

Kvantteknologier för försvar och säkerhet

Verksamhet och resultat 2024

Kvantteknologi är av både Försvarsmakten och Nato utpekad som en omvälvande teknologi vilken potentiellt kan ändra förutsättningarna för försvar och säkerhet. FOI har inom anslagsposten (ap.6) *Bevaka och hantera nya tekniker* inlett en värdering av tekniken och den militära nyttan. Arbetet innefattar litteraturstudier och deltagande i flera Nato-forskningsgrupper. Möjliga nationella och internationella samarbetspartners kartläggs. Målet med arbetet är att bedöma om långsiktig forskning inom kvantteknologier bör etableras vid FOI, inklusive vilka områden och forskningsfrågor som i så fall ska ingå. Dessutom ska förslag ges på hur forskningsverksamheten kan organiseras. Arbetet inleddes under 2024 och ska vara klart i mitten av 2026.

Introduktion

Kvantteknologier är ett område som framöver kan få stor påverkan på försvars- och säkerhetsområdet och är utpekad av både Försvarsmakten och Nato som en omvälvande teknologi.

I början av 1900-talet utvecklade forskare teorin för kvantfysiken och i mitten av århundrandet såg även ny teknisk utrustning dagen ljus, exempelvis havledarteknik, mikroelektronik, lasrar, kärnteknik och avancerad mätteknik. Denna utveckling brukar kallas den första kvantrevolutionen. I slutet av 1900-talet kom nya sätt att styra och manipulera kvantsystem, vilket medförde att kvantfysikaliska fenomenen kan utnyttjas till helt nya tillämpningar. Denna utveckling kallas den andra kvantrevolutionen. Här delas den upp i följande områden:

1. Kvantdatorer
2. Kvantberäkningar
3. Kvantkommunikation
4. Kvantsensorer

Försvarsmaktens materielverk (FMV) har tagit fram en populärvetenskaplig publikation som informativt beskriver kvantfysiken och den andra kvantrevolutionen samt den forskning och utveckling som bedrivs i Sverige [1].

Inom anslagsposten (ap.6) *Bevaka och hantera nya tekniker* inledde FOI under 2024 en bredare och djupare analys av kvantteknologier för att värdera tekniken och den militära nyttan. Målet med arbetet är att svara på följande frågor:

- Bör långsiktig forskning inom kvantteknologier etableras vid FOI?
- Vilka kvantteknologiområden ska FOI fokusera på?

FOI Memo 8946

Forskningsområde: Övrigt

Godkänd av: Matts Björck

Innehållet är granskat och omfattar ingen information som är underställd exportkontrollagstiftningen

- Vilka forskningsfrågor är viktiga?
- Hur ska arbetet organiseras?

Verksamhet 2024

Under 2024 har FOI påbörjat en kartläggning av hela området för att värdera tekniken och militära nyttan genom:

- Litteraturstudier för att undersöka möjligheterna inom respektive område av den andra kvantrevolutionen.
- Kartlägga militära tillämpningar och behov.
- Kartlägga möjliga samarbetspartners (nationellt och internationellt).
- Delta i Natos forskningsgrupper.

Utifrån den inledande kartläggningen har FOI valt att fokusera på kvantsensorer och kvantberäkningar. FOI kommer endast bevaka kvantdatorutvecklingen, då det bedöms att svensk försvarsforskning inte har möjlighet att finansiera denna forskning. I likhet med de flesta västerländska säkerhetstjänster har FOI bedömt att kvantnyckelöverföring (eng. Quantum Key Distribution) kommer ha begränsad försvarsnutna [2]. Övrig kvantkommunikation är fortfarande relativt omogen, vilket innebär att FOI tillsvidare endast kommer följa områdets utveckling.

Under 2023 deltog FOI i ett arbete inom Nato Science and Technology Organization (STO) för att ta fram forskningsgrupper för kvantteknologier inom STO. De syftade till att kartlägga och värdera kvantteknologin inom olika områden. Arbetet ledde till att Nato STO startade forskningsgrupper inom områdena beräkningar, kommunikation, sensorer samt mer övergripande frågor som sårbarheter och begränsningar. FOI deltar i fem av de



åtta Natogrupperna då de väl överlappar med uppgifterna i anslagsprojektet.

Inom beräkningar deltar FOI i gruppen *SET-IST 339 Investigation of military applications of quantum computing* som undersöker var och hur beräkningar kan användas i militära tillämpningar. En sammanfattning av FOI:s arbete inom kvantalgoritmer och simuleringar finns publicerad [3]. Slutsatsen är att kvantalgoritmer för optimeringsproblem med en militär nytta är möjliga inom en snar framtid.

FOI valde att inte delta i grupperna inom kommunikation eftersom den militära nyttan bedömdes vara begränsad.

Inom sensorer bildades tre Natogrupper och FOI är med i samtliga. Initialt avsågs gruppen *SET-333 Bringing Quantum Sensing from the Laboratories to the Battlefield* studera alla typer av kvantsensorer. Då det samtidigt hade bildats egna grupper för Positionering, Navigering och Tid (PNT) sensorer och elektromagnetiska (EM) sensorer så fokuserar denna grupp nu framför allt på kvant-avbildning, främst med optiska metoder. Hittills har FOI inte identifierat någon teknik som ger banbrytande nya förmågor. Dock har teknik och sensorer, t.ex. fotonräknande detektorer, som kan ge förbättringar i mer konventionella system identifierats.

Inom PNT-sensorer deltar FOI i *SET-338 Assessment of Navigation with & without GNSS for Military Applications*. Det har identifierats att på kort sikt kan magnetiska sensorer öka förmågan för navigering utan stöd från satellitnavigeringssystem. På längre sikt kan gyron och gravimetrar baserade på atominterferometrar ge ytterligare förbättringar för PNT. Även mobila klockor med hög noggrannhet och stabilitet studeras i gruppen. Initialt kommer FOI främst undersöka möjligheterna att navigera med magnetiska sensorer.

Inom EM-sensorer deltar FOI i *SET-332 Assessment of quantum based RF and EM sensing potential for military applications*. Det finns ett stort antal potentiellt banbrytande tekniker och system. De mest mogna teknikerna är baserade på Rydbergatomer, kvävevakanser i diamant (s.k. NV-center) och supraledande kvantinterferenssensorer (eng. Superconducting Quantum Interference Device - SQUID). Den senare har funnits länge men kräver idag kryostatisk kylning vilket komplicerar användningen. De andra två teknikerna fungerar i rumstemperatur vilket gör att dessa har högre militär relevans. FOI bedömer att system baserade på Rydbergatomer har högst potential och studeras därför vidare. En sammanfattande rapport om teknikerna kommer att publiceras under 2025.

Inom de mer övergripande frågorna inom kvantteknologier deltar FOI i *IST-219 Quantum Technology Vulnerabilities* som behandlar sårbarhet med att introducera kvantteknologier samt den sårbarhet som

avsaknaden av kvantteknologier kan innebära. Då fokus främst är på kvantkommunikation är gruppen mindre intressant än vad som bedömdes initialt.

Nato beslutade under 2024 att ett symposium om kvantteknologier ska hållas hösten 2026 och gruppen *IST-SET-226 Research Symposium on Quantum Technology for Defence and Security* bildades. Sverige och FOI kommer vara värd för symposiet. FOI är ordförande i gruppen och deltar i programkommittén. Gruppen startar sitt arbete under 2025.

Initiativet, *Transatlantic Quantum Community* (TQC), inom Nato startades under 2024 för att påskynda införandet av kvantteknologi i operativa system inom alliansen. Initialt startade fyra arbetsspår: Möjliggörande teknik, kvantsensorer, samverkan med privata sektorn samt skydd av alliansens kvantteknologi. I Sveriges delegation ingår representanter från Försvarsmakten, regeringskansliet, universitet och högskola samt FOI.

Samverkan och kommunikation

En mindre delegation från FOI deltog i Wallenberg Centre for Quantum Technology (WACQT) Industrial workshop i Göteborg under mars. Där presenterades bland annat möjligheten för FOI att ha doktorander och postdoktorer vid WACQT.

FOI deltog i International Workshop on Quantum Technology Collaboration anordnat av US Department of Defence i maj. Vid mötet deltog även Försvarsmaktens forskningschef. Möjliga samarbeten inom kvantberäkningar och kvantsensorer, framför allt Rydberg-sensorer, diskuterades men det är oklart om det kommer leda till några samarbeten.

Vid Quantum Sweden Innovation Platforms (QSIP) årliga konferens i augusti deltog FOI tillsammans med FMV och presenterade kvantteknologi inom försvar och säkerhet.

I november anordnade FOI en temadag i Stockholm med titeln *Kvantteknologier för försvar och säkerhet*. Efter en kortare inledning av FOI:s forskningsdirektör och Försvarsmaktens forskningschef, presenterade FOI sin syn på området. WACQT:s biträdande föreståndare Göran Johansson presenterade deras verksamhet, Försvarsmaktens chefskryptolog Martin Ekerå presenterade deras syn på kvantdatorhotet mot kryptografin och hur detta bör lösas. Vetenskapsrådets forskningssekreterare Tomas Andersson presenterade deras förslag till kvantstrategi som de tagit fram på uppdrag av regeringen. Cirka 100 personer från myndigheter, universitet och högskolor, institut samt företag deltog.

I december genomfördes ett kortare seminarium för att informera FOI:s medarbetare om status och möjligheter med kvantdatorer.

Kunskap från arbetet har överförs till annan verksamhet t.ex. stöd till Försvarsmaktens perspektivplansarbete, stöd till FMV inom Militärt Innovationsprogram och stöd till Utrikesdepartementet om exportkontroll av framväxande teknologier [4].

Slutsatser och fortsatt inriktning

Första årets arbete har kommit fram till att kvantsensorer är det mognaste området och närmast relevanta tillämpningar inom försvar och säkerhet. De sensorer som FOI bedömer som de mest militärt intressanta är sensorer för Positionering, Navigering och Tid (PNT) samt elektromagnetiska (EM) sensorer.

Även kvantberäkningar med militär nytta kommer troligen att vara möjliga med kvantdatorer inom en över-skådlig framtid.

Under 2025 fokuseras arbetet inom dessa mest lovande tekniker. Inom PNT-sensorer kommer FOI att simulera möjligheter och begränsningar med kvantmagnetometrar för navigering. Inom EM sensorer kommer FOI påbörja en uppbyggnad av experimentell infrastruktur för EM-sensorer i telekrigstillämpningar. Inom algoritmer och simuleringar planerar FOI att samverka med WACQT genom ett postdoktor-projekt tillsammans med Chalmers som studerar kvantalgoritmer för militära tillämpningar.

Vid sidan av fokusområdena kommer FOI att fortsätta kartlägga och bevaka övriga kvanttekniker och deras tillämpningar, även sådana som bedöms ligga längre fram i tiden.

Referenser

1. Teknisk prognos Rapport Nr 1 2023, Tema Kvant, FMV dokumentbeteckning: 22FMV1402-25, https://www.fmv.se/globalassets/dokument/om-fmv/teknisk-prognos-nr-1_20232.pdf (besökt 2025-09-02)
2. French Cybersecurity Agency (ANSSI), Federal Office for Information Security (BSI), Netherlands National Communications Security Agency (NLNCSA) and Swedish National Communications Security Authority, Swedish Armed Forces, "Position Paper on Quantum Key Distribution," <https://www.forsvarsmakten.se/contentassets/f7199ed1b90f41529b76970bdb5fcec/position-paper-on-quantum-key-distribution.pdf> (besökt 2025-09-02).
3. Charlotta Bengtson, Johan Nilsson och Petros Souvatzis, "Kvantalgoritmer för försvarstillämpningar: Årsrapport för verksamhetsåret 2024", FOI-D--1400--SE, 2025.
4. Per Andersson m.fl., "Framväxande och omvälvande teknologier i global handel - En studie från ett exportkontrollperspektiv" FOI-R--5665--SE, 2024.

Kontaktinformation

Programansvarig Kvantteknologier: Per Jonsson, per.jonsson@foi.se, Avdelningen för Telekrig.