovelluksissa ja sen jälkeen olla maailman johtava kvanttilaskennan soveltamisen mahdollistaja.
- **Bluefors** – kvanttitietokoneiden mahdollistavat teknologiat, erityisesti laitteistot ja suprajohtavien kvanttiprosessorien kylmän toiminnan mahdollistavat järjestelmät.

Näiden lisäksi Suomessa on kasvava joukko muita kvanttiteknologiaan ja sitä tukeviin aloihin keskittyviä yrityksiä ja startup-yrityksiä. Oikein suunnatuilla koulutus-, tutkimus- ja innovaatiopanostuksilla tästä ekosysteemistä tulee Suomelle poikkeuksellinen kasvun ajuri, joka vahvistaa korkeaan osaamiseen perustuvaa talouden rakennetta.

---

3. Koulutus: osaajapohjan rakentaminen

Kvanttiteknologia on poikkeuksellisen matemaattisesti ja luonnontieteellisesti vaativa ala. Jos Suomi haluaa hyödyntää etumatkaansa, koulutusjärjestelmän on tuettava tätä osaamista johdonmukaisesti kaikilla tasoilla.

Peruskoulu ja lukio

- Matemaattis-luonnontieteellistä koulutusta tulee **vahvistaa** peruskoulussa ja lukiossa.
- Erityisesti matematiikan, fysiikan ja tietotekniikan opiskelu on nähtävä strategisena investointina, ei vain yhtenä oppiainekokonaisuutena muiden joukossa.
- Nykyisestä tasapäistävästä ajattelusta tulisi siirtyä malliin, jossa **tasavertaiset mahdollisuudet** yhdistyvät siihen, että poikkeuksellista matemaattista lahjakkuutta voidaan tunnistaa ja tukea systemaattisesti jo varhaisessa vaiheessa. Tämä ei tarkoita mahdollisuuksien kaventamista muilta, vaan sen varmistamista, että vaativaan kvanttialaan soveltuvia kykyjä ei hukata.

Korkeakoulutus

- Kvanttiteknologian aloituspaikkojen määrää tulee **moninkertaistaa**. Tämä ei koske ainostaan perusaloja kuten fysiikkaa, matematiikkaa, tietotekniikkaa, sähkötekniikkaa vaan erityisesti **kvanttiteknologiaan räätälöityjä koulutusohjelmia**.
- Maisterivaiheen koulutusta tulee uudistaa siten, että tarjolla on sekä korkeatasoisia suomenkielisiä ohjelmia että **englanninkielisiä ohjelmia** suomenkielisten rinnalla. Näin voidaan sekä kouluttaa suomalaisia osaajia että houkutella opiskelijoita ja tulevia osaajia ulkomailta.
- Kvanttiteknologiaan ja kvanttilaskentaan erikoistuvat opintopolut on rakennettava johdonmukaisiksi: kandidaattiopinnoista maisterivaiheeseen ja aina tohtorikoulutukseen asti.

---

4. Työvoima ja kansainväliset osaajat

Kvanttialalla työpaikkojen määrä tulee **moninkertaistumaan** teollisuudessa ja palveluissa vuoteen 2045 mennessä. Suomalaisten osaajien lisäksi tarvitsemme väistämättä osaavaa työvoimaa ulkomailta.

On tärkeää korostaa, että:

- Ulkomaiset huippuosaajat **vahvistavat** Suomen asemaa ja siten luovat työpaikkoja, eivät vie työpaikkoja kantasuomalaisilta.
- Kun Suomeen saadaan kvanttiteknologian huippuosaajia, he rakentavat yrityksiä, tutkimusryhmiä ja ekosysteemejä, jotka työllistävät laajasti myös suomalaisia.

Tähän on jo konkreettinen esimerkki: **IQM** ei voisi työllistää nykyistä yli 200 hengen henkilöstöä Suomessa ilman kansainvälisiä osaajia ja heidän osaamisensa ja menestyksensä varaan rakentuvaa kukoistavaa yritystoimintaa. Vastaavia esimerkkejä on mahdollista synnyttää lisää, jos koulutus-, maahanmuutto- ja innovaatiopolitiikka tukevat tätä kehitystä.

---

5. Tutkimus ja kansallinen ohjelma

Suomi on poikkeuksellisen vahva **suprajohtavissa kvanttitietokoneissa**, mukaan lukien kylmäfysiikan osaaminen. Erityisesti Aalto-yliopiston ja VTT:n ympäristöön on syntynyt kansainvälisesti poikkeuksellisen menestyksekäs osaamiskeskittymä.

Nykytilanteessa tutkimus on kuitenkin **liian hajanaista** palvellakseen optimaalisesti Suomen pitkän aikavälin talousnäkymiä.

Tarvitsemme:

- Vahvan, pitkäjänteisen **kansallisen tutkimusohjelman**, joka tähtää ratkaisemaan kvanttitietokoneiden kehityksen keskeisiä haasteita 10 vuoden ja sitä pidemmällä aikajänteellä.
- Ohjelman, joka kokoaa eri yliopistojen ja VTT:n osaamisen yhteisten tavoitteiden ympärille.
- Aalto-yliopistossa hiljattain keksitty **autonominen kvanttiprosessori**, joka vastaa substanssitasolla ideaalisesti tähän haasteeseen, mutta se on toistaiseksi keskittynyt liikaa Kvanttilaskennan ja -laitteiden tutkimusryhmään. Kansallisella, mittavalla ohjelmalla voidaan valjastaa koko maan tutkijayhteisön kyvyt tällaisen keksinnön kehittämiseen ja sen ympärille syntyvien innovaatioiden hyödyntämiseen.

Tämän ehdotetun mittavan tutkimusohjelman siivittämänä Suomella on mahdollisuus ei pelkästään pysyä kvanttilaskennan suurvaltana vaan olla kvanttilaskennan Taiwan.

---

6. Innovaatiot, patentit ja kaupallistaminen

Suomessa on syntynyt viime vuosina poikkeuksellisen paljon lupaavia uusia startup-yrityksiä tieteellisen tutkimuksen pohjalta. Esimerkkinä voidaan mainita Suomen tuorein yksisarvinen, **IQM**, joka on kasvanut nopeasti tutkimuslähtöisestä ideasta kansainvälisesti johtavaksi kvanttiyritykseksi.

Tästä huolimatta yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa piilee edelleen **paljon valjastamatonta innovaatiopotentiaalia**. Yksi keskeinen ongelma on kannustinjärjestelmä:

- Jos tutkija ei halua itse perustaa yritystä, hänellä ei usein ole riittävää motivaatiota tai tukea patentoida ja kaupallistaa keksintöään.
- Tutkimusryhmälle ei välttämättä muodostu tutkimusrahoituksellista hyötyä, vaikka keksintö kaupallistettaisiin menestyksekkäästi.

Tarvitsemme mekanismin, joka:

1. **Palkitsee riittävästi keksijöitä henkilökohtaisesti** – esimerkiksi selkeällä, riittävällä palkkiolla keksinnön siirtyessä yritykselle.
2. **Palkitsee tutkimusryhmää**, josta keksintö on peräisin – esimerkiksi ohjaamalla merkittävä osa tuotosta takaisin tutkimusrahoituksena.
3. **Virtaviivaistaa keksintöjen siirtämisen olemassa oleviin yrityksiin**, esimerkiksi tarjoamalla mahdollisuuden käyttää kiinteää, noin 100 000 euron suuruusluokassa olevaa maksua, jolla yritys hankkii oikeudet keksintöön.

4. Mahdollistaa sen, että **valtio tai julkinen toimija tarjoaa lainaa** yrityksille kohdan 3. maksun kattamiseksi.

Mikäli edes yksi muutamasta kymmenestä tällä tavoin siirretystä keksinnöstä osoittautuu kaupalliseksi läpimurroksi, lainojen takaisinmaksu ja verotuotot ovat moninkertaisia alkuperäisiin panostuksiin nähden. Tämä on tulevaisuusselonteon näkökulmasta hyvin perusteltu sijoitus.

---

7. Kvanttiturvallisuus ja kvanttisovellukset

Yksi keskeinen kvanttilaskentaan liittyvä haaste – jota joskus kuvataan myös riskiksi – on se, että tulevaisuuden kvanttitietokoneet kykenevät **murtamaan laajasti käytössä olevia salausmenetelmiä**. Tämä ei ole niinkään valinnaisena nähtävä riski, vaan teknologisen kehityksen väistämätön seuraus.

Tästä syystä:

- Suomalaisen kvanttiohjelmistokehityksen **kulmakiven** tulisi olla kvanttitietokoneiden hyödyntäminen juuri tähän haasteeseen vastaamisessa:
    - **kvanttiturvallisten salausten** kehittäminen,
    - niiden testaaminen ja
    - käytännön käyttöönoton tukeminen.

Tässä tarkoitetaan myös ja erityisesti kvanttilaskentaa hyödyntäviä, vielä julkisesti tuntemattomia menetelmiä käyttämällä.

Toinen, taloudellisesti todennäköisesti vielä merkittävämpi sovellusalue on **teollisten optimointitehtävien** ratkaiseminen kvanttiohjelmistoilla. Esimerkkejä ovat:

- logistiikan reititysongelmat,
- tuotannonohjaus,
- energiaverkkojen optimointi ja
- finanssimarkkinoiden riskinhallinta ja salkunoptimointi.

Suosittelen, että näistä teemoista – erityisesti teollisesta optimoinnista ja kvanttiturvallisuudesta – tehdään **kansallisia hankintoja**, joissa:

- valtio ja julkisyhteisöt ostavat kvanttiohjelmistoihin perustuvia pilotointeja ja ratkaisuja suomalaisilta yrityksiltä,
- tavoitteena on sekä käytännön hyöty että osaamispohjan ja ekosysteemin vahvistaminen.

---

8. Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

Yhteenvetona ehdotan, että sivistysvaliokunta tarkastelee tulevaisuusselontekoa kvanttiteknologian näkökulmasta erityisesti seuraavien toimenpiteiden kautta:

1. **Pitkäjänteinen kansallinen tutkimusohjelma**
    - Käynnistetään laaja suprajohtavan kvanttitietokoneen autonomisen kvanttiprosessorin kehitykseen keskittyvä tutkimusohjelma, jonka horisontti on vähintään 10 vuotta.
    - Hyödynnetään Aalto-yliopiston ja VTT:n osaamiskeskittymää, mutta valjastetaan koko maan tutkimusyhteisö tähän tavoitteeseen.
2. **Kansallinen panostus kvanttiturvallisuuteen**
    - Tehdään kvanttitietokoneiden aiheuttamasta salauksen murtumisen haasteesta yksi Suomen kvanttiohjelmistokehityksen strategisista prioriteeteista.
    - Käynnistetään kansallisia hankintoja ja pilotointeja kvanttitietoturvan ja -turvallisuuden alalla.
3. **Teollisen optimoinnin kvanttisovellukset**
    - Rahoitetaan ja hankitaan kvanttiohjelmistoihin perustuvia ratkaisupilotointeja erityisesti teollisuuden optimointiongelmissa.
    - Tehdään näistä hankkeista alustoja, joilla suomalaiset yritykset ja tutkimusorganisaatiot voivat yhteistyössä kehittää kansainvälisesti kilpailukykyisiä tuotteita.
4. **Kannustinjärjestelmä tutkimuslähtöisille innovaatioille**
    - Luodaan malli, jossa keksijä ja etenkin tutkimusryhmä saavat merkittävän taloudellisen hyödyn keksinnön siirtyessä yritykselle.
    - Otetaan käyttöön yksinkertainen, kiinteähintainen lisensointimalli (noin 100 000 euroa) ja tarjotaan yrityksille lainaa lisenssimaksujen kattamiseen.
5. **Koulutusjärjestelmän vahvistaminen**
    - Lisätään matemaattis-luonnontieteellisen opetuksen painoarvoa peruskoulussa ja lukiossa.
    - Luodaan räätälöityjä polkuja, joissa matemaattisesti lahjakkaita oppilaita voidaan erityiskouluttaa systemaattisesti ilman tasapäistävää ajattelua.

6. **Kvanttiteknologian koulutuspaikkojen moninkertaistaminen**
    - Moninkertaistetaan kvanttiteknologian opiskelupaikkojen määrä korkeakouluissa.
7. **Kansainvälisesti vetovoimainen maisterikoulutus**
    - Perustetaan englanninkielisiä kvanttiteknologiaohjelmia suomenkielisten rinnalle.

Näiden toimien avulla Suomi voi hyödyntää ainutlaatuista lähtökohtaansa kvanttilaskennassa ja varmistaa, että vuoteen 2045 mennessä olemme paitsi kvanttiteknologian käyttäjä, myös sen johtava kehittäjä ja nettoviejä.