

**Brüssel, 4. juuli 2025
(OR. en)**

11276/25

COMPET 689	EDUC 315
IND 247	EMPL 354
RECH 319	ENFOPOL 251
ESPACE 54	FIN 832
COH 128	FISC 159
COSI 131	JAI 1028
CYBER 206	SOC 503
ECOFIN 955	TELECOM 234

SAATEMÄRKUSED

Saatja:	Euroopa Komisjoni peasekretär, allkirjastanud Martine DEPREZ, direktor
Kättesaamise kuupäev:	3. juuli 2025
Saaja:	Thérèse BLANCHET, Euroopa Liidu Nõukogu peasekretär
Komisjoni dok nr:	COM(2025) 363 final
Teema:	KOMISJONI TEATIS EUROOPA PARLAMENDILE JA NÕUKOGULE ELi kvantitehnoloogia strateegia: Euroopa kvantitehnoloogia muutuv maailmas

Käesolevaga edastatakse delegatsioonidele dokument COM(2025) 363 final.

Lisatud: COM(2025) 363 final



Brüssel, 2.7.2025
COM(2025) 363 final

KOMISJONI TEATIS EUROOPA PARLAMENDILE JA NÕUKOGULE

ELi kvanttehnoloogia strateegia: Euroopa kvanttehnoloogia muutuv maailmas

Euroopa kvanttehnoloogia muutuv as maailmas

1.1 Sissejuhatus

Euroopa on kvanttehnoloogia¹ maailmajagu. Euroopa on alati olnud koht, kus tegeletakse kvantteadusega, seda juba alates legendaarsetest kvantteooria alusepanijatest, nagu Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr ja Erwin Schrödinger, ning tänapäeva teerajajatele ja Nobeli auhinna laureaatidele, nagu Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect ja Anne L'Huillier.

Kvantteaduse edusammud on tehnoloogiaajaloo ühed kõige suurema ümberkujundava mõjuga muutused. Draghi aruandes² on öeldud, et kvanttehnoloogia on „andmetöötlemise valdkonna järgmine teedrajav uuendus, mis võib luua uusi võimalusi ELi tööstuse konkurentsivõime ja tehnoloogilise suveräänsuse jaoks“.

Nüüd oleme jõudnud pöördepunkti, kuna ülemaailmne võidujooks kvanttehnoloogia kasutuselevõtuks kiireneb ning see tehnoloogia jõuab laboritest tegelikesse rakendustesse. Lähimurded alates magnetresonantstomograafia (MRT) skanneritest tervishoius ja materjaliarendusest energeetikasektoris kuni geofüüsikas ja navigatsioonis kasutatavate gravimeetriliste andurite, turvalise side ning keerukaid logistika- ja finantsprobleeme lahendava kvantarvutuseni on hakanud juba kujundama ümber olulisi tööstusharusid ja ühiskondlikku taristut.

Kvanttehnoloogial on ka kaheksa kasutuse potentsiaal,³ mis muudab selle kasulikuks nii kaitse- kui ka riikliku julgeoleku rakenduste jaoks, edendades seega peamiste avaliku ja erasektori osalejate strateegilisi huve.

Eespool kirjeldatud arvesse võttes käsitleb EL oma majandusjulgeoleku strateegias⁴ ja valges raamatus „Euroopa kaitsevalmidus 2030“⁵ kvanttehnoloogiat elutähtsa tehnoloogiana⁶.

Praegu tehakse esimesi ulatuslikke industrialiseerimisalaseid pingutusi kogu maailmas, eelkõige USAs, kus selleks tuginetakse kõrgtehnoloogiaettevõtete suurtele erainvesteeringutele, ning Hiinas, kus neid rahastatakse peamiselt avaliku sektori vahenditest.

Euroopa on teinud kvantteaduse tipptaseme saavutamisel märkimisväärsed edusamme: siin on maailma suurim kvanttehnoloogia valdkonna talentide kontsentratsioon ja Euroopa on teaduspublikatsioonide arvu poolest maailmas esikohal. ELis on ka üks suurimaid kvanttehnoloogia idufirmade ökosüsteeme⁷. Ligikaudu kolmandik kõigist maailma

¹ Kvanttehnoloogiad tuginevad kvantmehaanika põhimõtetele, et täita ülesandeid, millega hakkamasaamine oleks traditsiooniliste tehnoloogiatega võimatu või väga ebatõhus. Kvanttehnoloogia peamised valdkonnad on kvantarvutus ja -simulatsioon, kvantaju ja kvantkommunikatsioon.

² Draghi aruanne ELi konkurentsivõime tuleviku kohta.

³ Käesolevas strateegias tähendab **kaheksa kasutuse potentsiaal** võimalust kasutada kvanttehnoloogiat nii tsiviil- kui ka julgeoleku- ja kaitse-eesmärkidel. Seda mõistet kasutatakse siin laiemas ja rohkem tulevikku suunatud tähenduses kui on ekspordikontrolli käsitleva määruse (EL) 2021/821 kohasel õiguslikul mõistel „kaheksa kasutusega kaubad“.

⁴ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>.

⁵ Valge raamat „Euroopa kaitsevalmidus 2030“ | Euroopa välisteenistus.

⁶ Komisjoni 3. oktoobri 2023. aasta soovitus (EL) 2023/2113, mis käsitleb ELi majandusjulgeoleku seisukohast elutähtsate tehnoloogiavaldkondade täiendavat riskihindamist koos liikmesriikidega.

⁷ McKinsey & Company, „Quantum Technology Monitor“ (Kvanttehnoloogia valdkonna ülevaade“), aprill 2024.

kvanttehnoloogia ettevõtetest asub ELis⁸ ning ELi müüjad tarnivad peaaegu poole kvantarvutites kasutatavatest riist- ja tarkvarakomponentidest⁹.

Euroopa on aga praegu **jäänud maha oma innovatsioonivõimekuse ja tulevase potentsiaali muutmisel tegelikeks turuvõimalusteks**. Selle tulemusena on Euroopa praegu kvantarvutuse, -taju ja -kommunikatsiooni patentide poolest maailmas vaid kolmandal kohal¹⁰.

Lisaks on **Euroopa jõupingutused liikmesriikide**, riiklike ja piirkondlike rahastamisasutuste **lõikes endiselt killustatud**. Viimase viie aasta jooksul on EL ja liikmesriigid investeerinud kvanttehnoloogiasse üle 11 miljardi euro. Kuigi mitu liikmesriiki on välja töötanud oma riiklikud strateegiad ja tegevuskavad, on ebapiisav koordineerimine toonud kaasa jõupingutuste dubleerimise, ressursside ebatõhusa kasutamise ja kasvava konkurentsi talentide pärast. See võib vähendada ELi suutlikkust saavutada kriitiline mass ja mastaap, aeglustades turustamiseni jõudmist ning piirates lõppkokkuvõttes ülemaailmselt konkurentsivõimelise Euroopa tööstussuutlikkuse ja ühtse Euroopa kvanttehnoloogiaturu arengut.

Kuigi Euroopal on juhtroll kvanttehnoloogia valdkonna ettevõtluse varajases etapis, puuduvad tema kujunemisjärgus ökosüsteemil praegu kestlik rahaline toetus ja piisavad turuväljavaated. Samuti puuduvad Euroopa suurte tööstusettevõtete hulgas varajased kasutuselevõtjad, mistõttu pole idufirmade alles kujunevatel ökosüsteemidel piisavaid turuväljavaateid.

Tuginedes konkurentsivõime kompassile,¹¹ milles on kvanttehnoloogiat käsitatud ühena tulevikumajanduse olulistest tehnoloogiasektoritest,¹² esitatakse käesolevas algatuses tugevas kooskõlas kvanttehnoloogia sidusrühmade seisukohtadega¹³ terviklik strateegia, et tagada Euroopa juhtpositsioon ülemaailmses kvanttehnoloogia võidujooksus. Toetades selle kahesuguse kasutuse potentsiaaliga tehnoloogia arendamist ELis, aitab see strateegia rakendada ka soovitusi, mis on esitatud ELi kriisivalmiduse strateegias,¹⁴ Niinistö aruandes,¹⁵ valges raamatus „Euroopa kaitsevalmidus 2030“,¹⁶ Euroopa sisejulgeoleku strateegias¹⁷ ja ELi rahvusvahelises digistrateegias¹⁸.

1.2 Euroopa kvanttehnoloogia: visioon ja strateegiline rakendusraamistik

⁸ Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. *et al.*, „Future Directions for Quantum Technology in Europe“ (Kvanttehnoloogia edasised suunad Euroopas), Euroopa Liidu Väljaannete Talitus, Luxembourg, 2025, JRC141050. Avaldatakse juuli keskpaigas.

⁹ [Euroopa Investeerimispank](#), „A Quantum Leap in Finance“ (Kvanttehnoloogia hüpe rahanduses), 2022.

¹⁰ Vt joonealune märkus 8.

¹¹ [Konkurentsivõime kompass – Euroopa Komisjon](#).

¹² Euroopa majandusjulgeoleku strateegias ja seda käsitlevas komisjoni 3. oktoobri 2023. aasta soovituses käsitatakse kvanttehnoloogiat ühena elutähtsatest tehnoloogiavaldkondadest.

¹³ Nagu on väljendatud vastustes tagasisidekorjele, mis algatati enne [ELi kvanttehnoloogia strateegia](#) avaldamist. Sidusrühmad väljendasid seisukohta, et ELi kvanttehnoloogia strateegiaga tuleks kiirendada laborist tootmisel jõudmist, jätmata tähelepanuta alusuuringute suurt rolli, laiendada olemasolevaid üleeuroopalisi kvanttaristuid ning kujundada välja kvanttehnoloogiaalaste oskuste ja haridusega tööjõud. Samuti rõhutasid nad, kui oluline on suurendada liidu tootmisvõimsust ning kõrvaldada finants-, regulatiivsed ja haldustakistused, mis piiravad või aeglustavad idufirmade arenemist väljakujunenud ja kasumlikeks ettevõteteks ühtsel turul.

¹⁴ [Valmisolek – Euroopa Komisjon](#).

¹⁵ Niinistö aruanne, https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_en?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf.

¹⁶ Vt joonealune märkus 6.

¹⁷ „[Commission presents ProtectEU Internal Security Strategy](#)“ (Komisjon esitleb Euroopa sisejulgeoleku strateegiat), Euroopa Komisjon.

¹⁸ „[Joint Communication on an International Digital Strategy for the EU](#)“ (Ühisteatis ELi rahvusvahelise digistrateegia kohta), 5. juuni 2025.

Euroopal on väga head võimalused saavutada käimasolevas kvantrevolutsioonis juhtpositsioon. Visioon on muuta Euroopa kvanttehnoloogia tööstuse jõujaamaks ja selle valdkonna üleilmseks turuliidriks, tuginedes järjepidevale teaduslikule juhtpositsioonile.

ELi strateegilises visioonis kasutatakse ära ELi olemasolevaid tugevaid külgi: maailmatasemel teadusuuringud, teaduse tipptase, elujõuline idufirmade baas ja tugev avaliku sektori investeeringute struktuur. Need põhisambad on olulised, et vähendada killustatust, kiirendada tööstuslikku kasutuselevõttu ja tagada strateegiline autonoomia kvanttehnoloogia valdkonnas.

Selle visiooni saavutamiseks keskendutakse strateegias viiele omavahel seotud valdkonnale:

- **1. valdkond – teadusuuringud ja innovatsioon:** tipptaseme tugevdamine kogu Euroopas, et olla kvantteaduses ja sellega seotud tööstuse ümberkujundamises esirinnas;
- **2. valdkond – kvanttaristud:** kestlike, laiendatavate ja koordineeritud taristukeskuste väljakujundamine, et toetada tootmist, projekteerimist ja rakenduste arendamist;
- **3. valdkond – ELi kvanttehnoloogia ökosüsteemi tugevdamine:** tarneahelate kindlustamine ja kvanttehnoloogia industrialiseerimine, investeerides idu- ja kasvufirmadesse;
- **4. valdkond – kosmos ja kahesuguse kasutuse potentsiaaliga kvanttehnoloogia (julgeolek ja kaitse):** turvalise ja suveräänse kvantvõimekuse integreerimine Euroopa kosmose-, julgeoleku- ja kaitsestrateegiatesse;
- **5. valdkond – kvanttehnoloogiaalased oskused:** mitmekesise maailmatasemel tööjõu kujundamine koordineeritud paindlike haridus- ja koolitussüsteemide ja -programmide kaudu ning talentide liikuvuse edendamise kaudu kogu ELis.

Neid viit strateegilist valdkonda toetab arukas lähenemisviis rakendamisel. Nagu on kirjeldatud allpool punktis 3.1 „ELi kvanttehnoloogia strateegia rakendamise põhikomponendid“, tugineb lähenemisviis tehnoloogia elutsüklil põhinevale iteratiivsele arendamisele, kus teaduslikud kvanttehnoloogia avastused seotakse pidevalt tegelike rakenduste ja turuga, nii et see avaldab lühi- ja pikaajalist majanduslikku mõju. Selline lähenemisviis rakendamisele aitab meelitada ligi juhtivaid tööstuse ja avaliku sektori kasutajaid, tagades turulepääsu ja kujunemisjärgus ELi kvanttehnoloogia ökosüsteemi kestlikkuse.



Joonis 1. ELi kvanttehnoloogia strateegia viis strateegilist valdkonda

Lisaks rakendamise elutsüklile loob EL strateegilise juhtimisraamistiku edusammude jälgimiseks ja hõlbustamiseks.

Strateegia tugineb 2023. aasta Euroopa kvanttehnoloogia deklaratsioonile,¹⁹ mis tähistas olulist poliitilist sammu, et viia liikmesriikide tegevus kooskõlla ühiste prioriteetide ja Euroopa väärtustega. Strateegias on võetud arvesse ka järeldusi,²⁰ mille esitasid kvanttehnoloogia koordineerimisrühma²¹ juhtimisel loodud ekspertide töörühmad kõigist ELi liikmesriikidest.

2 ELi kvanttehnoloogia strateegia strateegilised valdkonnad

2.1 1. valdkond: Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringud ja innovatsioon

Euroopa kvantteaduse baas, mida toetavad mitmesugused ELi ja riiklikud programmid, on loonud tugeva teadusliku aluse. Viimase viie aasta jooksul on EL investeerinud kvanttehnoloogiasse ligi 2 miljardit eurot, millele lisandub üle 9 miljardi euro liikmesriikide avaliku sektori poolse täiendava rahastamisena. Nendest vahenditest on toetatud teadust ja haridust kvanttehnoloogia valdkonnas, riiklike kvanttehnoloogia klasterite ning kvantarvutite ja klassikaliste superarvutite hübriidkeskuste loomist, kvanttehnoloogiatööstust ja rahvusvahelisi partnerlusi.

Hoolimata märkimisväärtetest riiklikest ja ELi rahalistest vahenditest on Euroopa kvantuuringud liikmesriikide ja vahendite lõikes endiselt killustatud, mille tulemuseks on dubleerimine, puudujäägid prioriteetsetes valdkondades ja konkurents väheste talentide pärast. Ilma koordineerimiseta ja selgelt ühiste strateegilistele prioriteetidele keskendumata ei suuda Euroopa oma eesmärgi kvanttehnoloogia valdkonnas saavutada.

Seepärast teeb komisjon ettepaneku luua spetsiaalne **Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatus**. Selle eesmärk on kooskõlastada ELi ja liikmesriikide jõupingutused ühiselt kokkulepitud teadusuuringute, tehnoloogia ja innovatsiooni tegevuskava abil. Algatuse raames koondatakse jõupingutused ühiste teemade ümber ja seatakse ühised eesmärgid, et tagada sidusus, vältida kattumist ja saavutada kriitiline mass.

Algatuse struktuur lähtub järgmistest peamistest tegevusetappidest:

- **avastamine:** alusuuringute, tehnoloogia arengu ja innovatsioonimeetmete toetamine kvantarvutuse, -kommunikatsiooni ja -taju valdkonnas;
- **teekond laborist tootmisse:** edasised investeeringud tipptasemel kvantarvutuse, -kommunikatsiooni ja -taju taristute rajamisse, kvanttehnoloogia riistvarasse ja asjakohastesse progressi võimaldavatesse tehnoloogiatesse, samuti tipptasemel katseliinidesse ja projekteerimisvahenditesse, et toetada industrialiseerimist ja ökosüsteemi arengut;
- **rakendamine ja kasutamine:** toetus rakenduste arendamisele peamistes avalikes ja tööstussektorites, tagades, et kõigi kvanttehnoloogia valdkondade teaduslikud saavutused leiavad väljenduse tegelikes rakendustes ja mõjus.

Lisaks eespool nimetatule hõlmab algatus ka investeeringuid talentide ligimeelitamisse ja oskuste arendamisse, et edaspidi oleks kvanttehnoloogia tööstuse jaoks tagatud hästi koolitatud tööjõud.

Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatust hakatakse rakendada ELi tasandi juhtimisraamistiku kaudu, mis määratakse kindlaks tulevases kvanttehnoloogia määruse ettepanekus. Seni laiendatakse Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisettevõtte²² volitusi selle asutamismääruse muutmise, tagades sujuva koordineerimise programmidega

¹⁹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies>.

²⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-european-strategy-quantum-technology-main-orientations-and-recommendations>.

²¹ <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&groupID=3931>.

²² Nõukogu määrus (EL) 2021/1173, millega asutatakse Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisettevõtte.

„Euroopa horisont“, „Digitaalne Euroopa“, kosmose- ja kaitseprogrammidega ning muude rahastamisvahenditega.

- Muuta Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisettevõtte määrust, et laiendada selle volitusi kõigile kvanttehnoloogiatele ning esimese sammuna viia praegune programmi „Euroopa horisont“ II samba kvanttehnoloogiaalaste teadusuuringute ja innovatsiooniga seotud tegevus ühisettevõtte alla [2025. aasta III kvartal]
- Esitada kvanttehnoloogia õigusakti ettepanek [2026]

2.2 2. valdkond: Euroopa kvanttaristud

EL investeerib praegu suurtesse kvanttaristu algatustesse, nagu kvantarvutussüsteemid ühisettevõtte Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisettevõtte raames,²³ EuroQCI turvaline kvantkommunikatsiooni taristu liidu turvalise ühenduse programmi IRIS² raames²⁴ ning tiptasemel kvanttajuplatvormid. EL investeerib ka kiipide ühisettevõtte²⁵ raames mitmesse katseliini, et valmistada kvanttehnoloogia industrialiseerimiseks Euroopas.

Need avaliku sektori rahastatavad kvanttaristud on Euroopa kvanttehnoloogiaalaste eesmärkide saavutamise strateegilised võimaldud. Need tagavad juurdepääsu tiptasemel kvantsüsteemidele ja -platvormidele, mis jääksid muidu enamiku Euroopa kvanttehnoloogia valdkonna sidusrühmade ja kasutajate jaoks kättesaamatuks suurte arendus- ja juurdepääsukulude, tehnilise keerukuse või vajaduse tõttu konkreetsete teenuste, näiteks turvalise side järele. Need kujutavad endast innovatsiooni katselava, andekate inimeste koolitamise keskkonda ning kohta, kus tööstus, VKEd ja teadlased saavad katsetada, mõista ja kujundada uute kvanttehnoloogiate arendamist. Need on olulised, et kiirendada kvanttehnoloogia kasutuselevõttu, suurendada tööstussuutlikkust ja tagada kvanttehnoloogiast saadava kasu laialdane jaotumine üle kogu liidu.

Edaspidi säilitab ja suurendab EL investeeringuid avalikesse kvanttaristutesse, mis hõlmavad **arvutust ja simulatsiooni, kommunikatsiooni ja taju**, nagu on selgitatud allpool.

2.2.1 Kvantarvutus ja -simulatsioon

Kvantarvutus võib põhjalikult muuta meie suutlikkust lahendada keerukaid andmetöötluse optimeerimise probleeme, millega ei suuda toime tulla isegi kõige võimsamad kõrgjõudlusega andmetöötlussüsteemid. Eeldatavasti on selle mõju katalüütiline paljudes valdkondades, näiteks ravimite ja kemikaalide simulatsioonis võib see aidata avastada uusi ravimeid ja kemikaale; energeetikas võib kvantarvutus aidata avastada uusi akumaterjale või kõrgtemperatuurilisi ülijuhte; samuti on sellel märkimisväärne potentsiaal aidata kaasa edusammudele näiteks logistikas ja rahanduses. Lisaks suudavad kvantarvutid lahendada selliseid probleeme palju energiatõhusamal viisil kui klassikalised superarvutid. Kvantarvutid ei asenda kõrgjõudlusega andmetöötlussüsteeme, vaid täiendavad neid, toimides kiirendajatena, mis suurendavad andmetöötluslahenduse üldist jõudlust, ning andes tulemusi palju kiiremini ja energiatõhusamalt. Kvanttehnoloogiat kasutatakse üha enam ka tehisintellekti kõrval ja selle toetamiseks. Näiteks võib kvanttehnoloogia kiirendada tehisintellektimudelite treenimist, samal ajal kui tehisintellekt aitab kaasa kvantveaparandusele, suurendades süsteemi üldist usaldusväärsust.

Kvantarvutus on praegu määravas etapis: olemas on küll väikesemahulised kvantprotsessorid, aga peamine ülemaailmne katsumus on jõuda täielikult toimivate kvantarvutiteni, millega on

²³ [Euroopa kvantkommunikatsiooni taristu \(EuroQCI\) algatus |Euroopa digituleviku kujundamine.](#)

²⁴ [IRIS² | Turvaline ühendus – Euroopa Komisjon, määrus \(EL\) 2023/588.](#)

²⁵ [Nõukogu määrus \(EL\) 2023/1782](#), millega luuakse kiipide ühisettevõte.

võimalik kindlalt tõendada kvantarvutuse eeliseid. Nüüd on peamine eesmärk ehitada suuremahulisemaid masinaid, millel on klassikaliste arvutite ees selge kvanteelis²⁶. Järgmise viie kuni kümne aasta jooksul kasvab kvantarvutite suutlikkus lahendada tegelikke probleeme tohutult. Seepärast teevad EL ja selle liikmesriigid ning teised olulised osalejad – alates Austraaliast, Kanadast, Hiinast, Jaapanist, Lõuna-Koreast ja Ühendkuningriigist kuni USAni – kvanttehnoloogiasse suuri investeeringuid, võideldes juhtpositsiooni eest kvantrevolutsioonis²⁷. Praegu on väljatöötamisel mitu kvantarvutusplatvormi, millest igaüks põhineb erineval tehnoloogilisel lähenemisviisil²⁸. Tabelis 1 on loetletud kvantarvutid, mida pakuvad maailma eri piirkondades asuvad ettevõtted.

Tehnoloogiline platvorm	Ülijuhid	Ioonilõksud	Külmaatomid	Fotoonika	Spinnkvantbitid
 ELi masinad	 17	 6	 8	 5	 3
 Ühendkuningriigi masinad	4	6	0	5	2
 USA masinad	26	7	4	2	0
 Kanada masinad	13	0	0	1	0
 Hiina masinad	2	0	0	0	0
 Muud ²⁹ masinad	1	0	0	1	3

Tabel 1. Kvantarvutuse ja -simulatsiooni tehnoloogia tarnijate olukord

Nagu eespool näidatud, arendab Euroopa riiklike programmide ja ELi kvanttehnoloogia juhtalgatuse³⁰ kaudu kõiki peamisi kvantarvutustehnoloogiaid. Need jõupingutused on viinud toimivate prototüüpide, tarkvara tööriistakomplektide ja mitme süvatehnoloogia võrsefirmi. Samuti võtab EL kõrgjõudlusega andmetöötluse ühissettevõtte kaudu mitmes liikmesriigis juba kasutusele oma esimesed kvantarvutussüsteemide prototüübid (vt joonis 2). Sellel varajasel kasutuselevõtul on kaks peamist eesmärki: sellega toetatakse autonoomse, suveräänse ja konkurentsivõimelise Euroopa kvanttööstuse teket, luues riist- ja tarkvara tarnijatele varajase turu ning võimaldades samal ajal siseturu arengut kasutusjuhtude ja kasutajate arvu ning ulatuse suurendamise kaudu.

Samuti on EL edukalt võimaldanud kvantarvutite varajast hübriidimist kõrgjõudlusega andmetöötlusega, saavutades seeläbi ELi digikümnenendi eesmärgi, milleks oli esimene

²⁶ OECD (2025), „[A Quantum Technologies Policy Primer](#)“ (Kvanttehnoloogia poliitika ülevaade). *Kvanteelis* tähendab punkti, kus kvantarvuti täidab konkreetset ülesannet tõhusamalt, kiiremini, suurema täpsusega või väiksema energiakuluga kui parimad võimalikud klassikalised superarvutid. See verstapost annab praktikas märku kvantarvutuse paremusest teatavate andmetöötlusprobleemide korral, isegi kui see on ilmne ainult kitsastes valdkondades.

²⁷ Nt USA riiklik kvanttehnoloogia algatus (<https://www.quantum.gov/>); Hiina 2030. aasta kvanttehnoloogia tegevuskava; Jaapani kvanttehnoloogia- ja innovatsioonistrateegia (https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf); Austraalia riiklik kvanttehnoloogia strateegia (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>); Kanada riiklik kvanttehnoloogia strateegia (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>); Ühendkuningriigi riiklik kvanttehnoloogia strateegia <https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>.

²⁸ Tüüpilised andmetöötlusplatvormid põhinevad ülijuhtidel, lõksustatud ioonidel, neutraalsetel aatomitel, fotoonikal, teemantidel või spinnkvantbittidel. Igaühte neist iseloomustavad selged eelised ja insener-tehnilised raskused seoses andmetöötluse skaleeritavuse, usaldusväärsuse ja sidususega.

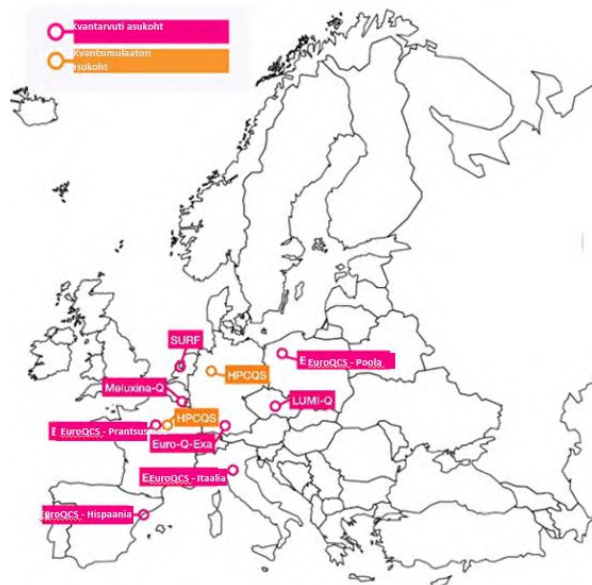
²⁹ Ülejäänud maailm.

³⁰ [Kvanttehnoloogia juhtalgatuse veebisait | Quantum Flagship](#).

kvantkiirendusega arvuti 2025. aastaks³¹. See on strateegiline verstapost: sellega toetatakse Euroopa kvantriistvara ökosüsteemi, soodustatakse tööstuslike kasutusjuhtude väljakujunemist ja pannakse alus keerukamatele hübriidsüsteemidele – kõik see toetab pikaajalist eesmärki saavutada 2030. aastaks täielik kvantarvutusvõimekus. Selline hübriidimine võimaldab ka Euroopa tehisintellektitehastel³² kvantarvuteid kasutada, aidates seeläbi kaasa Euroopa tehisintellekti tegevuskava³³ eesmärkide saavutamisele.

Edaspidi toetatakse Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatusega veelgi enam koordineeritud tegevust, et kiirendada üleminekut praegustelt esimese põlvkonna kvantseadmetelt täielikult toimivatele masinatele. Eesmärk on võimaldada Euroopal soetada järgmise põlvkonna kvantarvuteid eelkõige ELi pakkujalt, laiendades samal ajal järk-järgult neid platvorme, et saavutada 2030. aastaks ligikaudu 100 veakorrektsiooniga kvantbitti süsteemi kohta³⁴ – see eesmärk on kooskõlas tööstuse tegevuskavadega, milles on ette nähtud olulise arvutuseelise saavutamine. **Euroopa kavatseb saada 2035. aastaks esimeseks maailmajaoks, kus on saavutatud tuhanded veakorrektsiooniga kvantbitid platvormi kohta – see on künnis, mida peetakse vajalikuks, et lahendada tegelikke probleeme.**

Selle eesmärgi saavutamine oleks praktilise kvanteelise³⁵ saavutamisel murranguline ja viiks Euroopa kvantarvutuse valdkonnas ülemaailmsele juhtpositsioonile. See tugevdab Euroopa kvantarvutustevõtete arengut ning aitab edendada juhtivkasutajate rakenduste arendamist ja kasutamist, tugevdades samal ajal liidu tehnoloogilist autonoomiat.



³¹ Kvantarvutuse ja kõrgjõudlusega andmetöötluse hübriidplatvormidel on kvantprotsessorid integreeritud klassikaliste kõrgjõudlusega andmetöötlussüsteemidega, et võimaldada varajast koostöötlust, kusjuures kvantprotsessorid toimivad traditsiooniliste superarvutite andmetöötluskiirenditena. Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisetevõtte raames ja riiklikes taristutes on nüüd kasutusel kolm hübriidplatvormi – Prantsusmaal, Saksamaal ja Soomes. 2025. aasta lõpuks on hübriidimine tavapärane kõigis Euroopa kvantarvutusrajatistes ning see tugevdab seda märkimisväärset saavutust.

³² [Tehisintellektitehased | Euroopa digituleviku kujundamine](#).

³³ [Euroopa tehisintellekti tegevuskava – Euroopa Komisjon](#).

³⁴ Praeguste kvantarvutite antavad tulemused ei ole veel täiesti täpsed (kvantarvutustes kipub endiselt tekkima märkimisväärsed viga). Vigade tulemuslik parandamine, mille tulemusena saadakse veakorrektsiooniga kvantbitid (st kvantarvuti töötlusüksused), mis annavad täpsed arvutustulemused, on seega oluline verstapost mis tahes tulevase täielikult toimiva kvantarvuti välja arendamisel.

³⁵ Vt joonealune märkus 26.

Joonis 2. Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühissetevõtte superarvutite, kvantarvutite ja -simulaatorite kaart

Samal ajal **jätkab Euroopa investeerimist kvantsimulaatoritesse**,³⁶ mis võivad jäljendada kvantsüsteemi toimimist lihtsama riistvara abil. Need kvantsimulaatorid võimaldavad juba läbimurdeid materjaliteaduses, kvantkeemias ja fundamentaalfüüsikas. Euroopa on esirinnas selliste platvormide väljatöötamisel ja kasutuselevõtul, mis peaksid tänu leebematele riistvaranõuetele andma väärtuslikke tulemusi varem kui universaalsed kvantarvutid.

Välja töötatakse **ELi kvantarvutuse ja -simulatsiooni tegevuskava**, millega kehtestatakse selged võrdlusalused ja seireprotsess, et jälgida eri liiki kvantplatvormide tehnoloogilist arengut ja küpsust. Tegevuskava võimaldab korrapäraselt hinnata, millised platvormid on kõige arenenumad või pikas perspektiivis kõige paljulubavamad. See tõenduspõhine lähenemisviis suunab Euroopa strateegilisi otsuseid ja aitab prioriseerida avaliku sektori tulevasi investeringuid kvantarvutusse.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Avaldada ELi kvantarvutuse ja -simulatsiooni tegevuskava [2026]• Suurendada Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühissetevõtte kvantarvutussüsteemide arvu ja võimsust [alates 2026. aastast] ning luua kvantarvutuse seire raamistik [2026] |
|---|

2.2.2. Kvantkommunikatsioon

Kvantkommunikatsioon võimaldab üliturvalist andmeedastust, kaitseb elutähtsaid taristuid ja hoiab tundlikku teavet tulevaste kvanttehnoloogia võimaldatavate küberohtude³⁷ eest. Samuti võimaldab see luua kvantkommunikatsiooni võrke, mis on vajalikud kvantseadmete, näiteks andurite ja arvutite ühendamiseks nn **kvantinternetiga**. Tänu kaheksakümnendate kasutuse potentsiaalile toetab see nii tsiviilrakendusi (nt finantstehingute kaitsmine, üldkasutatavate võrkude turve) kui ka kaitsevajadusi (nt turvaline side sõjaliste ja riigi julgeoleku operatsioonide jaoks). Selliste algatuste kaudu nagu **EuroQCI**³⁸ ja **kvantinternet** rajab EL täielikult autonoomseid ja usaldusväärseid kvantkommunikatsiooni taristuid, mis kaitsevad elutähtsaid andmevooge, turvalist avalikku sidet ja elutähtsaid taristuid ning tugevdavad Euroopa sisejulgeolekut kooskõlas Euroopa sisejulgeoleku strateegiaga³⁹.

EuroQCI algatus

EuroQCI algatusega arendatakse turvalist kvantkommunikatsiooni taristut, mis hõlmab kogu ELi, sealhulgas selle ülemere territooriume. See on osa liidu algatusest IRIS² ja koosneb maapealsest segmendist, mis põhineb riikliku ja piiriülese tasandi strateegilisi objekte ühendavatel kiudoptilistel sidevõrkudel, ning kosmosesegmendist, mis põhineb satelliitidel.

Töö algatusega edeneb kiiresti: 26 liikmesriiki tegelevad praegu riiklike maapealsete kvantkommunikatsiooni võrkude kasutuselevõttuga ning neid hakatakse kasutama ka selleks, et testida turvalist sidet kvantvõtmelevi (QKD) satelliidiga (Eagle 1), mis on kavas orbiidile saata 2026. aastal ja millest saab Euroopa esimene katseksemplar orbiidil.

³⁶ PASQuanS2: [Programmable Atomic Large-scale Quantum Simulation 2 \(programmeeritav suuremahuline aatomipõhine kvantsimulatsioon 2\)](#) – SGA1 | PASQuanS2.1 | Projekt | Teabeleht | HORISONT | CORDIS | [Euroopa Komisjon](#).

³⁷ Kvantarvutitest tulenev oht praegustele krüptograafilistele protokollidele.

³⁸ [Euroopa kvantkommunikatsiooni taristu algatus \(EuroQCI\) | Euroopa digituleviku kujundamine](#).

³⁹ „Commission presents ProtectEU Internal Security Strategy“ (Komisjon esitleb Euroopa sisejulgeoleku strateegiat) – [Euroopa Komisjon](#).

Neid maapealseid kvantkommunikatsiooni võrke kasutatakse kvantvõtmelevi rakendamiseks ja testimiseks tegelikes keskkondades. Katseprojektid hõlmavad meditsiiniandmete turvalist edastamist haiglate vahel, krüpteeritud suhtlust valitsusasutuste vahel ja kvantvõtmelevi ühendusi elutähtsa taristu, näiteks elektrivõrgu juhtimiskeskuste jaoks. Need projektid näitavad, kuidas kvantvõtmelevi suudab kaitsta olulisi avalikke teenuseid ja riiklikke operatsioone.

Kasutuselevõtu toetamiseks kasutab EL kogu ulatuses Euroopa kvantkomponentide, -seadmete ja -süsteemide⁴⁰ tarneahelat. Samuti võetakse kasutusele terviklik kvantvõtmelevi testimise ja hindamise rajatis, mis pakub kvantvõtmeleviks vajalike komponentide eelsertifitseerimiskeskondi ning valmistab ette nende integreerimist läbivõrgudes ja võrguarhitektuuri⁴¹.

Lisaks on see tegevus tihedalt seotud ELi küberturvalisuse poliitikaga, näiteks küberturvalisuse 2. direktiivi, küberturvalisuse määruse eelseisva läbivaatamise ja ENISA kvantarvutuskindla krüptograafia tegevuskavaga, tagamaks, et kvantkommunikatsiooni, -taju ja -arvutuse taristutes rakendatakse algusest peale kaitsesektori tasemel turvameetmeid ja tarneahela usaldusväärsuse kontrolle ning olemas on intsidentidele reageerimise suutlikkus.

Ka teised juhtivad piirkonnad investeerivad kvantarvutuskindlasse maapealsesse ja kosmosevõimekusse. Näiteks Hiina on demonstreerinud kvantvõtmelevi kosmosest Maale ja rajanud üle 2 000 km linnadevahelisi turvalisi maapealseid ühendusi⁴². USA teeb suuri investeeringuid kvantinterneti testimisplatvormidesse ja riiklikesse laboripartnerlustesse, kuid ei ole veel käivitanud liidendatud turvalise kommunikatsiooni programmi maailmajao tasandil. Euroopa mudel, milles lõimitakse IRIS² kaudu maapealsed ja satelliitsegmentid ning mis tugineb sisseprojekteeritud turbe põhimõtetele ja ELi kontrollitavatele komponentidele, tagab ELile juhtpositsiooni usaldusväärsete kvantvõrkude arendamisel.

2025.–2035. aastal laiendab EL EuroQCI algatust veelgi.

Esiteks võtab EL 2025.–2030. aastal **kasutusele piiriülesed maapealsed kvantühendused liikmesriikide vahel** ning maapealsed jaamad, mis ühendavad EuroQCI maapealseid segmente kosmosepõhiseks kvantvõtmeleviks kasutatavate EuroQCI satelliitidega. 2030. aastaks luuakse seega esimene kogu ELi ühendav eksperimentaalne Maa ja kosmose vaheline turvaline kommunikatsioonivõrk.

Teiseks **hõlbustab EL turuleviimist ja turvalisuse sertifitseerimist**. EL toetab jätkuvalt kvantkommunikatsiooni tehnoloogiate ja protokollide⁴³ edasiarendamist, valmimist ja kasutuselevõttu ning nende korrapäraselt lõimimist EuroQCIGA. Samuti ajakohastatakse EuroQCI kosmosesegmenti, et pakkuda kosmose ja Maa vahelisi turvalisi kvantvõtmelevi läbivõrgu teenuseid, mis lõimitakse järk-järgult järgmise põlvkonna IRIS² kosmoseteenustesse. Kogu EuroQCI taristu sertifitseeritakse ühtlustatud ELi süsteemi alusel, et tagada usaldusväärsus ja nõuetele vastavus.

⁴⁰ „Need tehnoloogiad hõlmavad kvanttehnoloogiapõhiseid juhuarvude generaatoreid (QRNG), kvanttehnoloogiapõhiseid üksikute fotonite allikaid ja detektoreid, põimitusel põhinevaid kvantvõtmelevi mooduleid ja integreeritud telekommunikatsiooni tasemel platvorme. Tarneahel on sertifitseeritud ELi turvalise ühenduse programmi (määrus (EL) 2023/588) alusel.“

⁴¹ See rajatis võimaldab põhjalikku iseloomustamist, turvatestimist ja standardimise varajast toetamist tihedas kooskõlas ETSI tegevusega – „Quantum Key Distribution“ (Kvantvõtmelevi), www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution.

⁴² Pekingi ja Shanghai vahelise magistraalvõrgu ning Miciuse satelliidiprogrammi (mille järgmiseks põlvkonnaks on Jinan-1) kaudu.

⁴³ Selliste tehnoloogiate hulka kuuluvad näiteks järgmise põlvkonna pika kasutuseaga kvaliteetsed optilised mälud, mis on olulised kvantrepiiteri tööks ning suurlinnavõrke ühendavate nii laboris kui ka tegelikes tingimustes katsetatud täielikult toimivate kvantrepiiterite valmistamiseks ja demonstreerimiseks.

Kvantinterneti algatus

Kvantinterneti algatusega täiendatakse EuroQCI-d, valmistades ette tulevase põlvkonna kvantvõrke. Sellega pannakse alus hajuskvantarvutusele ja -tajule ning üliturvalisele andmete jagamisele.

Euroopa on kvantinternetivõrgu jaoks juba kindlaks määranud täieliku arhitektuuri spetsifikatsiooni ja demonstreerinud kvantvõrke suurlinna tasandil⁴⁴. Algatatud on kasutusmallide raamistike väljatöötamine ja käimas on ökosüsteemi arendamine pärast seda, kui käivitati kvantinterneti liidu⁴⁵ tehnoloogiafoorum, mis on esimene kvantinternetile pühendatud ülemaailmne avatud foorum. Euroopas on juba loodud esimesed tööstuslikud kvantinterneti võrsefirmad ja toodud turule esimesed tooted, mis annab märku varajast tehnosiirdest tööstusesse selles valdkonnas.

Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatus toetab kvantinterneti edasist tehnoloogilist arengut⁴⁶ ja tagab selle aluseks olevate erinevate andmetöötlusplatvormide koostalitlusvõime. 2026. aastal toetatakse algatusega Euroopa kvantinterneti katserajatis kasutuselevõttu, mis võimaldab katsetada peamisi kvantarvutuskindlaid komponente ja varajasi kasutusjuhte, turvalisi kvantpilveteenuseid, hajusarvutust ja täiustatud valideerimiskeskondi, ühendades teadusuuringud ja kasutuselevõtu enne täielikku toimimist. Eesmärk on **võtta 2030. aastaks kasutusele täielikult toimiv kvantarvutuskindel kommunikatsioonivõrk, mis on esimene samm liidendatud kvantinterneti suunas**. Muu hulgas aitab see ELil saavutada selles valdkonnas rahvusvahelise standardimise juhtpositsiooni. Kuna kvantarvutuse areng ohustab meie side turvalisust,⁴⁷ rakendavad EL ja selle liikmesriigid nüüd **postkvantkrüptograafiat käsitlevat soovitust**⁴⁸ ning on äsja avaldanud postkvantkrüptograafia ülemineku **tegevuskava**⁴⁹.

- Võtta kasutusele esimene kogu ELi ühendav eksperimentaalne Maa ja kosmose vaheline turvaline kvantkommunikatsiooni võrk [2030. aastaks]
- Avaldada kvantkommunikatsiooni tegevuskava [2026]
- Võtta kasutusele Euroopa kvantinterneti katserajatis [2026]

2.2.3. Kvanttaju

⁴⁴ Algatusega on edukalt saavutatud *põimitus* kahe sõltumatult käitatava kvantvõrgu sõlme vahel, mida eraldab 10 km pikkune optiline kiud. Samuti on tehtud tehnoloogilisi edusamme kvantinterneti riistvara arendamises, sealhulgas kvantrepiiteri tehnoloogia ja kvantrepiiteri sõlmedega, samuti edusamme kvanttarkvara virnadega. <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁵ <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁶ Näited: kvantmälu skaleeritavus, põimituse stabiilne jaotumine ja kvantvõrgu tarkvaravirna arendamine.

⁴⁷ Näiteks koguvad kurjategijad põhimõttest „salvesta nüüd, dekrüpti hiljem“ lähtudes juba praegu krüpteeritud teavet, näiteks varastatud andmebaase, kaitstud faile ja sideandmeid ning hoiavad neid, et need hiljem kuritahtlikel eesmärkidel kvantarvutitega dekrüpteerida. Vt näiteks: „[The Second Quantum Revolution: the impact of quantum computing and quantum technologies on law enforcement](#)“ (Teine kvantrevolutsioon: kvantarvutuse ja kvanttehnoloogia mõju õiguskaitsele) (Europoli 2024. aasta aruanne).

⁴⁸ [Soovitus postkvantkrüptograafia ülemineku koordineeritud rakendamise tegevuskava kohta | Euroopa digituleviku kujundamine](#).

⁴⁹ Selles tegevuskavas määratakse kindlaks kvantarvutuskindlad algoritmid, arendusstandardid ja sertifitseerimissüsteemid, mis tuleb välja töötada tundliku teabe ja elutähtsate taristute kaitsmiseks. [EL tugevdab oma küberturvalisust postkvantkrüptograafiaga | Euroopa digituleviku kujundamine](#).

Kvanttajus kasutatakse kvantomadusi, et mõõta füüsilisi omadusi enneolematu tundlikkuse ja täpsusega, ületades märkimisväärselt klassikaliste andurite võimalusi⁵⁰. Sellel on tohutu potentsiaal paljudes eri valdkondades alates tervishoiust, kliimamuutustest ja põhjaveevarude seirest kuni julgeoleku, kaitse, kosmose ja navigatsioonini.

ELi kvanttehnoloogia juhtalgatusel on olnud kvanttajutehnoloogia edendamisel juhtroll alates alusteadusest kuni rakenduspõhiste teadusuuringuteni. Funktsionaalseid prototüüpe katsetatakse juba tegelikes keskkondades, mis näitab Euroopa juhtpositsiooni nii anduritega seotud innovatsioonis kui ka tööstusliku kasutuselevõtu ja kahesuguse kasutuse potentsiaaliga rakendustes kasutamise jaoks tehtavates ettevalmistustes.

Kvantgravimeetrid

EL töötab praegu välja **mobiilsete ja statsionaarsete kvantgravimeetrite võrgustikku**,⁵¹ mis võimaldab tuvastada maa omadusi kuni mitmekümne kilomeetri sügavusel maa all, sealhulgas veevarusid, gaasimaardlaid, maavarasid, magmakambreid või maa alla mattunud taristut. Kvantgravimeetrid on eriti väärtuslikud maa-aluste muutuste jälgimisel aja jooksul, geoteaduse ja geofüüsika rakenduste toetamisel (sealhulgas maa-alune kaardistamine ja varajane maaväriinate eest hoiatamine), kliimateaduses (nt liustike sulamise ja põhjavee ammendumise jälgimine), looduslike ohtude ennetamises, tsiviilehituses ning kaitse- ja elanikkonnakaitse strateegilistes rakendustes, nagu maa-aluste inimtekkeliste struktuuride avastamine ja elutähtsa taristu seire.

Kvanttehnoloogia juhtalgatuse raames võetakse järgmise kolme kuni viie aasta jooksul kogu Euroopas kasutusele maapealsete gravimeetrite võrgustik, mida täiendavad kõrgplatvormidele paigaldatud gravimeetrid. Samuti kavatakse EL korraldada pärast 2030. aastat esimese kosmose **kvantgravimeetriaga seotud Pathfinder'i lennu**⁵². Kaalutakse ka kvantgravimeetria kasutamist IRIS² järelemissioonidel. Need jõupingutused võivad sillutada teed Maa seireks kasutatavate maapealsete, õhus ja kosmoses asuvate gravimeetrite täiemahulisele võrgustikule, mis toetab nii teadusuuringuid kui ka strateegilisi rakendusi, sealhulgas kahesuguse kasutuse potentsiaaliga tehnoloogiaid.

Kvantmagnetresonantstomograafia (kvant-MRT)

Meditsiinilise diagnostika valdkonnas on ELi teadusuuringud teinud võimalikuks kvanttehnoloogiaga täiustatud kuvamise, mille puhul kasutatakse kvantandureid magnetsignaali mõõtmiseks molekulaartasandil. Need süsteemid on äärmiselt paljulubavad täppismeditsiinis ja personaalses tervishoius, kuna need võimaldavad kiirendada vähi ja neurodegeneratiivsete haiguste avastamist ning ajakohastada Euroopa diagnostikataristut.

2025. aastal toetab EL kvanttehnoloogia juhtalgatuse raames Euroopa **kvant-MRT katsetaristu**⁵³ loomist mitmes liikmesriigis. See taristu võimaldab kvanttehnoloogiaga täiustatud MRT-süsteemide⁵⁴ kliinilist valideerimist ning annab akrediteeritud uurimiskeskustele, haiglatele ja tööstuspartneritele avatud juurdepääsu heakskiidetud kvantkuvalahenduste prototüüpide katsetamiseks. Tänu tehisintellektil põhinevate analüüsivahendite loomisele suurendab taristu diagnostilist täpsust, toetab varasemat

⁵⁰ Kvanttaju eelised traditsiooniliste seiretehnikate ees on näiteks järgmised: füüsikaliste suuruste, näiteks magnetväljade, temperatuuri, raskusjõu jne tuvastamise suurem tundlikkus; mõõtmiste suurem õigsus ja täpsus, parem eraldusvõime.

⁵¹ „Taking atom interferometric quantum sensors from the laboratory to real-world applications“ (Aatom-interferomeetriliste kvantandurite jõudmine laborist tegelikku kasutusse), Nature Reviews Physics, 1, 731–739. <https://doi.org/10.1038/s42254-019-0117-4>.

⁵² <https://carioqa-quantumpathfinder.eu/>: juhivad CNES, DLR ja Airbus.

⁵³ [Kvanttehnoloogiaga täiustatud ja tehisintellektil põhinev ainevahetuse MRT-diagnostika](#).

⁵⁴ Need võetakse kasutusele kontrollitud kliinilistes uuringutes vastavalt ELi meditsiiniseadmete määrusele.

sekkumist ja aitab vähendada üldisi tervishoiukulusid. Aja jooksul laiendatakse seda võrgustikku järk-järgult ka teistesse liikmesriikidesse.

Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatuse raames jätkatakse ka kvant-MRT anduritega seotud teadus- ja arendustegevuse ning nende andurite rahvatervise teadustaristusse lõimimise rahastamist, luues tingimused nende edasiseks industrialiseerimiseks.

Lisaks eespool nimetatule jätkab EL selliste teadusuuringute toetamist, mis käsitlevad **suuremat tundlikkust ja uusi pildikontraste**, mis avavad uudsed diagnostikavõimalused, näiteks neuroloogias (nt Alzheimeri tõve varajase staadiumi ajuühenduste häired) või onkoloogias (nt vähi avastamine ainevahetuse pildidiagnostika teel).

Selleks et veelgi edendada oma strateegilist positsiooni ja planeerimist seoses kvanttajutehnoloogia, metroloogia ja testimistaristutega, **töötab EL välja koordineeritud Euroopa kvanttaju, mõõtmise ja katsetamise tegevuskava** ning toetab asjakohaseid standardimispuudlusi koostöös metroloogiainstituutide ja liikmesriikidega. Veel üks tähtis eesmärk on tagada Euroopa strateegiline autonoomia oluliste andurikomponentide ja tajusüsteemide turvaliste ja nõuetele vastavate tarneahelate kaudu.

- Võtta kogu Euroopas kasutusele gravimeetrite hajussüsteem [alates 2026. aastast]
- Avaldada kvanttaju tegevuskava [2026]
- Luua Euroopa kvant-MRT katsetaristu ja laiendada seda kogu Euroopas [alates 2025. aastast]

2.3 3. valdkond: Euroopa kvanttehnoloogia ökosüsteem

Elujõuline, ühendatud ja töökindel kvanttehnoloogia ökosüsteem on äärmiselt oluline, et tagada Euroopa pikaajaline suutlikkus kvanttehnoloogiat ulatuslikult arendada ja kasutusele võtta. Praegu hõlmab Euroopa kvanttehnoloogia ökosüsteem ligikaudu 70 idu- ja kasvufirmat, süvatehnoloogia investoreid, teadus- ja innovatsiooniorganisatsioone, riiklikke pädevusklastreid ja tööstuse tarneahelaid. **See ökosüsteem on aga endiselt väga habras.** Selles on ülekaalus **väikesed idu- ja kasvufirmad, kes seisavad silmitsi märkimisväärtete kasvutakistustega: ebastabiilsed tuluvood, piiratud juurdepääs kasvukapitalile ja tööstuse piiratud nõudlus** lähitulevikus. Lisaks puuduvad ELis suured kvantriistvara pakkujad ja kaalukad lõppkasutajad, kes suudaksid nõudlust tekitada ja tööstuslikku kasutuselevõttu kiirendada. See struktuurne nõrkus piirab nii erainvesteeringuid kui ka elutähtsate tarneahelate teket.

Kui puuduvad koordineeritud sekkumine ja juurdepääs tegelikele turuvõimalustele, on oht, et paljud neist idufirmadest kaovad või viivad oma tegevuse toetavamatesse ökosüsteemidesse väljaspool Euroopat.

Selle ökosüsteemi toetamiseks peab Euroopa astuma otsustavaid samme industrialiseerimise edendamiseks, paljutöotavate osalejate arvu suurendamiseks, strateegiliste tarneahelate tagamiseks, juhtivate turgude arendamiseks, strateegiliste varade kaitsmiseks ja kvanttehnoloogia spetsialistide järgmise põlvkonna koolitamiseks.

2.3.1. Laborist tootmisse jõudmine ja industrialiseerimine

Ülemaailmne kvanttehnoloogia turg on alles kujunemisejärgus. Selle maht peaks prognooside kohaselt jõudma praeguselt 2–3 miljardilt eurolt 2040. aastaks 155 miljardi euron⁵⁵. See võimalik kasv tähendab vajadust kooskõlastatud ja ühtse ELi industrialiseerimisstrateegia järele, mis võimaldaks Euroopa ettevõtetel seda tulevast võimalust ära kasutada.

⁵⁵ [McKinsey 2024. aasta kvanttehnoloogia valdkonna ülevaade.](#)

Kvanttkiibid on kvanttehnoloogia industrialiseerimise ja turu arendamise peamised võimaldajad. Praegu aga on nende arengutase võrreldav pooljuhtide omaga 30–40 aastat tagasi, kusjuures enamik praeguseid kvantseadmeid on patenditud ja suures osas käsitsi valmistatud.

Euroopa peab kiiresti liikuma esimese suuremahulise ja soodsa kvanttkiipide tootmise suunas, kasutades nii palju kui võimalik protsesse, mis ühilduvad mikroelektroonika ja fotoonika omadega, või töötades vajaduse korral välja uued protsessid. See lähenemisviis võimaldaks kasutada olemasolevat pooljuhtide taristut, vähendada kulusid ning kiirendada kvanttkiipide ja -seadmete turulejõudmist.

Selles suunas liikudes **käivitab EL Kiipide Ühisettevõtte kaudu peagi oma esimesed kuus kvanttehnoloogia katseliini** kooskõlas kiibimäärusega⁵⁶. EL ja liikmesriigid rahastavad ühiselt iga katseliini 40–50 miljoni euroga ning toetavad seeläbi varajast prototüüpide loomist, disainilahenduste valideerimist ja protsesside arendamist, soodustades samal ajal tihedas koostöös tööstusega praktilisi kasutusjuhte. Nende kuue katseliiniga laiendatakse kvanttehnoloogia juhtalgatuse eksperimentaalsete katseliinidega⁵⁷ tehtud eeltööd, et arendada välja tööstuslikud katseliinid.

Järgmise kolme kuni viie aasta jooksul võimaldavad need jõupingutused Euroopal edasi areneda ning tugevdada kvanttehnoloogiaid ja muid progressi võimaldavaid tehnoloogiaid ja protsesse enne esimeste kvanttehnoloogia tehaste ehitamist 2030. aastaks. Selleks et toetada täieliku industrialiseerimise kavandamist ja rakendamist ning kooskõlas ELi konkurentsivõime kompassiga **avaldatakse komisjon 2026. aastal kvanttkiipide industrialiseerimise täiemahulise tegevuskava**.

Kuna iga kvanttkiipide ökosüsteemi jaoks on äärmiselt olulised projekteerimisrajaajad ja teegid, võtab EL Kiipide Ühisettevõtte raames kasutusele **kvantprojekteerimisrajaajad**. Rajaajad kasutatakse paralleelselt pooljuhtitööstuse pilvepõhise projekteerimisplatvormiga ja see ühendatakse kvanttehnoloogia katseliinidega.

Kvanttehnoloogia industrialiseerimise hõlbustamiseks on vaja ka tehnilist koostalitlusvõimet ja uusi standardeid. Seepärast avaldatakse EL 2026. aastal **Euroopa kvanttehnoloogia standardite tegevuskava** ning toetab koos liikmesriikidega tööstuse sidusrühmade aktiivset osalemist Euroopa ja rahvusvahelistes standardiorganisatsioonides.

2.3.2. Kujunemisjärgus Euroopa kvanttehnoloogia ökosüsteemi tugevdamine ja laiendamine

Selleks et Euroopa kvanttehnoloogia ökosüsteem tõeliselt laieneks, kehtestatakse järgmised meetmed.

Esiteks **luuakse üleeuroopaline tsentraliseeritud võrk, mis hõlmab avatud juurdepääsuga kvanttehnoloogia testimisplatvorme**. Kvanttehnoloogia tugineb väga tundlikele süsteemidele ja laboritele,⁵⁸ mis on tehniliselt keerukad ja äärmiselt kulukad. Seetõttu ei ole enamikul osalejatel, eelkõige VKEdel ja idufirmadel, otstarbekas selliseid rajatise iseseisvalt luua või üleväl pidada. Et laiendada juurdepääsu testimisrajatistele, spetsiaalsetele seadmetele ja eksperimenteerimisvõimalustele, moodustatakse kvanttehnoloogia juhtalgatuse olemasolevatest katserajatistest avatud juurdepääsuga kvanttehnoloogia testimisplatvormide üleeuroopaline tsentraliseeritud võrgustik. Need rajatised pakuvad arendajatele, idufirmadele, VKEdele ja teadlastele teenuseid ja juurdepääsu, mis on vajalikud kvantseadmete testimiseks, valideerimiseks ja võrdlemiseks⁵⁹. See kiirendab üleminekut prototüübi etapist turule ja toetab

⁵⁶ (EL) 2023/1781: [Euroopa kiibimäärus](#) | [Euroopa digituleviku kujundamine](#).

⁵⁷ [QU-PILOT](#) ja [QU-TEST](#).

⁵⁸ Sealhulgas võimaldavad need ülipuhast keskkonda, krüojahutust, vaakumsüsteeme, täppisreguleerimise elektroonikat jne.

⁵⁹ Kooskõlas tulevase [Euroopa teadus- ja tehnoloogiataristute strateegiaga](#).

sertifitseerimispüüdlusi, mis on olulised usaldusväärsete tarneahelate ja klientide usalduse tekkeks kõigis sektorites.

Teiseks **laiendatakse kvantpädevuse klastreid**. Need klasterid on juba lõimitud mitme liikmesriigi riiklikesse ja piirkondlikesse innovatsiooni ökosüsteemidesse. Need on piirkondlikud keskused, mis pakuvad ühist taristut ja teenuseid ning ühendavad teadus- ja tööstusvaldkonna osalejaid. Euroopa kvanttehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatusega toetatakse nende klasterite laiendamist ja võrgustike loomist, et hõlmata kogu EL, sealhulgas liikmesriigid, kus selliseid klastreid veel ei ole. Kvantpädevuse klasterid toimivad hajutatud eksperdikeskustena, mis aitavad luua kvanttehnoloogia ökosüsteemi ühenduslülisid – need tagavad idufirmadele, teadlastele ja tööstuspartneritele juurdepääsu kogu liidu taristutele, katseliinidele ja projekteerimisrajatistele. Need edendavad koostööd⁶⁰ ja sidusust kõigis strateegilistes kvanttehnoloogia valdkondades – alates teadusuuringutest kuni industrialiseerimise ja oskuste arendamiseni. Sarnaselt Euroopa digitaalse innovatsiooni keskustega pakuvad kvantpädevuse klasterid teenuseid, mis on kohandatud vastavalt piirkondlikele tugevatele külgedele, kuid lõimitud üleeuroopalisse koostöösse, mida need tugevdavad.

Kolmandaks **edendatakse intellektuaalomandi kaitse mehhanisme**, et kvanttehnoloogia ettevõtted saaksid neid kasutada strateegilise kontrolli tagamiseks peamiste uuenduste üle ja kriitilise tähtsusega varade väljavoolu vältimiseks.

Neljandaks **kiirendatakse kvanttehnoloogia tööstuslikku kasutuselevõttu**. EL rakendab koordineeritud lähenemisviisi, et toetada juhtivkasutajaid nii avalikus kui ka erasektoris. Sellega seoses **on riigihanked peamine vahend, millega soodustatakse varajast kasutuselevõttu ja luuakse esimesed turuvõimalused**. Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötamise ühisettevõtte toetab juba riigihangete kaudu esimeste kvantarvutite ostmist. Lisaks toetab komisjon innovatsioonikeskseid hankekavasid, mis võimaldavad haiglatel, taristuettevõtjatel, elutähtsate avalike teenuste osutajatel ja valitsusasutustel olla esimesed kvanttehnoloogial põhinevaid lahendusi kasutavad kliendid. Seda toetavad kohandatud rahalised stiimulid ja kasutuselevõturaamistikud avaliku sektori asutustele, kes on valmis olema esimesed tegutsejad. Võimaldades **liikmesriikidel olla Euroopa kvanttehnoloogia esimesed institutsionaalsed ostjad**, saadetakse turgudele ja investoritele tugev signaal, mis toetab ökosüsteemi arengut ja ärilist elujõulisust.

Viiendaks **viiakse kvanttehnoloogia idufirmad kokku Euroopa äriühingutega**. See on oluline idufirmade turuosa suurendamiseks. Komisjon korraldab koostöös kvanttehnoloogia ökosüsteemiga⁶¹ valdkonnapõhiseid üleskutseid, eelkõige kosmosesektoris, autotööstuses ja energeetikasektoris, töötlevas tööstuses, logistika- ja farmaatsiasektoris, et innustada suuri tööstusettevõtjaid saama strateegilisteks ühisarengupartneriteks ja juhtivkasutajateks.

Kasvav kvanttehnoloogia ökosüsteem vajab ka asjakohaste talentide sissevoolu. Seda käsitletakse täpsemalt allpool punktis 2.5.

2.3.3. Kvanttehnoloogia idu- ja kasvufirmadesse investeerimine

Stardietapieelne ja -aegne rahastamine avalikest allikatest on küll laialdaselt kättesaadav, aga Euroopasse jõuab ainult 5 % ülemaailmsetest erainvesteeringutest kvanttehnoloogiasse, samal ajal kui USA arvele langeb neist üle 50 %. See rahastamispuudujääk on eriti suur hilisemates arenguetappides,⁶² mistõttu on oht, et väljastpoolt Euroopat pärit investorid võivad ELi

⁶⁰ Kooskõlas asjakohaste ELi konkurentsieskirjadega, näiteks 2023. aasta suunistega Euroopa Liidu toimimise lepingu artikli 101 kohaldatavuse kohta horisontaalkoostöö kokkulepete suhtes.

⁶¹ Euroopa kvanttööstuse konsortsium, [veebisait – QuIC](#).

⁶² „Euroopa konkurentsivõime tulevik – Euroopa konkurentsivõime strateegia“.

idufirmad omandada ning see võib kaasa tuua intellektuaalomandist, elutähtsatest tehnoloogiatest, tehnoloogilisest suveräänsusest ja talentidest ilmajäämise.

Seepärast innustatakse investeerimisfonde, sealhulgas avaliku sektori toetatavaid erafonde, suunama märkimisväärseid kapitaliinvesteeringuid kvanttehnoloogia arendamisse. Need hõlmavad toetust Euroopa Innovatsiooninõukogu (EIC)⁶³ fondist, Euroopa Investeerimispanka (EIP) Grupi Euroopa tehnoloogialiidrite algatusest⁶⁴ või esimese järjekoha kahju tagatiste kaudu ja kohandatud kaasinvesteerimiskavadest programmi „InvestEU“ kaudu.

2025. aasta mais vastu võetud ELi idu- ja kasvufirmade strateegias⁶⁵ teatati, et Euroopa Innovatsiooninõukogu fondi osana luuakse **Euroopa kasvufirmade fond**, et kaasata märkimisväärseid erasektori vahendeid ja teha otseseid omakapitaliinvesteeringuid strateegilistes sektorites, nagu kvanttehnoloogia. ELi idu- ja kasvufirmade strateegias pakutakse ka sihtotstarbelisi lahendusi, mille eesmärk on hõlbustada uuenduslike idu- ja kasvufirmade juurdepääsu rahastamisele, riigihangetele, turgudele, teenustele ja talentidele.

Lisaks, nagu on kavandatud ühtekuuluvuspoliitika vahehindamises,⁶⁶ võiksid korraldusasutused kasutada stiimulite ja paindlikkuse toel võimalust jaotada vahendeid ümber, et investeerida muude prioriteetide hulgas ka Euroopa strateegiliste tehnoloogiate platvormi (STEP) eesmärkidesse. Komisjon kutsub liikmesriike ja piirkondi üles keskenduma vahehindamise käigus vahendite ümberjaotamisel läbimurdelistele ja uuenduslikele ettevõtetele, aidates seega ettevõtteid, kes panustavad Euroopa strateegilistesse sektoritesse ja väärtusahelatesse, näiteks kvanttehnoloogiasse.

Euroopa hoiuste ja investeeringute liidu⁶⁷ kontekstis esitab komisjon meetmed, millega vähendatakse finantsteenuste ühtse turu killustatust ja kõrvaldatakse sujuvate piiriüleste investeeringute tegemise takistused ELis, sealhulgas riskikapitali puhul, mis on kvanttehnoloogia arendamiseks väga oluline. EL soodustab muu hulgas institutsionaalsete investorite omakapitaliinvesteeringuid; lihtsustab noteerimiseeskirju noteerimist käsitleva õigusakti rakendamisel; esitab meetmed, et toetada eraettevõtetesse investeerijate väljumist; uurib koos EIPga võimalikke algatusi, mille eesmärk on kaasata erainvesteeringuid riski- ja kasvukapitali ning kõrvaldada riiklike maksumenetluste takistused⁶⁸.

2.3.4. Tarneahela turvalisuse suurendamine

Euroopa majandusjulgeoleku tugevdamiseks on hädavajalik elujõuline kvanttehnoloogia ökosüsteem, mida toetavad vastupidavad tarneahelad. Kuigi ELi pikaajaline avatus kaubandusele, investeeringutele ja teadusuuringutele on olnud ja jääb Euroopa kvanttehnoloogia ökosüsteemi arendamisel väga oluliseks, tekitab see ka teatavaid probleeme. Ühest küljest toetuvad Euroopa kvanttehnoloogia ettevõtted ja teadlased pidevatele tarnetele usaldusväärsetest allikatest ja saavad neist suurt kasu. Teisest küljest on oht, et neid tarneahelaid võidakse hakata relvana kasutama. Seepärast tuleb kindlaks teha Euroopa kvanttehnoloogia tarneahela kriitilise tähtsusega nõrgad kohad ja nendega tegeleda, et maandada riske, mis tulenevad ELi liigsest sõltuvusest Euroopa-välistest allikatest. Riskide kaardistamine ja kujunemisjärgus kvanttehnoloogia ökosüsteemi arengu tähelepanelik

⁶³ 2021.–2024. aastal eraldas EIC kvanttehnoloogia idufirmade kasvu edendamiseks juba ligikaudu 350 miljonit eurot. EIC täiendavad investeeringud, millega toetatakse kvanttehnoloogia kasvufirmasid kuni 30 miljoni euroga ettevõtja kohta, valmistatakse ette pärast EIC STEPi kasvutoetuse projektikonkurssi, mis käivitati osana Euroopa strateegiliste tehnoloogiate platvormist.

⁶⁴ [Fondifond Euroopa tehnoloogialiidrite toetamiseks](#).

⁶⁵ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_et.

⁶⁶ [Ajakohastatud ühtekuuluvuspoliitika: vahehindamine, COM\(2025\) 163](#).

⁶⁷ [Euroopa hoiuste ja investeeringute liit – Euroopa Komisjon](#).

⁶⁸ Järgides asjakohaseid riigiabi eeskirju vastavalt vajadusele.

jälgimine on seega oluline osa Euroopa lähenemisviisist terve, turvalise ja konkurentsivõimelise Euroopa kvantsüvatehnoloogia maastiku ülesehitamiseks.

Osana Euroopa majandusjulgeoleku strateegiast⁶⁹ ja elutähtsa tehnoloogia vaatluskeskusest⁷⁰ ning tihedas koostöös sidusrühmade ja liikmesriikidega **korraldab komisjon kogu ELi hõlmava kvanttehnoloogia riskide hindamise, et kaardistada tarneahela nõrgad kohad**, pöörates erilist tähelepanu materjalidele, komponentidele ja peamistele tehnoloogiatele. Hindamise eesmärk on teha kindlaks kvanttehnoloogia tarneahela strateegilised sõltuvused, võimalikud kitsaskohad ja süsteemsed nõrgad kohad, muu hulgas haruldaste materjalide, täppiskomponentide, juhtelektroonika ja tarkvaravirnade seisukohast. Järelduste põhjal võetakse sihipäraseid leevendusmeetmeid, nagu tarnijate mitmekesistamine, Euroopa tootmisvõimsuse suurendamine, partnerlus tarnijariikidega strateegia „Global Gateway“ raames ja riskijagamismehhanismid. Esimesed tulemused loodetakse saada 2026. aastal. Lisaks käsitletakse kvanttehnoloogia rolli ELi julgeoleku ja avaliku korra tagamisel aruteludes käimasolevate ja tulevaste algatuste üle, mis on seotud nii sissetulevate kui ka väljaminevate investeeringutega, sealhulgas ekspordikontrolli kontekstis.

Eespool mainitud järeldustele tuginedes toetatakse tulevase **kvanttehnoloogia määrusega** veelgi kvanttehnoloogia ökosüsteemi tugevdamist ja laiemalt eespool kirjeldatud industrialiseerimispüüdlusi, motiveerides liikmesriike ning äriühinguid, investoreid ja teadlasi investeerima (katse)tootmisrajatistesse ning toetades seda tegevust kogu ELi hõlmavate ulatuslike algatuste või riiklike või piirkondlike jõupingutustega.

- Luua Kiipide Ühisettevõtte raames uus kvanttehnoloogia katsetootmisliini, et aidata tehnoloogial jõuda laborist turule [2025]
- Avaldada kvantkiipide industrialiseerimise tegevuskava [2026]
- Käivitada kvantprojekteerimisrajatis [2026]
- Avaldada Euroopa kvanttehnoloogia standardite tegevuskava [2026]
- Laiendada kvantpädevuse klastrite võrgustikku [2026]
- Korraldada ja lõpule viia tarneahela nõrkade kohtade hindamised kogu ELis [2025–2026]

2.4 4. valdkond: kosmos ja kahesuguse kasutusega kvanttehnoloogia (julgeolek ja kaitse)

Kvanttehnoloogial on kahesuguse kasutuse potentsiaal. Seega on see oluline nii Euroopa konkurentsivõime kui ka strateegilise autonoomia suurendamiseks kosmose-, julgeoleku- ja kaitsevaldkonnas. Hiljutised edusammud kvanttehnoloogiaga töötavad tuua kaitse- ja julgeolekuvaldkonnas suurt kasu, sealhulgas tänu üliturvalisele sidele, tõhusamale lahinguvälja seirele ja optimeeritud logistikale. Nendega võivad aga kaasneda ka riskid, kui vastased saavutavad tehnoloogilise eelise. Selleks et nende edusammude potentsiaali täielikult ära kasutada ning ühtlasi nimetatud riske maandada, on väga oluline võtta ennetavaid poliitika- ja järelevalvemeetmeid ning teha tihedat koostööd peamiste partneritega, nagu Euroopa Kaitseagentyr.

Kvanttehnoloogia kosmoses

Kvanttehnoloogia pakub Euroopa kosmosemissioonide jaoks strateegilise tähtsusega võimalusi. Turvaline kvantkommunikatsiooni tehnoloogia on juba lõimitud peamistesse ELi kosmosealgatustesse, nagu EuroQCI/IRIS² ja kosmose kvantgravimeetriga seotud Pathfinder missioon. ELi kosmosetegevus hõlmab ka kvanttehnoloogial põhinevate inertsiaalsete

⁶⁹ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. See strateegia hõlmab ka tehnoloogia turvalisuse ja tehnoloogia lekkega seotud riskihindamisi, mille puhul kvanttehnoloogia on seni olnud üks neljast sihtvaldkonnast.

⁷⁰ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_et.

navigatsioonisüsteemide, sealhulgas Galileo programmi optilistel kvantanduritel põhinevate prototüüpide arendamist autonoomse positsioneerimise jaoks keskkondades, kus ülemaailmsed satelliitnavigatsioonisüsteemid (GNSS) on tahtlikult välja lülitatud või häiritud. Neid prototüüpe on lähiaastatel kavas katsetada Galileo satelliitide pardal, et hinnata nende operatiivse kasutuselevõtu potentsiaali. Samal ajal hinnatakse Galileo tulevaste uuenduste jaoks ka kvantkellasid. Samuti peaks kvantarvutus tõhustama kosmosetehnoloogiat täiustatud arvutusvõime kaudu, sealhulgas selleks, et parandada inimeste arusaamist universumist. Suurel hulgal kvanttehnoloogiapõhistel kosmoserakendustel on suur potentsiaal ka sõjalistel ja luureeemärkidel kasutamise seisukohast.

Kõik need kvanttehnoloogiad koos annavad lootust märkimisväärsed edusammudeks ajaarvestuse stabiilsuse, täpsuse ja vastupidavuse parandamisel, tugevdades Euroopa strateegilist autonoomiat satelliitnavigatsiooni valdkonnas. Selleks et uurida edasi kvanttehnoloogia potentsiaali kosmoses, laiendab komisjon praegust koostööraamistikku Euroopa Kosmoseagentuuriga (ESA), et töötada ühiselt välja **kosmose kvanttehnoloogia tegevuskava** ning tagada kosmose kvanttehnoloogiaga seotud tegevuse vastastikune täiendavus ja sünkroniseerimine.

Kvanttehnoloogia julgeoleku- ja kaitsevaldkonnas

Kvanttehnoloogia kahesuguse kasutuse potentsiaal tähendab, et sellega tehtud läbimurded võivad tuua märkimisväärsed kasu ka strateegiliste julgeoleku- ja kaitserakenduste jaoks. Näiteks võib kvantarvutus radikaalselt muuta kaitsestrateegiaid, võimaldades kiiremat otsuste tegemist ning aidates lahendada keerukaid tegevus- ja logistikaprobleeme. Samuti võib see aidata välja töötada uusi sõjalisi materjale või kaitsta tundlikku teavet küberohtude eest.

Kvantarvutus töötab muuta peamisi julgeoleku- ja kaitserakendusi, nagu vedelikuvoolu simulatsioonid äärmuslikel temperatuuridel, põlemisdünaamika või kuumuskindlate materjalide leidmine. Kvanttajutehnoloogiad pakuvad üliolulisi kaitsevõimalusi, sealhulgas ülitäpset gravimeetriat, magnetomeetriat ja inertsiaalset navigatsiooni. Kvantandurid võimaldavad tuvastada maa-aluseid struktuure, jälgida allveelaevu ja avastada tõhusamalt ohte. Samal ajal tagab kvantkommunikatsioon, eelkõige kvantvõtmelevi, üliturvalise teabevahetuse maapealsete ja satelliitvõrkude vahel, kaitstes sõjalisi ja luureandmeid spionaaži või tulevaste kvanttehnoloogiapõhiste küberohtude eest. Seega on nii taju- kui ka kommunikatsioonitehnoloogiad peamised tegurid, mis võimaldavad kaitse- ja julgeolekuvaldkonnas Euroopa strateegilist autonoomiat ja operatiivset paremust.

Ülemaailmsed jõud, nagu USA⁷¹ ja Hiina, investeerivad suurel määral kvanttehnoloogia kosmose- ja militaarrakendustesse, sealhulgas ülemaailmsest satelliitnavigatsioonisüsteemist (GNSS) sõltumatusse navigatsiooni, turvalisse satelliit- ja maapealsesse sisse, kvantlidaritesse⁷² ja kvanttehnoloogiaga täiustatud radaritesse. Kvanttehnoloogia on hakanud mõjutama ka laiemaid liite ja koostööraamistikke⁷³.

ELis on mitu liikmesriiki⁷⁴ juba lisanud oma kaitseprogrammidesse investeeringuid selleks, et arendada kaitsevalmis kvanttehnoloogiat, nagu külmadel aatomitel põhinevad andurid,

⁷¹ Kvanttehnoloogia võrdlusanalüüsi algatus: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

⁷² Kvantlidar on laserlokaatorsüsteem, mis kasutab kvantomadusi, nagu põimitus, et suurendada tundlikkust ja täpsust sihtmärgi tuvastamisel ja kauguse hindamisel, ületades tavapärase võimekuse piire.

⁷³ Nt „BRICS And Quantum Computing“ (BRIC-riigid ja kvantarvutus).

⁷⁴ Nt Prantsusmaa (PROQCIMA programm kaitsevaldkonna kvantandurite kohta – <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), Saksamaa (kvantkommunikatsioon ja -taju BMBFis), Itaalia (külmadel aatomitel põhinevad andurid GNSSi-vabaks navigatsiooniks), Austria (kvantkellad ja inertsiaalandurid), Soome (kaitseotstarbelised kaasaskantavad kvanttajusüsteemid).

teemantandurid või kvantarvutid, ning nad uurivad kasutusvõimalusi, nagu täiustatud ajamääramine, GNSSi-vaba positsioneerimine ja merepõhja kaardistamine.

Selleks et suurendada ELi programmide raames võimalusi kahesuguse kasutusega ja elutähtsasse kaitseotstarbelisse tehnoloogiasse investeerimiseks, esitas komisjon hiljuti ettepaneku⁷⁵ muuta asjakohaste olemasolevate vahendite kohaldamisala. Komisjon on kehtestanud ka meetmed kahesuguse kasutuse potentsiaaliga tehnoloogia, sealhulgas kvanttehnoloogia kasutamiseks kaitsevaldkonnas, näiteks Euroopa Kaitsefondi ja selle ELi kaitseinnovatsiooni kava (EUDIS) meetmete kaudu.

Kõigi nende tegevuste eeldus on see, et Euroopa tagab, et kvanttehnoloogia uuendused jäävad juurdepääsetavaks, turvaliseks ja vabaks kolmandate riikide ekspordieeskirjadest, olles samal ajal kooskõlas Euroopa kaitse- ja julgeolekueesmärkidega.

EL ja NATO tunnistavad samuti, et kvanttehnoloogial on missioonikriitiline tähtsus luure-, seire-, navigatsiooni- ja turvalise taristu võimaldamisel. 2024. aastal lõi NATO Atlandi-ülese kvantkogukonna, et saada „kvantvalmidusega liiduks“. Komisjon ja NATO suhtlevad kvanttehnoloogia teemadel ELi ja NATO kujunemisjärgus ja lõhkuva tehnoloogia alase struktureeritud dialoogi raames.

Euroopa sisejulgeoleku strateegias ja Euroopa Kaitsefondis käsitatakse kvanttehnoloogiat ELi pikaajalise julgeoleku ja tehnoloogilise edumaa tagamise peamise valdkonnana. Kvanttehnoloogiat mainitakse ka **valges raamatus „Euroopa kaitsevalmidus 2030“**, kus märgitakse, et selle mõju võib traditsioonilise sõjategevuse käsituse ümber lükata ja ümber kujundada. Valges raamatus teatatakse, et komisjon panustab asjakohaste kvanttehnoloogiaga seotud edusammude, algatuste ja programmidega **Euroopa relvastuse tehnoloogilisse tegevuskavasse**. Kavaga kiirendatakse kaitsevaldkonna ümberkujundamist, nähes ette investeerimise kahesuguse kasutusega kõrgtehnoloogilistesse võimetusse ELi, riiklikul ja erasektori tasandil.

Nende jõupingutuste suunamiseks **töötab komisjon 2026. aastaks välja spetsiaalse kosmose- ja kaitsevaldkonna kvanttajutehnoloogia tegevuskava**, millega kooskõlastatakse tsiviilelanikkonna ning julgeoleku- ja kaitsekogukondade prioriteedid. See aitab koordineerida investeeringuid järgmise põlvkonna kvantanduritesse, mida kasutatakse muu hulgas gravimeetria, navigatsiooni ja täiustatud ohutuvastuse eesmärgil.

Samal ajal käivitab EL 2026. aastal pooketehnoloogia algatused, et kiirendada tsiviilotstarbeliste kvantuuenduste kasutuselevõttu julgeoleku- ja kaitserakendustes. Need algatused viivad tiptasemel ettevõtted ja teadusrühmad kokku kaitsevaldkonnas osalistega, aidates lühendada arendustsükleid ja suurendades Euroopa tehnoloogilist edumaad **kahesuguse kasutuse potentsiaaliga võimaluste** vallas.

- Allkirjastada ESAg koostööleping kosmose kvanttehnoloogia tegevuskava väljatöötamiseks [2025. aasta II kvartal]
- Töötada välja kosmose- ja kaitsevaldkonna kvanttajutehnoloogia tegevuskava [2026]
- Panustada Euroopa relvastuse tehnoloogilisse tegevuskavasse [2025. aasta IV kvartal]
- Käivitada pooketehnoloogia algatused, et kaasata tsiviiläriühinguid ja akadeemilisi ringkondi kaitserakenduste jaoks [alates 2026. aastast]

2.5 5. valdkond: kvantoscused

⁷⁵ [COM\(2025\) 188, 22.4.2025](#): määrus, millega muudetakse määrusi (EL) 2021/694, (EL) 2021/695, (EL) 2021/697, (EL) 2021/1153, (EL) 2023/1525 ja (EL) 2024/795, et stimuleerida kava „ReArm Europe“ rakendamise eesmärgil kaitseotstarbelisi investeeringuid ELi eelarvest.

Euroopas on välja kujunenud akadeemiliste kvanttehnoloogiatalentide tugev baas. Euroopa Liidus on kvanttehnoloogiaga seotud erialade lõpetanute osakaal elanikkonnas maailma suurim – aastas lõpetab kõrgkooli füüsika, IKT ja inseneriteaduste erialal ning nendega seotud erialadel üle 110 000 inimese⁷⁶. Vastavalt kvanttehnoloogia juhtalgatuse strateegilisele teadusuuringute ja tööstuse tegevuskavale aastani 2030⁷⁷ on Euroopas üle 40 kvanttehnoloogiale ja -tehnikale spetsialiseerunud magistriprogrammi. See ei ole aga ikka veel piisav, et rahuldada prognoositud nõudlust ELi idufirmades ja tööstuses, kus valitseb suur nappus asjakohaste rakendusoskustega spetsialistidest. Nappus on kõige kriitilisem rakendusvaldkondades,⁷⁸ sealhulgas kvanttarkvara projekteerimises, süsteemide integreerimises ja kvantküberturvalisuses, kus see aeglustab ELis asuvate idu- ja kasvufirmade lahenduste turustamist.

Oskuste liidu⁷⁹ raames teeb komisjon mitmesuguseid algatusi, et tegeleda oskuste nappusega, sealhulgas seoses kvanttehnoloogiaga. 2026. aastal loob komisjon virtuaalse **Euroopa kvantioskuste akadeemia**, mis toimib ühtse keskse kontaktpunktina, mis annab teavet kättesaadavate kvanttehnoloogiaalaste koolituste ja praktiliste rakendusvõimaluste kohta kõigil haridustasanditel. Selle algatuse raames edendab komisjon koostööd akadeemiliste ringkondade, koolitusasutuste, teadusringkondade ja tööstuspartneritega, et koostada ja pakkuda interdistsiplinaarse lähenemisviisi abil haridusprogramme ja eraldiseisvaid koolitusmooduleid. Programmid sisaldavad ühiseid õppekavasid ISCEDi astmetel 7 (magistriõpe või samaväärne tase) või 8 (doktoriõpe või samaväärne tase), mille läbimisel saadakse kraad ja milles kasutatakse Euroopa ainepunktisüsteemi (ECTS). Selliseid programme edendatakse virtuaalsete õppemesside ja stipendiumikavadega.

Tulevikku suunatud oskuste edendamiseks hõlbustab komisjon uuenduslike ühiste Euroopa õppekavade väljatöötamist, sealhulgas strateegilistes sektorites ja olulistes tehnoloogiavaldkondades, nagu kvanttehnoloogia, ning kasutab selleks tõenäoliselt Euroopa kraadi / Euroopa kraadi märgist, tuginedes ühiselt kokkulepitud kriteeriumidele.

Akadeemia toetab kooskõlas oskuste liidu eesmärgiga meelitada ligi ja hoida talente kogu maailmast ka kvanttehnoloogia stipendiumikavasid, mis võimaldavad kõrge kvalifikatsiooniga ELi ja kolmandate riikide doktorantidel ning väljaspool ELi elavatel noortel spetsialistidel ELis töötada.

Oma tegevuse laiendamiseks ja selle kohta teabe levitamiseks töötab akadeemia välja teavitamise ja teadlikkuse suurendamise tavad. Nende hulka kuuluvad muu hulgas spetsiaalne veebileht, mis toimib **kvanttehnoloogia talentide portaalina** ning on integreeritud digioskuste ja töökohtade platvormiga, „Õpeta õpetajat“ moodulid ülikoolide õppejõududele ja keskkooliõpetajatele, et saavutada varasema taseme hariduses kvanttkirjaoskus, ning parimate tavade jagamine liikmesriikide ja nõuetele vastavate kolmandate riikidega.

Virtuaalse akadeemia teavitustegevuse eesmärk on suurendada üldsuse teadlikkust ning parandada ühiskonna arusaamist, usaldust ja teadlikku poliitikas osalemist kvanttehnoloogia valdkonnas. Oluline on see, et teavitamise ja üldsuse teadlikkuse suurendamise meetmed aitavad suurendada ka mitmekesisust ja vähendada Euroopa kvanttehnoloogia valdkonna tööjõu hulgas endiselt esinevat märkimisväärset soolist ebavõrdsust⁸⁰.

⁷⁶ „Global Comparison of STEM Education“ (MATI-hariduse ülemaailmne võrdlus) | SpringerLink.

⁷⁷ Strateegiline teadusuuringute ja tööstuse tegevuskava aastani 2030 (kvanttehnoloogia juhtalgatus): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>.

⁷⁸ IQM-State-of-Quantum-2025.pdf, „RAND Europe: Quantum’s Future Workforce Needs More Than Physicists“ (RAND Europe: tulevases kvanttehnoloogia tööjõus on vaja enam kui füüsikuid).

⁷⁹ COM(2025) 90 final.

⁸⁰ MATI-kõrghariduse ja karjäärivallas on märkimisväärne sooline tasakaalustamatus. Vt aruanne „She-Figures 2024“ (Naissoost lähtuvad andmed, 2024).

Virtuaalne akadeemia on esimene oluline samm, kuid pikaajaline visioon on luua mitu võrgustikku kuuluvat akadeemiat, mis on geograafiliselt hajutatud kogu ELis ning mis on seotud kvantpädevuse klasterite ja pooljuhtide pädevuskeskustega, et nende tulemuslikkust mitmekordistada.

Lisaks toetab komisjon programmi „Digitaalne Euroopa“⁸¹ raames **kvanttehnoloogia õpipoisiõppe programmi** katseprojekti, et valmistada ette tegelike projektide abil koolitatud ja ELi tööturule (taas)sisenemiseks valmis kvanttehnoloogia spetsialiste, ning kehtestab spetsialistide tagasipöördumiskavad. Selleks et luua täiendavaid positiivseid mõjuringe akadeemiliste ringkondade ja tööstuse vahel, töötab komisjon alates 2026. aastast välja **Euroopa kõrghariduse digioskuste konkursid**, et kaasata noori ühiselt looma kvanttehnoloogial põhinevaid lahendusi peamistele ühiskondlikele ja tööstuslikele probleemidele ning edendama loomingulist ja uuenduslikku mõtlemist.

Kuna tehnoloogia areneb kiiresti, arenevad ja muutuvad ka kvanttehnoloogiaga seotud kutseprofiilide puhul vajalikud oskused ning seepärast tuleb pidevalt jälgida ka haridus- ja koolitusteenuse osutajate ning tööstuse vajadusi ja tööjõunõudlust. Oskuste liidu raames jälgib Euroopa oskuste prognoosimise vaatluskeskus vajalike oskuste õigeaegset arengut Euroopa strateegilistes sektorites.

Euroopa Innovatsiooninõukogu käivitab 2025. aastal ka **kvanttehnoloogia idufirmades töötavate teadlaste** katseprogrammi. See meede hõlbustab teadlaste sihipärast töölesuunamist kooskõlas kiire kasvuga ettevõtete konkreetsete vajadustega ning seda toetab spetsiaalne platvorm teadlaste ning uuenduslike idu- ja kasvufirmade kokku viimiseks.

Lisaks käivitab komisjon **Euroopa kvanttehnoloogia talentide liikuvuse programmi**, et edendada tööjõu rahvusvahelist liikuvust ning oskuste arendamist ELi, liikmesriikide ja partnerriikide vahel, sealhulgas andes stipendiume kolmandate riikide doktorantidele ja karjääri alustavatele spetsialistidele kvanttehnoloogia valdkonnas, hoides ja toetades samal ajal olemasolevat tööjõudu, et vältida ajude äravoolu. Rahvusvaheliste kvanttehnoloogia valdkonna tippteadlaste ligimeelitamiseks, nende oskuste arendamiseks ja nende ELis hoidmiseks katsetab komisjon ka **Marie Skłodowska-Curie meedet „Vali Euroopa“**, mis hõlmab muu hulgas ka kvanttehnoloogia valdkonna teadlasi.

- Luua Euroopa kvantioskuste akadeemia [2026]
- Käivitada Euroopa kõrghariduse digioskuste konkursid kvanttehnoloogia valdkonnas [alates 2026. aastast]
- Käivitada kvanttehnoloogia idufirmades töötavate teadlaste katseprogramm [2025]
- Käivitada Euroopa kvanttehnoloogia talentide liikuvuse programm [alates 2026. aastast]

3 Euroopa kvanttehnoloogia valdkonna strateegiline rakendusraamistik

3.1 ELi kvanttehnoloogia strateegia rakendamise põhikomponendid

Euroopa kvanttehnoloogia sektoril on ainulaadsed omadused: kvanttehnoloogia on suures osas alles välja kujunemas ning paljud selle põhikomponendid – nii riist- kui ka tarkvara – on alles varajases küpsusjärgus. Nende edasiarendamine traditsioonilisel lineaarsel viisil, alates alusteadusest kuni turule jõudmiseni, võtaks 10–15 aastat. Protsessi kiirendamiseks kehtestatakse järgmine **tehnoloogia elutsükli põhine kohandatud rakendusloogika**, milles on katkematus ahelas tihedalt omavahel seotud teadusuuringud, innovatsioon, taristu ja varajase turu loomine.

⁸¹<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/opportunities/funding/digital-2025-skills-08-quantum-academy-step-sectoral-digital-skills-academies>.

Elutsükli põhine lähenemisviis on Euroopa ökosüsteemis eriti oluline, kuna kõigis kvantitehnoloogia valdkondades esineb endiselt suuri teaduslikke ja tehnilisi tõkkeid⁸², mis tuleb kõrvaldada, et saavutada käegakatsutav tehnoloogia. Euroopa ei pea neid probleeme mitte ainult lahendama, vaid ka saavutama turuvalmis rakendused, enne kui ülemaailmsed konkurendid kindlustavad omale strateegilise turu valitseva seisundi.

Teaduslike ja tehniliste tõkete kõrvaldamiseks toetatakse Euroopa kvantitehnoloogia teadusuuringute ja innovatsiooni algatusega (kirjeldatud eespool punktis 2.1) järgmist:

- **sihipärased teadus- ja tehnoloogiaalased jõupingutused**, milles keskendutakse selliste praeguste peamiste teadus- ja tehnoloogiaprobleemide lahendamisele, mis piiravad edusamme kõigis kvantitehnoloogia valdkondades. Probleeme käsitletakse peamiselt ülevalt allapoole suunatud teadus- ja tehnoloogiakonkursside kaudu, mis täiendavad tavapäraseid alt ülespoole suunatud konkursse;
- **murrangulise turumõjuga teadus- ja innovatsioonitegevus ning sihipärased meetmed konkreetsete kvantitehnoloogiate ja progressi võimaldavate tehnoloogiate arendamiseks**. Eesmärk on vähendada kvantinnovatsiooni riske ja kiirendada suurte teadusavastuste tööstuslikku kasutuselevõttu.

Lisaks ja selleks, et eespool nimetatud meetmeid tugevdada, kasutatakse allpool kirjeldatud lähenemisviisi.

Nn suurte ettevõtmiste mehhanism

Kvantitehnoloogia valdkonna suured ettevõtmised on strateegilised vahendid, mille abil lahendada selgelt määratletud ja suure mõjuga kvantitehnoloogiaalaseid probleeme. Nende suurte ettevõtmiste eesmärk on tuua nii kvantitehnoloogia kui ka progressi võimaldava tehnoloogia valdkonna teadlased, tööstuskasutajad, tootjad, integreerijad ja muud osalejad kokku, et teha koordineeritud jõupingutusi, mis sarnanevad oma ulatuse ja struktuuri poolest varasemate ülesandepõhiste algatustega.

Ettevõtmistes keskendutakse konkreetsetele idu- ja kasvufirmadele, et toetada neid nende murrangulise tehnoloogia tegevuskava rakendamisel konkurentsi- ja koostööpõhise arenguprotsessi abil. Suur ettevõtmine viib nad kokku juhtivate tööstuskasutajate ja teadlastega, et töötada ühiselt välja esmatahtsad skaleeritavad kvantlahendused. Juhtivate tööstuskasutajate osalemine on oluline selleks, et idufirmad täidaksid tööstusnõudeid ja valideeriks oma tehnoloogiat tööstuskeskkonnas. Kui see on asjakohane, võivad kaitsevaldkonna osalejad, sealhulgas kaitseministeeriumid ja kaitseteetvõtted, osaleda konkreetsetes suurtes ettevõtmistes lõppkasutajatena.

Suure ettevõtmise jaoks valitud idu- ja kasvufirmad saavad kasu kombineeritud rahastamisvahenditest (toetused, omakapital, laenud või muud segarahastamisvahendid). Algusest peale kaasatakse nii avaliku kui ka erasektori finantsjuhtimises osalejaid, et tagada kooskõla strateegiliste investeerimiseesmärkidega ja maksimeerida mõju.

2025.–2027. aastal katsetab komisjon koos Euroopa Investeerimispanga ja liikmesriikidega vähemalt kahte sellist suurt ettevõtmist. Esimese puhul keskendutakse tõrketaluvusega kvantarvutussüsteemidele, mis suudavad lahendada keerukaid tööstusprobleeme; teise puhul keskendutakse kvantitehnoloogial põhinevatele positsioneerimis-, navigeerimis- ja ajamääramissüsteemidele keskkondades, kus ülemaailmsed satelliitnavigatsioonisüsteemid ei toimi. Sõltuvalt kättesaadavatest rahalistest vahenditest

⁸² Sellised tõkked on kvantarvutuse valdkonnas seotud näiteks skaleeritavate kvantveaparanduse süsteemide, modulaararhitektuuri kvantühenduste ja krüogeense juhtelektroonikaga; kvantkommunikatsioonis pikamaa-kvantrepiiterite, seadmest sõltumatu põimituse ja usaldatud sõlmedeta turvaliste võrkudega ning kvanttajus miniatuursete kaasaskantavate gravimeetrite, kõrgresolutsiooniga kvant-MRT-süsteemide ja GNSSist sõltumatu navigatsioon inertsaalanduritega.

võivad järgneda edasised suured ettevõtmised, näiteks seoses kvanttehnoloogiaga täiustatud pildidiagnostikaga (kvant-MRT), et toetada varajast haiguste diagnoosimist ja personaalmeditsiini.

Tehnoloogia elutsükli põhinev lähenemisviis

Kõiki eespool nimetatud jõupingutusi toetab **tehnoloogia elutsükli põhinev lähenemisviis, milles on ELi kvanttehnoloogia strateegia viis strateegilist valdkonda** lõimitud koordineeritud ja iteratiivsesse arendusprotsessi, mis võimaldab pidevat iteratsiooni avastamise, arendamise, katsetamise ja kasutuselevõtu vahel.

Selles mudelis on kesksel kohal eespool punktis 2.2 käsitletud Euroopa avalikud kvanttaristud ja katseliinid. Need rajatised toimivad sillana teadusuuringute ja industrialiseerimise vahel. Nende rajamine, hooldamine ja laiendamine paneb olulise füüsilise ja korraldusliku aluse kogu kvanttehnoloogia ökosüsteemi edasisele tugevdamisele ja toetamisele. Need võivad aidata teisendada teadusuuringud praktilisteks rakendusteks, tagades vajalikud katseplatvormid, rajatised ja võrgustikud teaduslike läbimurrete katsetamiseks, valideerimiseks ja suurendamiseks. Samuti tagavad need suurepärase keskkonna talentide ligimeelitamiseks ning praktiliste rakenduste ja kasutusvõimaluste väljatöötamiseks. Lisaks aitavad need kvanttehnoloogia idufirmadel ja VKEdel saada juurdepääsu uusimatele tehnoloogiaplatvormidele ja laboritele, kus nad saavad oma prototüüpe edasi arendada ja tööstuslikuks kasutuselevõtuks ette valmistada. Kvantpädevuse klastrite liidendvõrgustik toimib selle positiivse olelusringipõhise lähenemisviisi katalüsaatorina, viies kokku teadusasutused, idu- ja kasvufirmad, suurtööstuse ja taristuettevõtjad ning aitades seeläbi luua sidemeid teaduse ja tööstuse esindajate vahel.

Tagamaks, et elutsükkel on nii tugev kui ka otstarbekohane, võetakse kasutusele peamised tulemusnäitajad, vahe-eesmärkide jälgimine ja võrdlus olemasolevate tehnoloogiatega.

Lisaks viiakse selle integreeritud mudeliga ELi ja liikmesriikide strateegiad kooskõlla, suunates investeringuid ühistesse eesmärkidesse ja luues koordineeritud tagasisidekanalid. Seeläbi välditakse dubleerimist, saavutatakse kriitiline mass ja suurendatakse Euroopa ülemaailmset mõju kvanttehnoloogia arendamise ja kasutuselevõtu kujundamisel.

4 Rahvusvaheline koostöö

Arvestades kasvavat geopoliitilist ebakindlust ning selle otsest mõju ülemaailmsele investeerimis- ja kaubandusmaastikule, peab Euroopa kaitsma oma huve, säilitades samal ajal oma avatuse ja tehes ennetavat koostööd usaldusväärsete partneritega. Selline lähenemine kajastub paljudes ELi hiljutises poliitikameetmetes, kaasaarvatud rahvusvahelises digistrateegias ja majandusjulgeoleku strateegias.

Prioriteetsete partnerite hulka kuuluvad sarnaselt meeletatud riigid, eelkõige need, kellega EL juba koordineerib tehnoloogia- ja kaubanduspoliitika küsimusi näiteks vabakaubanduslepingute, kaubandus- ja tehnoloogianõukogude⁸³ või digipartnerluste⁸⁴ raames. Komisjon kavatseb laiendada seda koostööd algatustega, mis hõlmavad ühiseid teadusprogramme, koordineeritud projektikonkursse, eksperditeadmiste vahetamist, vastastikust juurdepääsu taristutele, ühtlustatud intellektuaalomandiraamistikke ja ülemaailmsete kvanttehnoloogia standardite ettevalmistamist. Samuti ühendab komisjon partneritega jõud seoses konkreetsete kvantrakendustega valdkondlikus poliitikas, näiteks et toetada uute materjalide väljatöötamist. Sel eesmärgil on EL juba alustanud Jaapani, Korea Vabariigi ja Kanadaga ühiste kvanttehnoloogiaalaste teadus- ja innovatsiooniprojektide rakendamist.

⁸³ Sealhulgas USA ja India.

⁸⁴ Sealhulgas Kanada, Jaapan, Singapur ja Lõuna-Korea.

EL osaleb ka kiiresti kasvavates kujunemisjärgus kvantökosüsteemides, mis pakuvad ELi ettevõtetele majanduslikke võimalusi, suurendavad ELi kvanttootuse konkurentsivõimet üleilmsel tasandil ning pakuvad Euroopa kvanttehnoloogia ettevõtetele viisi partnerluste mitmekesistamiseks ja sõltuvuse vähendamiseks. Sellest lähenemisviisist lähtutakse kahe- ja mitmepoolsete partnerluste sõlmimisel, mis põhinevad ühistel väärtustel, vastastikusel usaldusel ning suutlikkuse ja turgude vastastikusel täiendavusel, tagades samal ajal ELi huvide asjakohase kaitse strateegilistes valdkondades.

Lisaks suurendab EL seoses kvanttehnoloogiaga oma osalust rahvusvahelistel standardimisfoorumitel, kaubandusdialoogides ja mitmepoolsetes kvanttehnoloogia liitudes⁸⁵.

Kogu eespool nimetatud tegevuses teeb komisjon tihedat koostööd liikmesriikidega, et luua sidus Euroopa rahvusvahelise kvanttehnoloogiaalase koostöö raamistik, milles määratakse kindlaks prioriteetsed riigid ja struktureeritud koostöö valdkonnad. Samuti toetab komisjon ühiseid diplomaatilisi algatusi ja ühiste Euroopa seisukohtade väljatöötamist kvanttehnoloogia kohta, tagades, et Euroopa häält on kvantinnovatsiooni ülemaailmse juhtimise ja eetika kujundamisel valjult kuulla.

- Laiendada ja käivitada uusi kahe- ja mitmepoolseid koostööalgatusi sarnaselt meelestatud riikidega [alates 2025. aastast]
- Teha liikmesriikidega koostööd Euroopa rahvusvahelise kvanttehnoloogiaalase koostöö raamistiku loomiseks [alates 2025. aastast]

5 Juhtimine

Tugev ja kaasav juhtimine ELi tasandil on oluline, et suunata, koordineerida ja jälgida ELi kvanttehnoloogia strateegia rakendamist, edendades kogu liidu osalemist nii kõigi liikmesriikide ja igat liiki kvanttehnoloogia sektori sidusrühmade esindajate kaasamise kui ka soolise tasakaalu tagamise seisukohast.

Esiteks annab ELi kvanttehnoloogia strateegia rakendamiseks sõltumatuid strateegilisi suuniseid **kõrgetasemeline nõuandekogu**, kuhu on koondatud Euroopa juhtivad kvanttehnoloogia valdkonna teadlased ja tehnoloogiaekspertid.

Teiseks aitab **struktureeritud koostööraamistik liikmesriikidega** tagada sidusa rakendamise ELi tasandil ja riiklike programmide piires, koordineerida igal aastal elutsükliühiseid edusamme viies strateegilises valdkonnas ning jälgida kvanttehnoloogia tarneahelate ja selle oluliste komponentide turvalisuse ja vastupidavuse arengut. Juba tegutseb aktiivselt kõiki liikmesriike ühendav **spetsiaalne eksperdirühm**,⁸⁶ mis hakkab tihedalt osalema Euroopa kõrgjärgulusega andmetöötluse ühisettevõtte juhatuse tulevases töös, kui ühisettevõtet käsitlevat määrust on muudetud.

Lisaks jätkab komisjon tihedat suhtlust kogu Euroopa kvanttehnoloogia kogukonnaga, sealhulgas akadeemiliste ringkondade, idufirmade, tööstusvaldkonna osaliste, innovatsiooni sidusrühmade ja nende esindajatega.

6 Järeldused

Kvanttehnoloogia areng on jõudnud otsustavasse punkti. EL on saavutanud kvantuuringute valdkonnas maailmas juhtpositsiooni ja pannud aluse konkurentsivõimelisele tööstusbaasile. Ülemaailmne võidujooks kvanttehnoloogia kasutuselevõtuks aga kiireneb. Juhtivad riigid

⁸⁵ 2025. aasta juunis toimunud G7 tippkohtumisel tunnistasid juhid kvanttehnoloogia ümberkujundavat potentsiaali ja lubasid suurendada investeeringuid, edendada usaldusväärset ülemaailmset koostööd ja tugevdada G7 ühise töörühma kaudu sidemeid riiklike mõõteinstituutide vahel. Vt [„Kananaskis Common Vision for the Future of Quantum Technologies“](#) (Kananaskise ühine visioon kvanttehnoloogia tuleviku jaoks).

⁸⁶ Liikmesriikide esindajatest koosnev Euroopa kvanttehnoloogia koordineerimisrühm.

suurendavad avaliku sektori investeeringuid, koordineerivad riiklikke strateegiaid ja tugevdavad teadusuuringutest tööstusesse jõudmise süsteeme, et saavutada tehnoloogiline suveräänsus ja majanduslik eelis. Kvanttehnoloogia kahesuguse kasutuse potentsiaal võib suurendada ka riikide julgeoleku- ja kaitsevõimet. Samal ajal on selgunud, et erainvesteeringud on muutumas määravaks teguriks edu saavutamisel. Selleks et Euroopa jääks konkurentsivõimeliseks, kujundaks kvantinnovatsiooni aluseks olevaid väärtusi ning saaks oma intellektuaalsest juhtpositsioonist täielikku majandus-, julgeoleku- ja muud kasu, peab ta tegutsema kiiresti, selgelt ja ühtselt.

Euroopal on aeg juhtida. Käesolev strateegia ei ole mitte lõplik, vaid arenev raamistik – Euroopa kvanttehnoloogia tuleviku uuenev tegevuskava. See nõuab ELi, liikmesriikide, tööstuse, akadeemiliste ringkondade ja kodanikuühiskonna ühist pühendumist. Edu korral annab kvanttehnoloogia tõuke järgmisele tehnoloogilisele revolutsioonile ja toetab ELi konkurentsivõimet, aidates Euroopal saavutada juhtrolli ning kujundada seda arengut omaenda tingimustel.

LIIDE

ELi kvanttehnoloogia strateegia meetmete kokkuvõte

1. valdkond: kvanttehnoloogiaalaste teadusuuringute ja innovatsiooni algatus
• Muuta Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisettevõtte määrust, et laiendada selle volitusi kõigile kvanttehnoloogiatele ning esimese sammuna viia praegune programmi „Euroopa horisont“ kvanttehnoloogiaalaste teadusuuringute ja innovatsiooniga seotud tegevus ühisettevõtte alla [2025. aasta III kvartal] • Esitada kvanttehnoloogia õigusakti ettepanek [2026] • Katsetada kahte kvanttehnoloogiaalast suurt ettevõtmist (tõrketaluvusega kvantarvutus ning kvanttehnoloogial põhinevad positsioneerimis-, navigeerimis- ja ajamääramissüsteemid) [2025–2027]
2. valdkond: Euroopa kvanttaristud
• Avaldada ELi kvantarvutuse ja -simulatsiooni tegevuskava [2026] • Suurendada Euroopa kõrgjõudlusega andmetöötluse ühisettevõtte kvantarvutussüsteemide arvu ja võimsust [alates 2026. aastast] • Luua kvantarvutuse seire raamistik [2026] • Võtta kasutusele esimene kogu ELi ühendav eksperimentaalne Maa ja kosmose vaheline kvantkommunikatsiooni võrk [2030. aastaks] • Avaldada kvantkommunikatsiooni tegevuskava [2026] • Võtta kasutusele Euroopa kvantinterneti katserajatis [2026] • Võtta kogu Euroopas kasutusele gravimeetrite hajussüsteem [alates 2026. aastast] • Avaldada kvantaju tegevuskava [2026] • Luua Euroopa kvant-MRT katsetaristu ja laiendada seda kogu Euroopas [alates 2025. aastast]
3. valdkond: Euroopa kvanttehnoloogia ökosüsteem
• Luua Kiipide Ühisettevõtte raames kuus uut kvanttehnoloogia katsetootmisliini [2025] • Käivitada kvantprojekteerimisrajatis [2026] • Avaldada kvantkiipide industrialiseerimise tegevuskava [2026] • Avaldada Euroopa kvanttehnoloogia standardite tegevuskava [2026] • Laiendada kvantpädevuse klastrite võrgustikku [2026] • Korraldada ja lõpule viia tarneahela nõrkade kohtade hindamised kogu ELis [2025–2026]
4. valdkond: kosmos ja kahesuguse kasutuse potentsiaaliga kvanttehnoloogia (julgeolek ja kaitse)
• Allkirjastada ESAga koostööleping kosmose kvanttehnoloogia tegevuskava väljatöötamiseks [2025. aasta II kvartal] • Töötada välja kosmose- ja kaitsevaldkonna kvantajutehnoloogia tegevuskava [2026] • Panustada Euroopa relvastuse tehnoloogilisse tegevuskavasse [2025. aasta IV kvartal] • Käivitada pooketehnoloogia algatused, et kaasata tsiviiläriühinguid ja akadeemilisi ringkondi kaitserakenduste jaoks [alates 2026. aastast]
5. valdkond: kvantioskused
• Luua Euroopa kvantoskuste akadeemia [2026] • Käivitada Euroopa kõrgtaseme digioskuste konkursid kvanttehnoloogia valdkonnas [alates 2026. aastast] • Käivitada kvanttehnoloogia idufirmades töötavate teadlaste katseprogramm [2025] • Käivitada Euroopa kvanttehnoloogiaalase liikuvuse programm [alates 2026. aastast]
Rahvusvaheline koostöö
• Käivitada kahe- ja mitmepoolsed koostööalgatused [alates 2025. aastast]

- Teha liikmesriikidega koostööd Euroopa rahvusvahelise kvanttehnoloogiaalase koostöö raamistiku loomiseks [alates 2025. aastast]