

ANEXĂ

Strategia națională în domeniul tehnologiilor cuantice pentru perioada 2024-2029

O strategie construită pe consultare

Lista acronimelor

- CEN** – Comitetul European de Standardizare
- CENELEC** – Comitetul European de Standardizare în Electrotehnica
- COCC** – Comitetului operativ de competențe cuantice
- DIANA** – Acceleratorul de inovare în apărare pentru Atlanticul de Nord
- DigiQ** – *Digital Enhanced Quantum Technology Master*
- EDT** – Tehnologii disruptive
- ESA** – Agenția Spațială Europeană
- ETSI** – Institutul European de Standardizare în Telecomunicații
- EURAMET** – Asociația Europeană a Institutelor de Metrologie
- EuroHPC** – Calcul de Înaltă Performanță European
- EuroQCI** – Infrastructura Europeană de Comunicații Cuantice
- EuroQCS** – Infrastructura pan-europeană în domeniul calculului și simulării cuantice
- HPC** – Calculul de înaltă performanță
- IoT** – *Internet of Things/ Internetul Lucrurilor*
- IPCEI ME/CT** – Proiect de interes european în domeniul microelectronicii și a tehnologiilor de comunicație
- ITU** – Uniunea Internațională a Telecomunicații
- NATO** – Organizația Tratatului Atlanticului de Nord
- NIST** – Institutul Național de Standarde și Tehnologie din SUA
- NIF** – Fondul de Inovare al NATO
- QIC** – *Quantum Innovation Center*
- QT Flagship** – *Quantum Technologies Flagship*
- QT Industry Consortium** – *European Quantum Industry Consortium / Consorțiul European al Industriei Cuantice*
- QTIndu** – *Quantum Technology Courses for Industry*
- QuantERA** – ERA-NET Cofund *Quantum Technologies*
- QuIC** – Consorțiul Industriei Cuantice
- SNAOPSN** – Sistemul Național de Apărare, Ordine Publică și Siguranță Națională
- SPS** – Programul NATO Știință pentru Pace și Securitate
- UE Chips Act** – Actul European al Cipurilor
- US Chips and Science Act** – Actul SUA privind Cipurile și Știința

Cuprins

1. Introducere.....	4
2. Viziune	5
3. Prioritățile, politicile și cadrul legal existente.....	6
4. Analiza contextului și definirea problemelor	9
Tehnologiile cuantice la nivel global	12
Tehnologiile cuantice la nivelul Uniunii Europene.....	13
Tehnologiile cuantice la nivelul Alianței Nord-Atlantice (NATO).....	14
Tehnologiile cuantice în România.....	16
Oportunități și provocări	18
5. Obiective generale, obiective specifice și direcții de acțiune.....	19
OBIECTIV GENERAL 1: Asigurarea resurselor necesare pentru dezvoltarea domeniului tehnologiilor cuantice.....	20
Obiectiv Specific 1.1: Consolidarea cercetării și inovării în domeniul tehnologiilor cuantice	20
Obiectiv Specific 1.2: Crearea/accesul la o infrastructură cuantică esențială	22
Obiectiv Specific 1.3: Atragerea, formarea și retenția eficientă a resursei umane calificată în domeniul cuantic	24
OBIECTIV GENERAL 2: Dezvoltarea industriei naționale în domeniul cuantic	26
Obiectiv Specific 2.1: Consolidarea industriei software ca pilon de dezvoltare la nivel național în domeniul tehnologiilor cuantice	26
Obiectiv Specific 2.2: Asigurarea standardelor de securitate cibernetică în domeniul tehnologiilor cuantice	27
OBIECTIV GENERAL 3: Consolidarea poziției României în arhitectura internațională a domeniului cuantic.....	28
Obiectiv Specific 3.1: Dezvoltarea unui ecosistem cuantic etic și inclusiv	28
Obiectiv Specific 3.2: Asigurarea cooperării internaționale	30
6.Rezultate așteptate	31
7. Indicatori.....	31
8. Etape principale, monitorizare, evaluare și instituții responsabile.....	31

9. Implicații bugetare și surse de finanțare	33
10. Implicații asupra cadrului juridic	33
Anexa nr. 1 la Strategie - Plan de acțiune al Strategiei naționale în domeniul tehnologiilor cuantice pentru perioada 2024-2029.....	34
Anexa nr. 2 la Strategie - Nomenclatorul indicatorilor Strategiei naționale în domeniul tehnologiilor cuantice pentru perioada 2024-2029.....	52

1. Introducere

Prezenta strategie descrie modul în care România poate valorifica oportunitățile oferite de tehnologiile cuantice. Dezideratul României în domeniul tehnologiilor cuantice nu va putea fi realizată lucrând unilateral – fiecare parte a ecosistemului cuantic trebuie să acționeze în vederea atingerii unui scop comun – cooperarea dintre instituțiile publice, entitățile private și mediul academic reprezentând o condiție esențială pentru îndeplinirea obiectivelor. Guvernul României va conduce implementarea strategiei, alături de alți parteneri, care vor coordona unele acțiuni și inițiative. Strategia valorifică punctele forte ale industriei, afacerilor, universităților și partenerilor internaționali pentru ca România să atingă dezideratul oportunității oferite de domeniul tehnologiilor cuantice.

În următorii zece ani, tehnologiile cuantice vor revoluționa multe aspecte ale vieții și vor aduce la nivel global beneficii enorme economiei, societății și modului în care ne putem proteja planeta. Dezvoltarea în domeniul cuantic trebuie să reprezinte una dintre prioritățile de vîrf pentru guvern, axată pe stabilirea unui plan pentru următoarea perioadă, care să se bazeze pe rezultatele obținute până în prezent, dar mai ales pe valorificarea potențialului de inovare în domeniul acestor tehnologii.

Tehnologiile cuantice se bazează pe analiza fenomenelor care se produc la nivel atomic, oferind în viitorul apropiat soluții la probleme complexe care în prezent sunt imposibil de rezolvat chiar și cu cel mai puternic sistem informatic clasic de înaltă performanță, creând premisele atingerii unor frontiere complet noi în detecție, sincronizare, imagistică și comunicații.

Astăzi, tehnologiile cuantice de a doua generație fac posibilă realizarea unor progrese cu totul noi, bazate pe capacitatea de a genera, detecta și controla stări cuantice. Ne aflăm în pragul unui nou val de inovații, care va oferi o schimbare treptată a performanței, de la o creștere fără precedent a puterii de calcul, la senzori extrem de precisi și comunicații îmbunătățite. De exemplu, tehnologia cuantică ar putea ajuta la dezvoltarea de noi baterii auto, medicamente, materiale, rețele de comunicații, senzori și progrese în inteligență artificială, precum și produse cu dublă utilizare. Puterea de calcul a computerelor cuantice ar putea conduce, într-un viitor apropiat, la spargerea criptării standard pe care o utilizăm astăzi în infrastructura noastră critică. Avantajele pe care le vor oferi aceste tehnologii cuantice, alături de inteligență artificială, calculul de înaltă performanță (HPC) și o suță mai largă de tehnologii, vor transforma modul în care interacționăm cu lumea. Astfel de tehnologii au potențialul de a crește reziliența, securitatea și apărarea națională, securitatea cibernetică, productivitatea și competitivitatea în multe sectoare critice, precum sănătatea, industria, educația și mediul de afaceri și ajută la abordarea unora dintre cele mai mari provocări cu care ne confruntăm.

Tehnologiile cuantice prezintă, de asemenea, potențiale provocări, precum cele generate de capacitatea de a rezolva rapid problemele criptografice pe care se bazează algoritmii utilizați în prezent pentru securizarea datelor.

Tehnologiile cuantice, în special prin convergența lor cu alte tehnologii emergente și disruptive (EDT-uri) pot avea impact definitiv asupra paradigmelor de securitate, având consecințe în sfera militară și geostrategică. Tehnologiile cuantice au implicații în revoluționarea unor domenii precum detectarea, imagistica, poziționarea precisă, navigarea și sincronizarea, comunicațiile, calculul, modelarea, simularea și știința informației, care pot fi utilizate în dublu sens, atât pentru obținerea unui avantaj strategic, cât și în vederea susținerii – de către adversari și competitori strategici – unor activități ostile intereselor României. Potențialul tehnologiilor cuantice este, prin urmare, subscris competiției strategice globale, cu implicații majore în plan geopolitic. Este necesară racordarea și participarea activă la eforturile internaționale și euro-atlantice privind dezvoltarea și utilizarea acestor tehnologii, precum și monitorizarea constantă a evoluțiilor la nivel regional și internațional.

Efortul cuantic global de cercetare și inovare în științele și tehnologia cuantice este în continuă creștere, cu investiții actuale la nivel mondial care depășesc 36 miliarde de dolari. Se preconizează că piața mondială a tehnologiei cuantice va ajunge la 42,4 miliarde de dolari până în 2027. În timp ce sectorul privat a făcut investiții semnificative în tehnologii cuantice, cercetarea academică joacă un rol indispensabil în cercetarea fundamentală și în transferul tehnologic către hub-uri tehnologice internaționale.

2. Viziune

România își propune să devină un centru regional de excelență în dezvoltarea de aplicații pentru tehnologii cuantice

În acest context, se identifică un potențial semnificativ de dezvoltare economică și de creștere a cunoștințelor științifice. Prin promovarea cercetării și dezvoltării în domeniul tehnologiilor cuantice, România va deveni un centru regional de excelență, atrăgând investiții și creând oportunități pentru tinerii cercetători. România are potențialul de a deveni unul dintre liderii la nivel mondial în cercetare, dezvoltare și scriere de aplicații pentru tehnologiile cuantice, mai ales prin valorificarea resursei umane consolidate în domeniul IT&C, pretabilă pentru reconversia către domeniul cuantic.

Viziunea include colaborarea strânsă atât la nivel național, între instituții publice, entități private și mediul guvernamental, cât și la nivel internațional, pentru a accelera progresul în acest domeniu și pentru a construi soluții și aplicații inovatoare în comun. Se are în vedere aducerea tehnologiilor cuantice la nivelul de aplicabilitate și contribuția la dezvoltarea unei lumi mai bine conectate și mai sigure prin intermediul acestor tehnologii revoluționare.

3. Prioritățile, politicile și cadrul legal existente

Strategia a fost elaborată ținând cont de politicile, strategiile și inițiativele în domeniul tehnologiilor cuantice adoptate la nivel internațional. Astfel, strategia propune racordarea și participarea activă la eforturile internaționale și euro-atlantice privind dezvoltarea și utilizarea acestor tehnologii, precum și pentru monitorizarea constantă a evoluțiilor la nivel regional și internațional. În acest sens, un accent deosebit va fi pus pe alinierea la inițiativele de cooperare, la cadrul normativ și principal existent la nivelul UE (cum ar fi initiative prevăzute în Regulamentul (UE) 2024/795 al Parlamentului European și al Consiliului din 29 februarie 2024 de instituire a platformei „Tehnologii strategice pentru Europa” (STEP) și de modificare a Directivei 2003/87/CE și a Regulamentelor (UE) nr. 2021/1058, (UE) nr. 2021/1056, (UE) nr. 2021/1057, (UE) nr. 1303/2013, (UE) nr. 223/2014, (UE) nr. 2021/1060, (UE) nr. 2021/523, (UE) nr. 2021/695, (UE) nr. 2021/697 și (UE) nr. 2021/241) și la nivelul NATO.

De asemenea, strategia creaază premisele utilizării eficiente și eficace a fondurilor aferente programelor din cadrul Politicii de Coeziune a UE, în consens cu principiile și obiectivele Politicii.

Dezvoltarea unui ecosistem cuantic

Creșterea gradului de conștientizare și punerea la un loc a principalelor părți implicate sunt esențiale pentru dezvoltarea unui ecosistem cuantic dinamic. Existența unui ecosistem divers este esențială pentru a atrage întregul potențial al tehnologiilor cuantice. Pe lângă entitățile angajate direct în tehnologia cuantică, ecosistemul cuantic necesită prezența tehnologiilor emergente, care sunt capabile să contribuie la producția de dispozitive și componente de bază. Chiar dacă fiecare domeniu din ecosistemului cuantic are propriile componente și caracteristici, există mai multe componente cheie și strategii care se aplică tuturor. Cercetarea academică continuă să joace un rol-cheie, atât în ceea ce privește contribuția noilor cunoștințe și tehnologii, cât și ca punct în care are loc transferul acestor cunoștințe către industrie. Menținerea unei comunități de cercetare de top va asigura că cele mai recente evoluții științifice își croiesc drum în ecosistemul național în cel mai scurt timp posibil. Inovarea din industrie adusă de *hub-urile* tehnologice combinată cu o forță de muncă cu înaltă calificare, alături de conștientizarea generală la nivel de masă, determină eficiența ecosistemului cuantic.

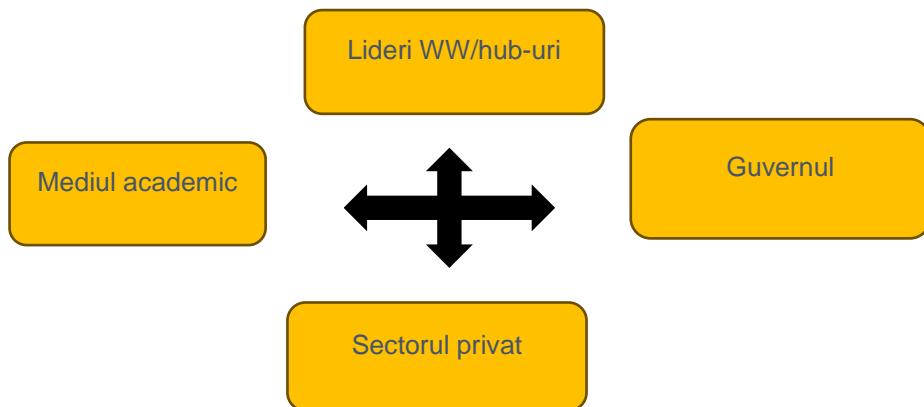


Figura 1 Componentele unui ecosistem cuantic

Inovarea în industrie

Industria transformă inovațiile în produse care pot stimula creșterea economică și pot aduce un impact major la nivel social. Scopul principal este de a permite industriei naționale și regionale să adopte tehnologiile cuantice în soluțiile și produsele dezvoltate pentru o creștere economică înaintea concurenței. Creșterea gradului de conștientizare a inovării în industrie este esențială pentru dezvoltarea ecosistemului dinamic de inovare care va pune România pe harta tehnologiilor cuantice emergente.

Investițiile în proiecte de infrastructură cuantică (*calcul cuantic, rețele cuantice, senzori cuantici, criptografie cuantică*) accesibile entităților din România vor oferi oportunități de inovare, stimulând în mod semnificativ ecosistemul cuantic național.

Educație și formare

Pentru a deveni o forță motrice în scena tehnologiilor cuantice, România are nevoie de forță de muncă specializată în domeniul cuantic și de o societate bine informată. Forța de muncă este formată atât din utilizatorii, cât și din dezvoltatorii de tehnologii cuantice, iar specializarea acestora diferă în funcție de zonele strategice de aplicare. În învățământul superior, programele de studiu specializate pe tehnologii cuantice, precum și cursuri speciale disponibile pentru studenți în alte domenii, sunt necesare pentru a oferi o ofertă fiabilă de forță de muncă calificată care să opereze cunoștințe în domeniul cuantic. Programele comune inițiate de universitățile din România și participarea la cooperarea internațională reprezintă o cale esențială de a oferi un spectru larg de oportunități de educație. Evenimente comunitare, cum ar fi *hackathons* și ateliere de lucru, vor asigura conștientizarea publicului larg cu privire la tehnologiile cuantice.

Se pot implementa programe de *upskill* sau *reskill* pentru convertirea rapidă a talentelor deja existente pe piața de muncă pentru a fi pregătiți să facă trecerea de la

tehnologiile tradiționale la cele cuantice. Scopul principal este de a dezvolta noi concepe pentru creșterea gradului de conștientizare a forței de muncă, dar și a mediului de afaceri.

Cercetare și dezvoltare

Prin promovarea cercetării și dezvoltării în domeniul tehnologiilor cuantice, România va deveni un centru regional de excelență, atrăgând investiții și creând oportunități pentru tinerii cercetători. Romania are potențialul de a deveni unul dintre liderii la nivel mondial în cercetare, dezvoltare și scriere de aplicații pentru tehnologiile cuantice.

Tehnologiile cuantice sunt abordate în cadrul obiectivului specific 1.5 *Conecțarea activităților de cercetare și inovare cu provocările societale –Agenda Strategică de Cercetare* din cadrul Strategiei Naționale de Cercetare, Inovare și Specializare Intelligentă 2022-2027 (SNCISI). Acestea reprezintă una dintre prioritățile din domeniul „Digitalizare, industrie și spațiu”, având potențialul de a produce efecte de antrenare în economie. De asemenea, aceste tehnologii se încadrează în domeniile naționale de specializare intelligentă, reprezentând o componentă cheie a SNCISI, cu o capacitate ridicată de a stimula creșterea economică și crearea de locuri de muncă.

În vederea dezvoltării unui ecosistem cuantic robust și sustenabil, este necesară inclusiv corelarea cercetării, dezvoltării și inovării în domeniu cu strategiile regionale de specializare intelligentă, mai ales în cazul regiunilor cu potențial sporit (București-Ialomița și Nord-Vest).

Astfel, atât la nivel național, cât și regional, trebuie realizată ralierea actorilor implicați în cercetarea, dezvoltarea și inovarea ecosistemului cuantic la demersurile asociate specializării inteligente, tehnologiile emergente fiind considerate elemente strategice pentru competitivitatea științifică și industrială a României în cadrul viitoarelor exerciții periodice de dezvoltare antreprenorială. Subsumat acestor demersuri, România beneficiază de linii de finanțare disponibile la nivel național (PNCDI IV, PNRR, POEO 2022-2027, POTJ) și internațional (Programul Orizont Europa, Programele de Cooperare Interregională și Transfrontaliere, Erasmus+, Invest EU, etc.).

Viziunea include colaborarea strânsă atât la nivel național, între instituții publice, entități private, mediul academic și cel guvernamental, cât și la nivel internațional, pentru a accelera progresul în acest domeniu și pentru a construi soluții inovatoare în comun, care să cuprindă o arie extinsă de aplicabilitate.

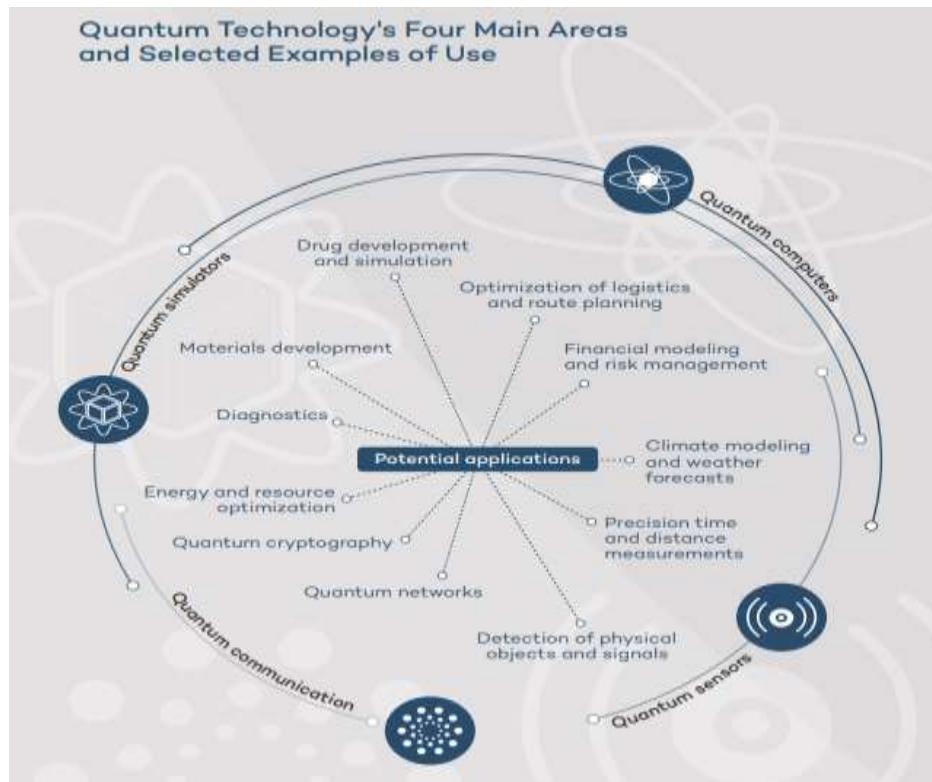


Figura 2 Principalele patru arii ale tehnologiilor cuantice, exemplificate

4. Analiza contextului și definirea problemelor

Tehnologiile cuantice au potențialul de a crea o industrie strategică, care captează valoare prin schimbarea modului de desfășurare a activității în toate industriile, de exemplu: descoperirea medicamentelor, proiectarea bateriilor de generație următoare, analiza coroziunii, analiza structurală a autovehiculelor, designul de materiale noi, conversia solară, catalizatori, proiectare enzimatică, detectarea fraudei, investigații cibernetice, clasament și clasificare parțială, durabilitate, managementul de trafic, optimizarea rutelor de zbor, gestionarea riscurilor, optimizarea portofoliului și optimizarea rețelei de energie. În esență, cantitatea reprezintă o „industria a industriilor”, prin adăugarea de valoare industriilor deja stabilite.

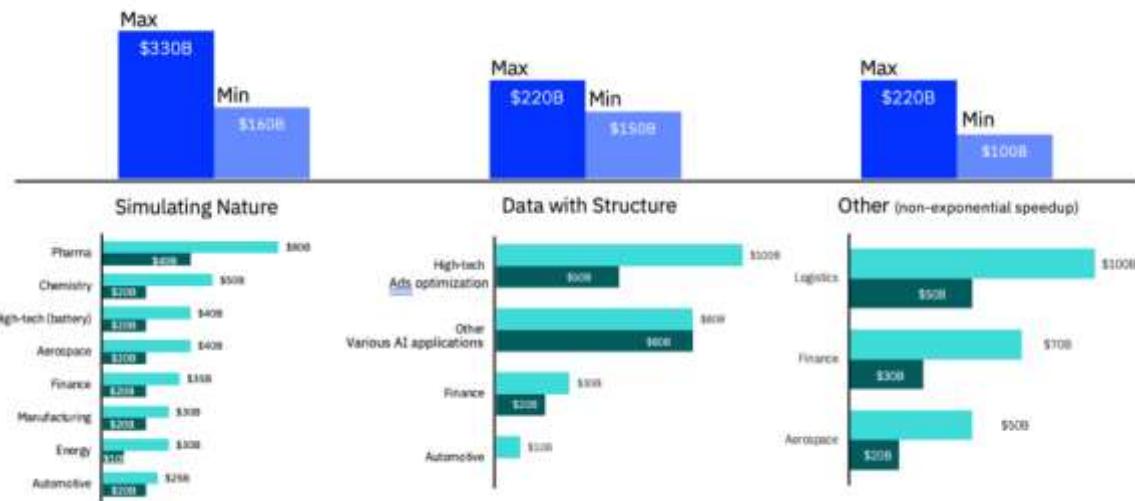


Figura 3 Zonele în care calculul cuantic poate oferi un avantaj computațional

Tehnologiile și materialele cuantice vor fi utilizate în diferite sectoare și vor modela multe domenii ale economiei noastre. Acestea pot aduce beneficii economice, de productivitate, sociale și de mediu semnificative.

Timpul de a acționa este acum, pe toate fronturile: cercetare, găsire/formare de talente, comercializare, internaționalizare și securitate.

Există patru domenii tehnologice cuantice, egale ca importanță:

- **calculul cuantic**: zona de bază pentru dezvoltarea noilor algoritmi, ce va avea o creștere exponențială;
- **comunicațiile cuantice**: utilizarea fizicii cuantice în comunicații;
- **detectie cuantică și metrologie**: strategia pentru dezvoltarea senzorilor cuantici;
- **criptografie quantum-safe/post cuantică**: acest tip de criptare are legătură tangențială cu conceptul de calculator cuantic, implică algoritmi de criptare eficienți (Shor și Grover), care împiedică decriptarea cheilor simetrice sau asimetrice folosite în prezent.

Calcul cuantic

Computerele cuantice se bazează pe qbiți –biți cuantici – și sunt capabile să ruleze algoritmi într-un mod radical diferit de computerele convenționale. Această putere de calcul este deja disponibilă și a permis soluționarea anumitor probleme care nu au putut fi rezolvate altfel (ex. simularea moleculei de cofeină). Algoritmii cuantici, care îi depășesc pe echivalenții convenționali, au fost dezvoltăți pentru mai multe domenii, inclusiv calculul proprietăților materialelor și substanțelor chimice sau recunoașterea modelului matematic. Una dintre aplicabilitățile critice ale computerelor cuantice este descompunerea în factori primi a numerelor mari, ceea ce poziționează computerele cuantice ca o amenințare enormă la adresa standardelor de criptare utilizate în prezent.

Comunicații cuantice, criptografie post cuantică

Rețelele cuantice facilitează schimbul de resurse cuantice care permit comunicarea prin mijloace neconvenționale. Rețelele cuantice folosesc stări cuantice bazate pe fotoni care sunt compatibile cu infrastructura digitală actuală. Soluțiile existente pe piață pot fi utilizate pentru o comunicare securizată, folosind standardul punct-la-punct al datelor în format digital, de exemplu, în înregistrări de sănătate, tranzacții financiare sau alte informații de importanță strategică. Tehnologia va fi dezvoltată în continuare pentru a oferi o rețea cuantică diversă și multifuncțională – un nou model de internet cuantic format din noduri cuantice conectate reciproc (de exemplu, computere și senzori), care permit protocoale avansate, securizate și transmiterea securizată a semnăturilor, concomitent cu identificarea tuturor partenerilor de comunicare.

Puterea de calcul a computerelor cuantice ar putea conduce, într-un viitor apropiat, la spargerea criptării standard pe care o utilizăm astăzi în infrastructura noastră critică. Astfel, dezvoltarea unor sisteme criptografice sigure atât împotriva computerelor cuantice, cât și a celor clasice și care pot interopera cu protocoalele și rețelele de comunicații existente, reprezintă un imperativ în dezvoltarea instrumentarului ce va permite României să se protejeze împotriva riscurilor generate de caracterul de dublă utilizare al tehnologiilor cuantice. Totodată, soluția adoptată la nivelul altor state de creare a unui index de referință pentru aplicațiile care utilizează criptarea în prezent poate reprezenta un pilon cheie al înlocuirii sau modernizării aplicațiilor, odată ce strategiile de implementare a criptografiei post-cuantice au atins un nivel avansat de maturitate.

Detectie cuantică și metrologie

Senzorii cuantici vor oferi cele mai precise măsurători în multe domenii, crescând performanța dispozitivelor și serviciilor aferente, de la diagnosticarea și imagistica medicală, navigația satelitară de înaltă precizie, observarea și monitorizarea pământului, la viitoare aplicații IoT. Măsurarea cuantică utilizează tehnologii cuantice pentru a realiza tehnici și standarde de măsurare extrem de reproductibile și universale în cadrul Sistemului International de unități (de ex. măsurători de timp sau electrice), cu un impact mare asupra industriei, economiei și asupra societății în general (competitivitatea industriei, comerțul echitabil, securitatea consumatorilor).

Exploatarea senzorilor cuantici va îmbunătăți, de asemenea, performanța sistemelor de imagistică în ceea ce privește rezoluția, sensibilitatea, zgomotul și extinderea gamei de aplicabilitate. Aceștia au o gamă largă de potențiale aplicații, cum ar fi științele vieții, asistența medicală, științele pământului, apărarea, științele mediului, chimia și stocarea și prelucrarea datelor.

Tehnologiile cuantice la nivel global

Tehnologiile cuantice, în special prin convergența lor cu alte tehnologii emergente, pot avea impact definitiv asupra paradigmăi securității la nivel global, iar potențialul lor de dezvoltare este subscris competiției strategice globale, cu implicații majore în plan geopolitic.

În contextul global al tehnologiei cuantice, rolul cel mai proeminent este jucat, fără îndoială, de Statele Unite ale Americii și Republica Populară Chineză, care dețin cele mai avansate tehnologii. La nivelul UE și al altor state cu viziuni similare se distinge nevoia urgentării adoptării unor astfel de tehnologii la scară largă și reducerii decalajului.

În viziunea SUA, emergența tehnologiilor cuantice constituie o evoluție transformațională, iar dezvoltarea și implementarea acestor tehnologii poate produce efecte la nivelul sistemului internațional, în ansamblul său. Subiectul este abordat în principalele documente strategice ale SUA, precum Strategia de Securitate Națională, Strategia de Apărare Națională a SUA, iar Strategia Națională de Securitate Cibernetică include, sub forma unui obiectiv strategic, „pregătirea pentru viitorul post-cuantic”.

SUA deține o expertiză deosebită de robustă în dezvoltarea cadrului normativ, instituțional, investițional și de cercetare în domeniul, a emis două strategii federale¹, sub îndrumarea Casei Albe, pe tema dezvoltării în plan național a tehnologiilor cuantice, iar Congresul american a adoptat un act normativ în domeniul: *National Quantum Initiative Act* care stabilește cadrul juridic aplicabil la nivel național proceselor de cercetare-dezvoltare în domeniul tehnologiilor *quantum*.

SUA vizează atât consolidarea capacității naționale de cercetare-dezvoltare și producție a tehnologiilor cuantice, dar și cooperarea cu aliații și partenerii, pentru consolidarea propriei competitivități, fiind esențială protejarea cadrului de valori aferent primatului Euro-Atlantic în dezvoltarea tehnologică. Este prioritizată și cooperarea cu UE, inclusiv prin intermediul formatului *Trade and Technology Council*, în cadrul căruia a fost inclus un *Task-force* comun UE-SUA privind cooperarea științifică și tehnologică în domeniul tehnologiilor cuantice.

Considerăm că tendința de a stabili inițiative la scară largă – tehnologia cuantică va fi inclusă atât în *US CHIPS and Science Act*, cât și în *UE Chips Act* - în care atât părțile interesate private, cât și cele publice analizează relevanța fizicii cuantice pentru tehnologiile viitoare, conducând în mod natural la apariția inițiativelor de investiții mari.

Din perspectivă națională, interesul României este ca evoluțiile din domeniul tehnologiilor cuantice să aibă ca rezultat consolidarea cooperării euro-atlantice și a capacității tehnologice a comunității de valori din care România face parte.

¹ Rapoartele *Advancing Quantum Information Science: National Challenges and Opportunities* (iulie 2016), respectiv *National Strategic Overview for Quantum Information Science* (septembrie 2018) au identificat și strucutrat prioritățile federale în domeniu.

Tehnologiile cuantice la nivelul Uniunii Europene

La nivelul spațiului european a fost inițiat, în 2018, proiectul *QT Flagship*, cu un buget total de peste 1 miliard de euro. Obiectivul principal este de a oferi o serie de instrumente de finanțare pentru inițiative care sprijină atât cercetarea fundamentală, cât și cea aplicată, acoperind spectrul complet al tehnologiilor cuantice: calcul cuantic, simulare cuantică, respectiv detectie și metrologie cuantică. Au fost elaborate documente strategice în domeniul cercetării-inovării și industriei și lansate inițiative, precum *QT Education* (QTedu) și *QT Industry Consortium* (QuIC). Instrumentele care se concentrează pe aspecte mai aplicate ale tehnologiei cuantice includ EuroQCI (infrastructura de comunicații cuantice, dedicată în special protecției datelor și informațiilor sensibile, protecției infrastructurilor critice, precum și activităților de cercetare-inovare - inițiativă recent incorporată în Programul IRISS2), EuroHPC (care se axează pe toate aspectele calculului de înaltă performanță, precum și pe calculele cuantice și hibride cu performanțe ridicate) și QuantERA (focalizată pe aspecte fundamentale și aplicate).

În cadrul Programului Europa Digitală al Comisiei Europene au fost lansate și finanțate două inițiative în vederea specializării forței de muncă, vitală dezvoltării tehnologiilor cuantice: DigiQ (*Digital Enhanced Quantum Technology Master*) și QTIndu (*Quantum Technology Courses for Industry*).

În plus, UE a lansat programul IRISS2, care, din 2023 până în 2027, va stabili un sistem de comunicații prin satelit securizat în UE, în cooperare cu Agenția Spațială Europeană (ESA).

În Europa, *QT Flagship* joacă un rol central și are ca misiune aducerea pe piață a tehnologiilor cuantice dintr-un mediu de laborator, consolidându-și rolul de lider al științei europene în cercetarea din acest domeniu. *QT Flagship*, care face parte din *Horizon Europe*, acționează în sinergie strânsă cu EuroQCI și EuroHPC, menționate mai sus. În plus, sunt încheiate acorduri regionale între state, un exemplu fiind un acord semnat recent de guvernele olandez, francez și german, care vizează consolidarea colaborării lor pe teren.

Actul European al Cipurilor vizează dezvoltarea capacităților din domeniul tehnologiilor și al ingineriei, în vederea dezvoltării unor linii pilot și accelerarea integrării proiectării și fabricării cipurilor cuantice în procesele de producție în masă ale industriei în domeniul microelectronicelor.

Recent, a fost inițiat procesul de dezvoltare al EuroQCS – infrastructura pan-europeană în domeniul calculului și simulării cuantice. Sub auspiciile EURAMET, un grup de institute naționale de metrologie europene a condus la crearea unei rețele de colaborare în domeniul tehnologiilor cuantice.

În cadrul CEN-CENELEC, eforturile de standardizare cuprind comunicațiile cuantice, criptografia și sistemele cuantice, calculul cuantic și sistemele de simulare cuantică,

metrologia cuantică, detecția și imagistica cuantică, cu obiectivul de a impulsiona inovarea și transferul rezultatelor de cercetare-dezvoltare pe piață.

Cu toate acestea, cooperarea internațională în domeniul cercetării implică riscul ca cercetările și tehnologia să ajungă în mâinile unor state care nu împărtășesc valorile europene și euro-atlantice, la fel cum strategiile naționale ale unor state care nu împărtășesc sistemul de valori democratice – cu o graniță neclară între cercetarea militară și cea civilă – vor crește riscul utilizării tehnologiei în detrimentul securității României.

Mediile de cercetare românești trebuie să construiască și să participe la rețele internaționale puternice. De asemenea, cercetătorii și companiile românești trebuie să poată intra în cooperări de proiect cu un cerc limitat de națiuni avansate în ceea ce privește cercetarea cuantică. Acest lucru poate fi realizat cu state *like-minded* la nivel global, prin intermediul cererilor bilaterale și multilaterale de propuneri în cadrul, de exemplu, EUREKA2.

România a semnat Declarația europeană privind tehnologiile cuantice. Prin aceasta, statele membre semnatare au recunoscut importanța strategică a tehnologiilor cuantice pentru competitivitatea științifică și industrială a UE și s-a angajat să colaboreze pentru dezvoltarea unui ecosistem de tehnologie cuantică de clasă mondială în întreaga Europă.

Țările UE care investesc masiv în tehnologii cuantice au strategii cuantice implementate la nivel național. Similar, România trebuie să își dezvolte strategii și capacitați în acest domeniu.

Tehnologiile cuantice la nivelul Alianței Nord-Atlantice (NATO)

Strategia NATO în domeniul tehnologiilor cuantice

Parte a eforturilor de a-și menține avansul tehnologic, Alianța Nord-Atlantică (NATO) a adoptat în noiembrie 2023 prima sa Strategie în domeniul tehnologiilor cuantice. Progresele actuale în domeniul tehnologiilor cuantice – subsumat la nivelul NATO celor șapte domenii tehnologice emergente și disruptive (alături de Inteligența Artificială, date și calcul, autonomie, biotehnologie și augmentare umană, tehnologii hipersonice și spațiu) – pot avea implicații profunde asupra securității și apărării, atât prin revoluționarea unor capabilități care ar putea constitui un avantaj strategic semnificativ, cât și prin posibila utilizare disruptivă de către competitorii strategici și potențialii adversari. În consecință, tehnologiile cuantice sunt considerate un element al concurenței strategice.

NATO își propune să devină principalul forum transatlantic pentru dezvoltarea tehnologiilor cuantice în domeniile apărării și securității prin sprijinirea dezvoltării continue și valorificarea potențialului acestora, asigurând, totodată, apărarea împotriva utilizării ostile a acestora. În dezvoltarea tehnologiilor cuantice, Alianța are în vedere respectarea principiilor inovării responsabile, fiind concomitent vizată și combaterea dezinformării de către potențialii competitori strategici și adversari cu privire la utilizarea tehnologiilor cuantice în domeniul apărării.

Prin implementarea acestei strategii, NATO are în vedere: identificarea celor mai promițătoare aplicații, experimente și integrări ale tehnologiilor cuantice în domeniul militar și cu dublă utilizare care îndeplinesc cerințele de planificare a apărării și de dezvoltare a capabilităților; identificarea și adoptarea unor standarde tehnice pentru creșterea interoperabilității; consolidarea cooperării la nivel de Alianță pentru dezvoltarea tehnologiilor cuantice în vederea menținerii abilităților și avantajului tehnologic al NATO; asigurarea convergenței cu alte tehnologii emergente; transformarea sistemelor criptografice pentru adaptarea la evoluțiile tehnologiilor cuantice; adaptarea în mod dinamic a strategiilor și planurilor de acțiune din domeniul cuantic, precum și prevenirea investițiilor ostile și a interferențelor în ecosistemele naționale, inclusiv în lanțurile naționale de aprovizionare. În acest scop, sunt considerate necesare coerenta investițiilor, cooperarea pe tema oportunităților de dezvoltare tehnologică, dezvoltarea și protecția resursei umane specializate, precum și o mai bună conștientizare situațională și un schimb de informații intensificat între aliați. Totodată, este avută în vedere dezvoltarea și implementarea tehnologiilor critice care stau la baza celor cuantice, precum și asigurarea descurajării și protecției sistemelor aliate împotriva unor posibile atacuri. Strategia sprijină stimularea și ghidarea cooperării Alianței cu industria de apărare pentru dezvoltarea unui ecosistem transatlantic de tehnologii cuantice, pregătind organizația să se apere împotriva utilizării maligne a tehnologiilor cuantice.

Pentru o abordare coerentă, coordonare și aliniere între aliați, strategia NATO în domeniul tehnologiilor cuantice prevede înființarea unei comunități cuantice transatlantice. Aceasta are ca scop facilitarea, sub egida NATO, a cooperării dintre guverne, industrie și mediul academic din ecosistemele de inovare.

Acceleratorul de inovare în apărare pentru Atlanticul de Nord (DIANA) și Fondul de Inovare al NATO (NIF)

Pe măsura operaționalizării lor, DIANA și NIF vor contribui la sprijinirea abordării strategice a NATO în domeniul cuantic și vor consolida angajamentul NATO cu ecosistemul cuantic al Alianței prin asigurarea de fonduri pentru proiecte de cercetare cu dublă utilizare. DIANA are ca obiectiv stimularea cooperării privind tehnologiile critice, promovarea interoperabilității și valorificarea inovației în domenii cu dublă utilizare, prin oferirea de posibilități de creștere a start-up-urilor în peste 20 de situri de accelerare, acces la peste 180 de centre de testare din întreaga Alianță, programe de mentorat, acces la finanțare. DIANA vizează dezvoltarea de proiecte în domeniul EDT-urilor, inclusiv tehnologiile cuantice. De asemenea, NIF, un fond în valoare de 1 miliard de euro, va investi în start-up-uri care lucrează la dezvoltarea tehnologiilor cu dublă utilizare, inclusiv cele cuantice.

Programul NATO Știință pentru Pace și Securitate (SPS)

SPS reprezintă un instrument NATO care contribuie la dezvoltarea dialogului și cooperării cu state partenere prin finanțarea de proiecte în domeniul științei și inovației, dezvoltate de mediul academic și științific din state ale Alianței și partenere. Pentru a fi eligibile, aceste proiecte trebuie să urmărească sprijinirea obiectivelor fundamentale ale

Alianței și vizează arile de interes prioritari în relația cu partenerii. Prin adoptarea în luna aprilie a anului 2024 a noilor priorități ale SPS, NATO se concentrează pe finanțarea proiectelor privind inovarea și tehnologiile emergente și disruptive, evidențind, în mod specific tehnologiile cuantice. Programul SPS sprijină cooperarea pe baza a trei mecanisme: programe multi-anuale de cercetare, seminarii și cursuri de instruire.

Tehnologiile cuantice în România

Cercetarea academică din România se raliază la tendințele globale, fiind identificată necesitatea suplimentării numărului de publicații de impact, a numărului de cercetători, precum și a numărului de proiecte de cercetare în domeniul tehnologiilor cuantice. Prin Hotărârea Guvernului nr. 1248/2023 pentru modificarea și completarea anexei la Hotărârea Guvernului nr. 1188/2022 privind aprobarea Planului național de cercetare, dezvoltare și inovare 2022-2027, tehnologiile cuantice au fost incluse ca program strategic de cercetare în Planul Național de Cercetare – Dezvoltare și Inovare 2022 – 2027 și s-a creat un instrument de cofinanțare a proiectelor câștigate în programul *Digital Europe*.

Conform celui de-al nouălea Raport privind Coeziunea Economică, Socială și Teritorială de la nivelul Comisiei Europene, România, ca și alte state membre ale Uniunii Europene, se confruntă cu provocări multiple pe termen mediu și lung în ceea ce privește inovația regională și tranzitia digitală, aspecte ce ar putea conduce inclusiv la afectarea domeniului cuantic la nivel național. Astfel, investițiile în cercetare și dezvoltare la nivel național sunt sub media UE, iar accesul la infrastructura digitală avansată este asigurat în mod egal între regiuni cu un nivel diferit de dezvoltare, limitând capacitatea de participare la economia digitală, respectiv inovare în domeniul tehnologiilor cuantice. Pentru a asigura un răspuns rapid și eficient la aceste provocări, este necesar ca actorii relevanți în domeniul cuantic de la nivel național să maximizeze oportunitățile oferite de fondurile specifice Politicii de Coeziune sau de programe de finanțare europene consolidate (precum *Horizon Europe*, *Quantum Flagship*, *European Innovation Council Accelerator*, *Digital Europe Programme*, etc.). Astfel de oportunități joacă un rol esențial în dezvoltarea competențelor digitale și inovative la nivel național, îmbunătățirea infrastructurii digitale existente, stimularea cooperării între universități și industrie (atât la nivel național, cât și internațional) și susținerea financiară a antreprenorilor și inovatorilor în domeniul cuantic. Totodată, accesarea unor astfel de fonduri contribuie decisiv la o mai bună poziționare a României în lanțurile valorice europene din domeniul tehnologiilor disruptive, inclusiv cele cuantice.

În Strategia Națională de Cercetare, Inovare și Specializare Inteligentă 2022-2027, aprobată prin Hotărârea Guvernului nr. 933/2022, tehnologiile cuantice sunt asociate domeniilor intensive de specializare inteligentă care au potențial de a produce efecte de antrenare în economie și societate prin conceperea, realizarea și testarea de modele demonstrative pentru tehnologii noi sau cu îmbunătățiri semnificative, pe întregul traject de la idee la piață. Astfel, având în vedere importanța strategică a tehnologiilor cuantice, în procesele periodice de descoperire antreprenorială de la nivel național și regional, acestea

sunt tratate ca elemente de importanță strategică pentru competitivitatea științifică și industrială a României în lanțurile valorice ale UE sau globale.

În vederea evaluării poziției României în peisajul internațional al tehnologiei cuantice (QT), este necesară efectuarea unei analize SWOT cuprinzătoare asupra domeniului la nivel național. Analiza se concentrează atât pe mediul academic, cât și pe cel al întreprinderilor și vizează evaluarea poziției competitive a României. Scopul este de a obține informații despre situația actuală, ceea ce ne va permite luarea unor decizii în cunoștință de cauză cu privire la acțiunile viitoare.

PUNCTE FORTE	PUNCTE SLABE
Câteva grupuri de cercetare recunoscute internațional; Programele de studiu existente conțin deja o serie de cursuri relevante; Coordonare națională și dialog între sectoare; Un interes puternic în dezvoltarea domeniului (mediul academic, industria, politicul); Conexiuni existente la nivel internațional.	Sub masa critică pentru a atrage/angaja cercetători de top; Activitate întârziată în comparație cu majoritatea celorlalte state; Activitate experimentală limitată și acces restrâns la <i>know-how</i> ; Integrarea actorilor de la nivel național în rețele de cunoaștere și/ sau inițiative internaționale este relativ slabă; Lipsa unei strategii naționale în domeniul tehnologiei cuantice.
OPORTUNITĂȚI	AMENINȚĂRI
Dezvoltarea programelor de studiu la toate nivelurile, pentru a educa „forța de muncă cuantică”; Instrumente de finanțare dedicate pentru a stimula dezvoltarea tehnologiei cuantice; Colaborarea cu industria și ecosistemul de <i>start-up</i> -uri; Resursa umană consolidată în domeniul IT&C cu potențial de reconversie către domeniul cuantic; Dezvoltarea de produse și afaceri noi.	Afectarea competitivității mediului de afaceri și a industriei din România; Lipsa finanțării publice sau reduceri de finanțare; Scăderea interesului pentru această tehnologie, datorată unei dezvoltări mai lente decât se aștepta; Lipsa echipamentelor naționale de calcul cuantic.

Pe baza acestei analize, concluzionăm că cea mai mare amenințare actuală pentru România este riscul ca întreprinderile și industria românească să-și piardă competitivitatea dacă nu participă la progresul global rapid al tehnologiilor cuantice, care au potențialul de a revoluționa domenii precum analiza datelor, dezvoltarea medicamentelor, știința materialelor, senzori și comunicații.

La nivel mondial există în prezent o creștere a cercetării și dezvoltării în domeniu, ceea ce înseamnă că statele și companiile care nu investesc într-un mod structurat se pot regăsi în incapacitatea de a concura cu cele care o fac, deoarece tehnologiile cuantice vor deveni din ce în ce mai utilizate. Consecințele inacțiunii ar putea fi grave: întreprinderile românești se pot strădui să atragă talente de top în domenii legate de tehnologia cuantică și pot găsi dificilă stabilirea de parteneriate cu companii internaționale care au făcut deja investiții semnificative în aceste tehnologii. Acestea ar putea, de asemenea, să rateze beneficiile potențiale pe care le pot oferi tehnologiile cuantice, cum ar fi prelucrarea mai rapidă și mai sigură a datelor și noi căi pentru inovare, creștere și tranziție ecologică.

Pentru a evita materializarea acestui scenariu negativ este esențial ca România să elaboreze un plan clar de investiții în tehnologiile cuantice, pentru a se asigura că mediul privat autohton ramâne ancorat tendonțelor globale, avanseză în clasamentele privind inovația și comunitatea de afaceri globală. Acest plan ar trebui să identifice de ce tehnologiile cuantice sunt importante, cum pot fi folosite pentru a crea valoare și unde ar trebui concentrate investițiile. De asemenea, ar trebui să includă măsuri pentru a construi un ecosistem eficient pentru educația necesară domeniului tehnologiilor cuantice, cercetare și dezvoltare, inclusiv parteneriate între întreprinderi, universități și organizații guvernamentale.

În dezvoltarea capabilităților naționale în domeniul cuantic, România trebuie să exploreze intelligent toate opțiunile de care dispune de o manieră adaptată obiectivelor vizate. Astfel, dezvoltarea și accesibilitatea extinsă a unor simulatoare și modelatoare cuantice este benefică familiarizării cu tehnologiile cuantice și popularizării acestora în medii educaționale cât mai largi, ca metodă de adoptare timpurie.

Pe de altă parte, pentru obținerea de avansuri notabile în domeniu, este necesar accesul la putere de calcul cuantic prin dezvoltarea de parteneriate public-privat și participarea în cadrul unor rețele internaționale cuantice, a căror dezvoltare presupune asumări financiare ce depășesc nivelul de ambiție în plan național.

Oportunități și provocări

Evoluțiile tehnologice creează premisele ca România să beneficieze de avantajele oferite de tehnologiile emergente, precum cele cuantice. Astfel de tehnologii pot oferi României oportunitatea de a:

- dezvolta și valorifica expertiza deținută în domeniu;
- dezvolta avantaj strategic pentru progrese viitoare;

- susține creșterea economică și îmbunătăți productivitatea;
- poziționa România ca destinație regională și internațională pentru talente și investiții cu un ecosistem local puternic.

Pe de altă parte, astfel de tehnologii pot genera provocări la nivel național și internațional în ceea ce privește:

- comercializarea produselor;
- atragerea capitalului pe termen lung;
- accesarea infrastructurii existente pentru pregătirea forței de muncă înalt calificată;
- asigurarea unor specialiști care să sprijine interesul național al României;
- satisfacerea nevoilor de competențe cuantice în creștere ale sectorului.

Pe lângă oportunitățile economice, adoptarea tehnologiilor cuantice trebuie realizată în condiții de siguranță, securitate și cu asigurarea principiilor și valorilor democratice.

Acțiunile strategiei vor valorifica aceste oportunități și vor aborda provocările identificate.

5. Obiective generale, obiective specifice și direcții de acțiune

România are nevoie de o strategie națională privind dezvoltarea și aplicațiile tehnologiilor cuantice.

Scopul strategiei vizează crearea unui ecosistem cuantic eficient, durabil, competitiv la nivel internațional, integrat pe deplin în sistemul european, și menținerea unor legături puternice cu partenerii strategici din afara Europei.

Îmbunătățirea profilului României la nivel internațional în domeniul tehnologiilor cuantice implică stabilirea unor obiective strategice și a unor acțiuni specifice pe palierul cooperării internaționale, pornind de la așezarea pe baze solide a domeniului la nivel național. ARIILE de activitate cuprind angajarea în inițiative de colaborare la nivelul ecosistemului cuantic și comunității transatlantice și la nivel bilateral cu alte state, asigurarea participării la negocierile și evenimentele internaționale, inclusiv cele de la nivelul UE și NATO, contribuția la dezvoltarea standardelor internaționale în domeniul tehnologiilor cuantice, promovarea practicilor etice și a principiilor de utilizare responsabilă în dezvoltarea și utilizarea acestor tehnologii.

OBIECTIV GENERAL 1: Asigurarea resurselor necesare pentru dezvoltarea domeniului tehnologiilor cuantice

Obiectiv Specific 1.1: Consolidarea cercetării și inovării în domeniul tehnologiilor cuantice

Asigurarea unui cadru favorabil pentru cercetare și inovare în domeniul tehnologiilor cuantice reprezintă o necesitate pentru susținerea dezvoltării acestui domeniu și pentru încurajarea utilizării unor astfel de tehnologii în domenii relevante. Un astfel de cadru va asigura inclusiv un mediu atractiv din punct de vedere investițional pentru actori relevanti de la nivel național și internațional.

Acțiune 1

Alocarea unui buget semnificativ pentru investiții în cercetare și dezvoltare în domeniul tehnologiilor cuantice, cu scopul de a atrage surse de finanțare externe în acest sector, precum și de a stimula investițiile private și parteneriatele public-privat în domeniu.

Acțiune 2

Inițierea unor campanii de conștientizare și promovare a tehnologiilor cuantice în rândul publicului larg, a comunității de afaceri și a instituțiilor care fac parte din SNAOPSN, în vederea creșterii interesului pentru acest domeniu, a atragerii de investiții și a sprijinirii dezvoltării unei piețe interne pentru produse și servicii bazate pe tehnologii cuantice.

Acțiune 3

Realizarea unor audituri naționale a infrastructurii cuantice – prin intermediul unei noi instituții, denumită Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice (ANSTC), aflată în subordinea Ministerului Cercetării Inovării și Digitalizării (MCID) – care să permită cercetarea cuantică. Auditul va identifica lacunele de capacitate și de domenii pentru investiții dedicate – precum inteligența artificială, inginerie biologică, semiconductori și telecomunicațiile viitoare – inclusiv accesul la capacitațile de calcul cuantic.

Acțiune 4

Elaborarea unor programe de cercetare-dezvoltare în domeniul tehnologiilor cuantice finanțate din sume de la bugetul de stat, inclusiv prin Planul Național de Cercetare Dezvoltare și Inovare, cu încadrarea în limitele aprobate prin legile anuale ale bugetului de stat pentru perioada 2024 - 2029, din fonduri externe nerambursabile și contribuții ale partenerilor în proiecte, cu respectarea tuturor reglementărilor legale în vigoare.

Acțiune 5

Înființarea, la nivelul ANSTC, a unui centru de inovare în domeniul tehnologiilor cuantice, *Quantum Innovation Center (QIC)*, pentru dezvoltarea și testarea tehnologiilor cuantice, cu scopul de a reuni utilizatorii naționali și internaționali de aplicații cuantice și a contribui la dezvoltarea ecosistemului de cercetare. Se vor avea în vedere *calculul cuantic*, *rețelele cuantice*, *senzorii cuantici* și *criptografia cuantică*.

Acțiune 6

Promovarea colaborării și a schimbului de cunoștințe între mediul academic, mediul privat și instituțiile publice, prin crearea unor platforme de cooperare – cu sprijinul ANSTC – precum și a unui consorțiu național în domeniul tehnologiilor cuantice, care să faciliteze dezvoltarea de proiecte comune și transferul tehnologic între cercetători și companii. *Hub-urile* vor construi, de asemenea, mecanismele necesare pentru a sprijini integrarea acestor tehnologii emergente în sisteme mai largi, care să aducă rezultate, plus-valoare și beneficii societale și economice.

Acțiune 7

Adoptarea de măsuri care să creeze și să consolideze capabilitățile naționale de dezvoltare de aplicații software pentru tehnologii cuantice, ca avantaj competitiv al României în cadrul unor parteneriate internaționale. Se va valoriza, astfel, resursa umană specializată, fără a ne baza doar pe finanțări consistente necesare pentru activități de cercetare-dezvoltare.

Acțiune 8

Înființarea, la nivelul ANSTC, a Comitetului operativ de competențe cuantice (COCC), reunind industria, mediul academic și societățile profesionale cu agențiile guvernamentale relevante, pentru a se asigura că sistemul de competențe cuantice este ghidat de nevoile relevante. COCC va conlucra în vederea elaborării și publicării unui plan de acțiune privind competențele, în termen de 6 luni de la înființare.

Aceste acțiuni imediate abordează provocările și oportunitățile identificate în această strategie prin: sprijinirea mediului academic, industriei și comunitatea pentru a lucra în comun în vederea rezolvării provocărilor prin utilizarea capacităților cuantice; dezvoltarea ecosistemului cuantic al României, prin îmbunătățirea coordonării și colaborării dintre cercetare și industrie.

În vederea îndeplinirii acțiunilor asumate, România poate beneficia de oportunitățile oferite de Regulamentul UE 2024/795, prin care se instituie platforma „Tehnologii strategice pentru Europa” (STEP), întrucât acesta pune un accent puternic pe dezvoltarea și producția de tehnologii critice (inclusiv tehnologii cuantice), ca un mijloc de a reduce dependențele strategice ale Uniunii Europene și de a îmbunătăți competitivitatea industriei europene. Astfel, Regulamentul oferă noi oportunități de finanțare prin platforma STEP, subliniind totodată necesitatea de a stimula colaborarea dintre sectorul public, privat și mediul academic pentru cercetare, dezvoltare și inovare, inclusiv în domeniul tehnologiilor cuantice.

România trebuie să atragă și să mențină o masă critică de resursă umană înalt calificată și pregătită în domeniul calculului cuantic, prin accelerarea pregătirii și finanțării academice adecvate.

Mediul academic, ghidat de cereri specifice, de propunerii sau de concursuri care valorifică finanțarea guvernamentală, va proiecta oportunități de formare în domeniul tehnologiilor cuantice care să ia în considerare cele mai bune aplicații comerciale pe termen

scurt ale tehnologiei de calcul cuantic, pentru a cultiva un ecosistem de cercetare care să apeleze la un spectru larg de personal cu înaltă calificare.

Acest demers va conduce la identificarea factorilor care pot determina creșterea investițiilor, respectiv dezvoltarea expertizei locale și a capacitații suverane de a influența progresiv economia, productivitatea și numărul locurilor de muncă.

Obiectiv Specific 1.2: Crearea/accesul la o infrastructură cuantică esențială

Avantajele și oportunitățile oferite de tehnologiile cuantice pot fi materializate doar prin asigurarea accesului la infrastructură dedicată. Astfel, este necesar ca, la nivel național, să se identifice modalitățile optime de accesare/dezvoltare a elementelor de infrastructură necesare pentru operaționalizarea unor sisteme avansate, bazate pe tehnologii cuantice.

Acțiune 1

Înființarea în subordinea MCID a Autorității Naționale pentru Științe și Tehnologii Cuantice (ANSTC), finanțată integral din venituri proprii.

Acțiune 2

Monitorizarea provocărilor și a oportunităților care afectează, la nivelul lanțului de aprovizionare, industriile cuantice din România, cu luarea de măsuri în vederea gestionării eventualelor incidente, atunci când este necesar.

Acțiune 3

Asigurarea accesului la infrastructura de cercetare – precum echipamente, simulatoare, laboratoare și putere de calcul – este esențială pentru maximizarea potențialului cercetării de a extinde granițele și capabilitățile de a crea rezultate revoluționare. Infrastructura joacă, totodată, un rol important în educație, recrutare și reținerea talentelor în cadrul instituțiilor de cercetare românești. În acest sens, este oportună crearea și dezvoltarea unui sistem și a unei rețele naționale de comunicații cuantice experimentale avansate (de dezvoltare și validare) pe distanță lungă, permitând studii de caz la scară redusă în paralel cu accesul la o rețea de calculatoare cuantice pentru validarea modelelor simulate.

Acțiune 4

Crearea unor programe de accelerare, care să dezvolte sectoarele tehnologice și companiile specifice și care să aibă capacitatea să grăbească procesul de maturizare comercială și tehnologică, bazându-se pe punctele cheie, promovând în același timp oportunități semnificative de piață. Programele de accelerare vor ajuta la creșterea vitezei comercializării, industrializării și întăririi legăturii sectorului cu utilizatorii finali. Se vor asigura mecanismele necesare demarării unei campanii naționale de promovare, susținută prin organizarea unei caravane, în următorii 3 ani, pentru a finanța un accelerator pentru rețelele cuantice, un program de colaborare cu industria.

Acțiune 5

Oferirea de sprijin instituțional pentru dezvoltarea mediului de business de tip *start-up* și *spin-off* inovativ pentru valorificarea activității de cercetare-inovare pe piață și oferirea de servicii specifice, de incubare și accelerare, respectiv scalare pentru acestea.

Acțiune 6

Identificarea și înregistrarea oportunităților de a îmbunătăți profilul regional al României prin programe colaborative de cercetare, diplomație științifică și furnizarea accesului la infrastructură.

Acțiune 7

Finanțarea unor programe de investiții în tehnologii pentru criptografia cuantică, pentru a proteja infrastructura critică și comunicațiile guvernamentale.

Acțiune 8

Finanțarea unor programe de investiții pentru dezvoltarea infrastructurii de comunicații cuantice care să acopere atât segmentul terestru, cât și pe cel satelitar.

Aceste acțiuni abordează provocările și oportunitățile identificate în această strategie prin îmbunătățirea accesului la infrastructură avansată, materiale și instrumente.

România trebuie să dezvolte expertiză în calculul cuantic, pentru a trece de la cercetare și industrie la aplicații cu suport pentru folosirea algoritmilor cuantici, pe măsură ce aceste capacitați cresc.

Progresele continue în domeniul HPC ajută deja la accelerarea inovației, în timp ce pandemia de COVID-19 a evidențiat importanța descoperirilor științifice pentru proiectarea de noi medicamente, vaccinuri și produse farmaceutice. Calculul de înaltă performanță, inteligența artificială, calculul cuantic și tehnologiile de *cloud* hibrid converg în mod colectiv pentru a accelera descoperirea în știință și afaceri și pentru a cultiva forța de muncă a viitorului.

Potențiala găzduire a calculatoarelor cuantice de clasă mondială în facilități sigure pe teritoriul României ar putea oferi acces dedicat, extins pentru cercetătorii din mediul academic și guvernamental și pentru industrie, și va permite *start-up-urilor* din domeniul tehnologiilor cuantice să se dezvolte. Facilitarea accesului la infrastructură de calcul cuantic ar putea consolida poziția de lider a României în domeniul științei cuantice, al afacerilor și al educației și ar putea beneficia de o poziție mai puternică pentru a atrage și a păstra talente de înaltă calificare, pe măsură ce concurența globală se intensifică.

Totodată, România ar trebui să sprijine tehnologiile cuantice și fotonice, inclusiv producția internă de *hardware* și componente avansate critice, asigurând astfel componente importante ale calculului hibrid și ale lanțului de aprovisionare cuantic. În plus, fabricarea acestor componente *hardware* critice pentru tehnologia cuantică va favoriza o colaborare internațională sporită cu alți parteneri.

Consolidarea lanțului de aprovizionare pentru componentelete tehnologiei cuantice (cum ar fi fibrele și sateliții necesari pentru un internet cuantic sau infrastructura de fabricare a cipurilor pentru calculatoarele cuantice) reprezintă un obiectiv strategic central al multor state în dezvoltarea calculatoarelor cuantice.

Asigurarea accesului la o infrastructură cuantică esențială este susținută inclusiv de Regulamentul UE 2024/795, acesta facilitând accesul la finanțări europene prin intermediul platformei STEP și a altor program UE de finanțare existente (cum ar fi *Horizon Europe*). Aceste programe oferă oportunități majore pe linia dezvoltării infrastructurii cuantice, astfel de tehnologii fiind considerate de nivel critic și strategic la nivelul Uniunii, mai ales din perspectiva posibilității reducerii dependenței tehnologice de țări terțe. Mai mult, Regulamentul încurajează proiecte transfrontaliere și colaborarea între statele membre, facilitând eventualele parteneriate între actori autohtoni și alți actori relevanți de la nivel european pentru dezvoltarea sau exploatarea comună a unor infrastructuri cuantice esențiale. Nu în ultimul rând, crearea/accesul la infrastructuri cuantice în estul Uniunii Europene este în acord cu principiile de distribuție echilibrată a investițiilor și proiectelor din cadrul UE, România având posibilitatea de a beneficia de sprijin pentru dezvoltarea unor astfel de infrastructuri în această zonă, contribuind la reducerea disparităților regionale și la promovarea conexiunii economice și sociale de la nivelul Uniunii.

Obiectiv Specific 1.3: Atragerea, formarea și retenția eficientă a resursei umane calificată în domeniul cuantic

Dezvoltarea, implementarea și operaționalizarea tehnologiilor cuantice la nivel național se poate realiza doar prin dezvoltarea și retenția resursei umane înalt calificate în acest domeniu. Astfel, este necesară dezvoltarea și implementarea unor programe educaționale dedicate, care să încurajeze dezvoltarea și specializarea resurselor umane. Pentru îndeplinirea acestui deziderat, România poate beneficia inclusiv de oportunitățile financiare oferite prin Fondul Social European Plus (FSE+), care se concentrează pe îmbunătățirea ocupării forței de muncă, educației, competențelor sociale și luptei împotriva sărăciei în Europa, sprijinind inclusiv dezvoltarea competențelor și formarea în domenii STEM (știință, tehnologie, inginerie și matematică).

Acțiune 1

Introducerea unor cursuri obligatorii și/sau optionale dedicate tehnologiilor cuantice (care să se bazeze primordial pe domeniile fizicii, dar să cuprindă inclusiv aspecte din matematică și informatică), care să aibă o aplicabilitate ridicată în domenii relevante (biologie, medicină, mecanică, construcții și inginerie, tehnologia materialelor, electricitate, electronică și automatizate, domeniul bancar, etc.).

Acțiune 2

Susținerea educației și formării în domeniul tehnologiilor cuantice, prin dezvoltarea de programe educaționale și de cercetare la nivel universitar – coordonate de ANSTC – precum

și prin atragerea și implicarea expertilor internaționali și sprijinirea mobilității cercetătorilor români.

Acțiune 3

Elaborarea unui program de sensibilizare a școlilor derulat la nivelul școlilor de vară și schimburile de cercetare interne și internaționale, pentru formarea resursei umane specializate în domeniul tehnologiilor cuantice, care să susțină dezvoltarea industriei naționale în domenii ce vor fi impactate de aceste tehnologii (*FinTech*, bancar, telecomunicații, etc.), dar și în industria software națională.

Acțiune 4

Elaborarea și introducerea de cursuri de formare profesională în domeniul cuantic (cursuri postuniversitare, cursuri de formare continuă, cursuri deschise), la nivelul centrelor universitare și stabilirea unei scheme de sprijin a entităților implicate.

Acțiune 5

Crearea și oferirea de către QIC a unor burse de doctorat și burse naționale de cercetare în domeniul tehnologiilor cuantice (formarea a minim doi doctoranzi anual în domeniul cuantic) pentru a pune bazele unui model la nivel național de colaborare academică în cercetare-inovare și diseminarea rezultatelor activității de cercetare, în vederea încurajării publicării de articole științifice.

Acțiune 6

Elaborarea unor scheme de ucenicie/pregătire, inclusiv rotații de personal între departamentele de tehnologie cuantică. Se va permite extinderea activităților pentru a satisface această nevoie în creștere la nivel național, în conformitate cu obiectivele guvernamentale mai largi de a consolida pregătirea tehnică în România.

Acțiune 7

Realizarea unui raport cu privire la forța de muncă din domeniul tehnologiilor cuantice, inclusiv identificarea nevoilor în materie de forță de muncă și educație pentru sectorul cantitativ și industriile adiacente. Raportul va include taxonomii de competențe pentru profesionistii din domeniul cuantic și alte profesii adiacente.

Acțiune 8

Identificarea și introducerea unor noi calificări relevante pentru domeniul comunicațiilor cuantice și actualizarea Registrului Național al Calificărilor Profesionale din România și a Cadrului Național al Calificărilor.

Un sector cuantic puternic și vibrant în România necesită o forță de muncă autorizată, diversă și în creștere. Tipurile de abilități necesare se vor extinde dincolo de fizică/matematică în multiple domenii distințe, inclusiv: analiză de date bancare, medicină, biologie, prelucrare (*machining*), inginerie electrică, dezvoltarea de *software* și cercetarea algoritmilor cuantici,

predare, cercetare științifică, inovare, comunicare științifică, management, aplicații transsectoriale, etc.

Îndeplinirea nevoilor actuale și viitoare în domeniul competențelor cuantice necesită identificarea tinerilor talentați prin intermediul universităților, precum și formarea profesională a acestora în industrie. Se vor dezvolta și promova posibilități de carieră în domeniul tehnologiilor cuantice, care să ofere – angajaților și studenților actuali – o imagine clară asupra diverselor oportunități din industrie.

În vederea dezvoltării și consolidării unui sistem de pregătire și formare a resursei umane calificate în domeniul cuantic, este necesară asigurarea condițiilor și îndeplinirea cerințelor tehnice și logistice care vor susține îndeplinirea obiectivelor. Astfel, România poate accesa bugetul de 7,3 miliarde de euro din FSE+ destinat îmbunătățirii accesului la locuri de muncă, educației de calitate și incluzive, dezvoltării de noi competențe și formării profesionale, programul oferind posibilitatea dezvoltării forței de muncă înalt calificate inclusiv în domenii STEM (știință, tehnologie, inginerie și matematică).

Mediul academic are un rol unic de jucat în educarea următoarei generații de oameni de știință și cetățeni. Aceste instituții trebuie să dezvolte parteneriate de predare inovatoare între discipline disparate din cadrul mediului academic, între școală și industrie, și între universități și laboratoare guvernamentale (direcția de acțiune relevantă din cadrul Obiectivului 1) pentru a crea programe de învățământ flexibile și programe de educație și formare cuantică relevante pentru industrie. Prin promovarea colaborărilor în domeniul tehnologiilor cuantice practice între companiile de tehnologie din sectorul privat, mediul academic, laboratoarele de cercetare-inovare guvernamentale și din alte instituții publice cu atribuții în domeniu, se pot crea ecosisteme durabile de cercetare și dezvoltare, cu accent pe aplicarea rapidă în zona comercială.

Deși nu sunt exhaustive, aceste elemente de acțiune vor contribui la asigurarea faptului că România își optimizează capacitatea de a instrui, la nivel național, o forță de muncă pregătită în domeniul tehnologiilor cuantice.

OBIECTIV GENERAL 2: Dezvoltarea industriei naționale în domeniul cuantic

Obiectiv Specific 2.1: Consolidarea industriei software ca pilon de dezvoltare la nivel național în domeniul tehnologiilor cuantice

Industria software reprezintă un pilon vital în consolidarea ecosistemului cuantic la nivel național având în vedere rolul acestuia pentru crearea de algoritmi dedicati tehnologiilor cuantice și pentru optimizarea securității sistemelor cuantice, pentru accelerarea adopției acestora cu factor multiplicator în dezvoltarea altor ramuri industriale, precum și pentru consolidarea unei resurse umane specializate.

Acțiune 1

Încurajarea mediului privat de a dezvolta proiecte de cercetare aplicativă în scopul creării de produse software dedicate tehnologiilor cuantice, prin crearea unor programe de cercetare finanțate de Guvernul României.

Acțiune 2

Crearea și punerea la dispoziție, prin ANSTC, a unor servicii gratuite de testare și evaluare, printr-o schemă care oferă până la 30 de zile de expertiză specializată pentru gestionarea provocărilor în dezvoltarea afacerii. ANSTC va sprijini companiile să reducă decalajul de la un prototip de tehnologie într-un mediu de cercetare la produse noi, inovatoare, pregătite pentru industrie.

Acțiune 3

Stimularea inovării în sectorul tehnologiilor cuantice, prin organizarea de competiții, hackathoane, incubatoare de afaceri și programe de mentorat, care să sprijine dezvoltarea start-up-urilor cuantice și a unui ecosistem dinamic de inovare în acest domeniu.

Acțiune 4

Explorarea măsurilor de atragere a talentelor din zona tehnologiilor cuantice globale și poziționarea României ca o destinație de top pentru a construi o carieră prosperă în acest domeniu. Aceasta include promovarea activă a României ca destinație pentru profesioniștii din industria cuantică și din industriile adiacente, inclusiv prin programe de stimulente specifice, migrație de calificații și atragere de talente.

Obiectiv Specific 2.2: Asigurarea standardelor de securitate cibernetică în domeniul tehnologiilor cuantice

Operaționalizarea și utilizarea tehnologiilor cuantice presupune implementarea unor măsuri de securitate cibernetică riguroase, care să asigure un deziderat de *security by design*. Având în vedere oportunitățile integrării tehnologiilor cuantice în domenii de interes strategic la nivel național, prevenirea materializării unor atacuri cibernetice și asigurarea confidențialității, integrității și disponibilității datelor vehiculate la nivelul acestora reprezintă condiții esențiale pentru dezvoltarea și implementarea unor astfel de tehnologii.

Acțiune 1

Elaborarea unor politici publice în domeniul tehnologiilor cuantice, axate pe identificarea mecanismelor de cooperare la nivelul UE, în vederea asigurării unui nivel ridicat de securitate cibernetică.

Acțiune 2

Elaborarea unui cadru legislativ și de reglementare propice pentru dezvoltarea tehnologiilor cuantice, care să includă aspecte legate de protecția sistemelor informatici și a rețelelor IT&C, protecția datelor, proprietatea intelectuală, standardizare, certificare și brevetare la Oficiul de

Stat pentru Invenții și Mărci și la Oficiul European de Brevete (EPO), precum și de stimulare a inovării și a competitivității în acest domeniu.

Acțiune 3

Dezvoltarea de proiecte de cercetare-dezvoltare în domeniul asigurării securității cibernetice a tehnologiilor cuantice.

Acțiune 4

Crearea de programe de consiliere și sprijin pentru companii pentru a le ajuta să pună în aplicare măsuri de protecție digitală și de securitate fizică pentru a asigura protecția activelor care sunt necesare pentru a susține creșterea.

Acțiune 5

Crearea unor relații bazate pe colaborarea cu organisme de standardizare pentru protocoalele criptografice, cum ar fi Institutul Național de Standarde și Tehnologie (NIST) din SUA, Institutul European de Standardizare în Telecomunicații (ETSI), CEN-CENELEC, ITU.

Se va asigura utilizarea responsabilă a tehnologiilor cuantice. Controlul adecvat al acestor tehnologii va contribui la protejarea cercetării, a capacitațiilor și a investițiilor noastre.

Mediul de reglementare al României oferă protecții puternice, asigură concurența loială, susține interesele naționale și promovează integritatea pe piață.

Dezvoltarea și utilizarea tehnologiilor cuantice ar putea avea implicații semnificative pentru securitatea națională a României. Aceste tehnologii ar putea avea impact asupra unor arii importante în domeniul securității naționale, precum: apărarea, informațiile, criptarea, detectarea, comunicațiile.

Pentru a spori reziliența, se va monitoriza dezvoltarea tehnologiilor cuantice și impactul potențial al acestora asupra siguranței publice și securității cibernetice. Se vor aborda provocările de securitate națională și se vor valorifica oportunitățile pentru exporturile, capacitațiile, cercetătorii și companiile românești. Mediul academic și industria românească pot contribui la apărarea și securitatea naționale, prin descoperirea și construirea de noi capacitați cuantice. Pentru a beneficia pe deplin de aceste oportunități, este necesară crearea unui mediu de afaceri național axat pe tehnologii cuantice puternice și de încredere.

OBIECTIV GENERAL 3: Consolidarea poziției României în arhitectura internațională a domeniului cuantic

Obiectiv Specific 3.1: Dezvoltarea unui ecosistem cuantic etic și incluziv

Crearea și gestionarea tehnologiilor cuantice și a infrastructurii aferente presupune respectarea unor criterii de etică și incluziune, atât din perspectiva respectării standardelor de confidențialitate, siguranță și protecție a datelor, cât și din perspectiva asigurării accesului egal la astfel de tehnologii emergente.

Acțiune 1

Colaborarea cu industria, mediul academic, cu laboratoare de cercetare-inovare guvernamentale, cu alte instituții publice cu atribuții în domeniu și cu alte state pentru a elabora principii care să sprijine dezvoltarea și utilizarea responsabilă și incluzivă a tehnologiilor cuantice.

Acțiune 2

Asigurarea că România este reprezentată activ în organismele internaționale de stabilire a standardelor cuantice – conlucrarea cu sectorul industrial, pentru a spori participarea la dezvoltarea internațională a standardelor cuantice.

Acțiune 3

Participarea la activitățile internaționale de stabilire a standardelor tehnologice, inclusiv cele legate de standardele și protocolele de comunicare cuantică și metrologie, pot conduce la oportunități pentru ca tehnologiile României să fie acceptate ca standarde, transformate în beneficii, cum ar fi piețele de export și economiile de scară.

Prin construirea de principii pentru dezvoltarea și utilizarea responsabilă, cercetătorii și dezvoltatorii din domeniul tehnologiilor cuantice pot dezvolta produse care să se alinieze la valorile și așteptările românești și europene, capabile să protejeze drepturile omului. Prin adoptarea acestei abordări, România se poate consolida, urmând a fi un dezvoltator responsabil de tehnologie, cu posibilități multiple de a atrage companii și investitori internaționali.

Standardele pentru tehnologiile cuantice vor oferi românilor încrederea că aceste tehnologii sunt dezvoltate și implementate într-un mod care este de încredere, sigur și în avantajul lor. Standardele tehnologice și monitorizarea continuă a modului în care populația se raportează la domeniul cuanticii vor contribui la crearea unei piețe competitive a furnizorilor. Acest demers va oferi industriei siguranță de a adopta noi tehnologii și de a asigura interoperabilitatea globală.

Normele vor oferi coerentă și oportunități companiilor românești care doresc să dezvolte sau să utilizeze această tehnologie. Având la bază o industrie puternică, România poate juca un rol activ în organismele globale care dezvoltă standarde tehnologice. Acest lucru va contribui la asigurarea faptului că standardele pentru tehnologiile cuantice sprijină creșterea unei piețe vibrante și competitive prin promovarea interoperabilității, a inovării, a transparenței și a securității.

Prin implementarea acestor măsuri, Guvernul României își propune să stimuleze dezvoltarea tehnologiilor cuantice și să creeze un mediu propice pentru, cercetare, inovare și creștere economică în acest domeniu, contribuind astfel la consolidarea poziției țării în peisajul internațional al cercetării, dezvoltării și digitalizării și la îmbunătățirea calității vieții cetățenilor săi prin aplicarea tehnologiilor cuantice în diferite domenii de interes național.

Obiectiv Specific 3.2: Asigurarea cooperării internaționale

Susținerea cooperărilor internaționale în domeniul dezvoltării tehnologiilor cuantice, atât la nivelul instrumentelor consacrate în care România este parte, respectiv participarea activă în proiectele și inițiativele UE, cum sunt EuroQCI și *Quantum Flagship*, cât și cu potențiale alte surse de cunoaștere și de colaborare, cu accent pe protejarea intereselor naționale și evaluarea riguroasă a riscurilor.

Acțiune 1

Explorarea opțiunilor de consolidare a colaborării și a oportunităților pentru industrie prin intermediul parteneriatelor strategice, acordurilor existente și potențialelor acorduri de parteneriat, inclusiv cele ale UE, NATO și alte acorduri bilaterale regionale și speciale.

Acțiune 2

Participarea activă a României la inițiative internaționale în domeniul tehnologiilor cuantice, precum *Quantum Technologies Flagship (Innovation Working Group)*, QuIC și IPCEI ME/CT (proiect de interes european în domeniul microelectronicii și a tehnologiilor de comunicație) ale UE și NATO, printre care oportunitățile oferite de DIANA și NIF, SPS, precum și posibila participare la Comunitatea Cuantică Transatlantică.

Acțiune 3

Stabilirea unor colaborări cu organizații și instituții care sunt lideri la nivel global și promovarea cooperării bilaterale cu entități/state care dețin cele mai avansate soluții în domeniul tehnologiilor cuantice, precum SUA, Israel, Canada, UK și Coreea de Sud, pentru stabilirea accesului la tehnologii cuantice relevante pentru domeniul cercetării aplicative.

Acțiune 4

Crearea de legături transfrontaliere între rețelele și sistemele experimentale avansate (de dezvoltare și validare) la scară redusă și largă cu sistemele și rețelele similare, inclusiv prin realizarea unor noi noduri de comunicații și calcul.

Este esențial ca România să se angajeze formal și informal cu alte națiuni care sunt lideri în domeniul cuantic, pentru a sprijini colaborarea deschisă și o abordare de reglementare pro-inovare, care va contribui la creșterea sectoarelor cuantice și a lanțurilor de aprovisionare. Acest lucru va permite schimbul de informații cu privire la programele, oportunitățile și provocările cuantice naționale, precum și identificarea domeniilor pentru viitoare colaborări cu o gamă largă de state prin forumuri multilaterale, cum ar fi OCDE și Forumul Tehnologic Global, Forumul Economic Mondial, G7 și NATO, în vederea valorificării oportunităților de cercetare-dezvoltare colaborative mai largi.

Susținerea cooperărilor internaționale în domeniul cercetării și dezvoltării tehnologiilor cuantice, cum ar fi participarea activă în proiectele și inițiativele UE – precum EuroQCI și *Quantum Flagship* – cele ale NATO, inclusiv Comunitatea Cuantică Transatlantică, DIANA și NIF, SPS și cooperarea cu SUA, Israel, Canada, UK și Coreea de Sud, poate reprezenta

fundamentalul asigurării intereselor naționale ale României, precum și principalul instrument de evaluarea a riscurilor la care statul român este expus.

6. Rezultate așteptate

Prezenta strategie va crea cadrul național privind dezvoltarea tehnologiilor cuantice pentru valorificarea oportunităților oferite de acestea. În conformitate cu locul ocupat de România pe scena europeană a tehnologiilor cuantice, strategia își propune să faciliteze avansul tehnologic pe plan național și poziționarea României ca actor relevant la nivel regional, european și euro-atlantic.

Strategia vizează inclusiv impulsionarea mediului de afaceri național și atragerea de expertiză și fonduri externe, ambele având capacitatea de a asigura dezvoltarea tehnologică și economică a României în domeniul tehnologiilor cuantice.

Valorizând atuurile deja detinute pe segmentul IT&C, reprezentate de calitatea proceselor educaționale în acest domeniu, precum și masa de specialiști români în dezvoltarea de aplicații IT, un rezultat notabil va fi reprezentat de generarea avansului României în segmentul de dezvoltare de aplicații specifice pentru tehnologiile cuantice.

Totodată, adoptarea strategiei ar putea aduce un rezultat notabil în domeniul securității cibernetice, tehnologiile cuantice având capabilitatea de a contribui decisiv la creșterea rezilienței infrastructurilor informatici și de comunicații de interes național, respectiv la contracararea amenințărilor provenite din spațiul cibernetic.

Prin înndeplinirea obiectivelor stabilite în această strategie, respectiv prin crearea cadrului instituțional necesar, se crează premisele unei creșteri a nivelului de cooperare între mediul guvernamental, cel de afaceri, zona de cercetare și cea academică pentru asigurarea excelenței României în domeniul tehnologiilor cuantice.

7. Indicatori

Strategia are indicatori și ținte asociate obiectivelor și direcțiilor de acțiune pentru monitorizarea și evaluarea implementării.

Nomenclatorul cuprinde atât indicatori de sistem (furnizați de sistemele statistice naționale/internationale) cât și indicatori de rezultat.

Detalierea indicatorilor este realizată în anexa nr. 2 la Strategie.

8. Etape principale, monitorizare, evaluare și instituții responsabile

În implementarea strategiei se au în vedere următoarele:

- desemnarea ministrului cercetării, inovării și digitalizării ca responsabil guvernamental pentru tehnologii cuantice (Q3 2024);
- acces securizat la computerele cuantice de vârf pentru a accelera cercetarea aplicată (Q1 2025);
- evaluarea cuantică în condiții de siguranță și pregătirea principalelor ministere: Ministerul Afacerilor Interne, Ministerul Apărării Naționale (Q1 2025);
- înființarea, la nivelul ANSTC, a unui centru de inovare în domeniul tehnologiilor cuantice pentru cercetare, inovare și educație în industrie, *Quantum Innovation Center* (2025);
- alocarea bugetară pentru programe de cercetare-dezvoltare în domeniul tehnologiilor cuantice finanțate din sume de la bugetul de stat, din fonduri externe nerambursabile și contribuții ale partenerilor în proiecte, cu respectarea tuturor reglementărilor legale în vigoare și creșterea sprijinului financiar până la aproximativ 15 milioane euro pentru educația cuantică în universități;
- explorarea potențialelor cazuri de utilizare și aplicarea acestora cu partenerii din industrie (2024/2025).

Monitorizarea îndeplinirii obiectivelor asumate în prezenta strategie se va realiza prin raportare la responsabilitățile și termenele asumate în Anexa nr. 1 la Strategie, respectiv având în vedere indicatorii prevăzuți în Anexa nr. 2 la Strategie. Demersul va fi realizat de către Grupul interministerial pentru coordonarea, elaborarea și implementarea strategiei naționale în domeniul tehnologiilor cuantice, constituit prin Ordinul ministrului cercetării, inovării și digitalizării nr. 21092/2023 privind aprobarea componenței nominale și a Regulamentului de organizare și funcționare al grupului interministerial pentru coordonarea, elaborarea și implementarea strategiei naționale în domeniul tehnologiilor cuantice, publicat în Monitorul Oficial al României nr. 832 din 15 septembrie 2023, Partea I (constituit în baza Memorandumului nr. 20/19172/MN din data de 23.05.2023, cu tema “Adoptarea unui plan strategic național pentru dezvoltarea tehnologiilor cuantice și crearea unui grup interministerial pentru elaborarea legislației și a politicii naționale în acest domeniu”), până la înființarea Autorității Naționale pentru Științe și Tehnologii Cuantice, care va prelua astfel această responsabilitate.

ANSTC va elabora și transmite către MCID, în calitate de minister coordonator, cu frecvență anuală, un raport de progres privind stadiul acțiunilor asumate și va propune, după caz, revizuirea prevederilor prezentei strategii.

La nivelul strategiei, evaluarea se realizează intermediar și la finalizarea perioadei de implementare, conform anexei nr. 1 la Strategie.

Instituțiile responsabile și participante, prevăzute în anexa nr. 1 la Strategie, vor duce la îndeplinire prevederile prezentei strategii.

9. Implicații bugetare și surse de finanțare

Acțiunile necesare implementării strategiei vor fi finanțate din surse bugetare, cu încadrarea în limitele aprobate prin legile anuale ale bugetului de stat pentru perioada 2024 – 2029, din fonduri externe nerambursabile, parteneriate între instituții publice și entități private sau alte surse de finanțare identificate la momentul derulării acțiunilor, cu respectarea tuturor reglementărilor legale în vigoare.

Finanțarea implementării strategiei se bazează pe alocarea echilibrată a resurselor bugetare la nivelul tuturor instituțiilor implicate, în vederea susținerii financiare a implementării acțiunilor strategiei, pe accesarea programelor cu finanțare europeană nerambursabilă, precum și pe atragerea și valorificarea optimă a fondurilor externe obținute prin programele de cooperare internațională.

10. Implicații asupra cadrului juridic

Strategia este elaborată în acord cu legislația în vigoare și nu modifică alte acte normative în vigoare.

Inițiativele legislative de elaborare, modificare și/sau completare a unor acte normative de nivel superior sau inferior se vor realiza conform planurilor legislative anuale, fundamentate pe baza noilor cerințe și oportunități care derivă din implementarea prezentei strategii.

Anexele nr. 1-2 fac parte integrantă din prezenta strategie.

Anexa nr. 1 la Strategie

Plan de acțiune al Strategiei naționale în domeniul tehnologiilor cuantice pentru perioada 2024-2029

Acțiuni	Instituție responsabilă	Instituții participante	Termen de implementare	Etapele evaluării
OG1. Asigurarea resurselor necesare pentru dezvoltarea domeniului tehnologiilor cuantice				
OS1.1 Consolidarea cercetării și inovării în domeniul tehnologiilor cuantice				
A1 Alocarea unui buget semnificativ pentru investiții în cercetare și dezvoltare în domeniul tehnologiilor cuantice, cu scopul de a atrage surse de finanțare externe în acest sector, precum și de a stimula investițiile private și parteneriatele public-privat în domeniu.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Educației	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A2 Inițierea unor campanii de conștientizare și promovare a tehnologiilor cuantice în rândul publicului larg, a comunității de afaceri și a	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare

<p>instituțiilor care fac parte din SNAOPSN, în vederea creșterii interesului pentru acest domeniu, a atragerii de investiții și a sprijinirii dezvoltării unei piețe interne pentru produse și servicii bazate pe tehnologii cuantice.</p>		<p>Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Educației Instituții membre SNAOPSN</p>		
<p>A3 Realizarea unor audituri naționale a infrastructurii cuantice – prin intermediul unei noi instituții, denumită Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice (ANSTC), aflată în subordinea Ministerului Cercetării Inovării și Digitalizării (MCID) – care să permită cercetarea cuantică.</p>	<p>Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice</p>	<p>Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării</p>	<p>anual</p>	<p>Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029</p>
<p>A4 Elaborarea unor programe de cercetare-dezvoltare în domeniul tehnologiilor cuantice finanțate din sume de la bugetul de stat, inclusiv prin Planul Național de Cercetare Dezvoltare și Inovare, cu încadrarea în limitele aprobate prin legile anuale ale bugetului de stat pentru perioada 2024 - 2029, din fonduri externe nerambursabile și contribuții ale</p>	<p>Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării</p>	<p>Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Educației</p>	<p>Semestrul I 2025</p>	<p>Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare</p>

partenerilor în proiecte, cu respectarea tuturor reglementărilor legale în vigoare.		Ministerul Investițiilor și Proiectelor Europene		
A5 Înființarea, la nivelul ANSTC, a unui centru de inovare în domeniul tehnologiilor cuantice, <i>Quantum Innovation Center (QIC)</i> , pentru dezvoltarea și testarea tehnologiilor cuantice, cu scopul de a reuni utilizatorii naționali și internaționali de aplicații cuantice și a contribui la dezvoltarea ecosistemului de cercetare. Se vor avea în vedere <i>calculul cuantic, rețelele cuantice, senzorii cuantici și criptografia cuantică</i> .	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Educației Ministerul Afacerilor Externe	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A6 Promovarea colaborării și a schimbului de cunoștințe între mediul academic, mediul privat și instituțiile publice, prin crearea unor platforme de cooperare – cu sprijinul ANSTC – precum și a unui consorțiu național în domeniul tehnologiilor cuantice, care să faciliteze dezvoltarea de proiecte comune și transferul tehnologic între cercetători și companii.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Educației Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca Serviciul Român de Informații Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029

		Serviciul de Telecomunicații Speciale		
A7 Adoptarea de măsuri care să creeze și să consolideze capabilitățile naționale de dezvoltare de aplicații software pentru tehnologii cuantice, ca avantaj competitiv al României în cadrul unor parteneriate internaționale.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea pentru Digitalizarea României Ministerul Afacerilor Externe Serviciul Român de Informații Serviciul de Telecomunicații Speciale	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A8 Înființarea, la nivelul ANSTC, a Comitetului operativ de competențe cuantice (COCC), reunind industria, mediul academic și societățile profesionale cu agențiile guvernamentale relevante, pentru a se asigura că sistemul de competențe cuantice este ghidat de nevoile relevante. COCC va conlucra în vederea elaborării și publicării unui plan de acțiune privind competențele, în termen de 6 luni de la înființare.	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
OS 1.2. Crearea/accesul la o infrastructură cuantică esențială				

A1 Înființarea în subordinea MCID a Autorității Naționale pentru Științe și Tehnologii Cuantice (ANSTC), finanțată integral din venituri proprii.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A2 Monitorizarea provocărilor și a oportunităților care afectează, la nivelul lanțului de aprovizionare, industriile cuantice din România, cu luarea de măsuri în vederea gestionării eventualelor incidente, atunci când este necesar.	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A3 Asigurarea accesului la infrastructura de cercetare – precum echipamente, simulatoare, laboratoare și putere de calcul – este esențială pentru maximizarea potențialului cercetării de a extinde granițele și capabilitățile de a crea rezultate revoluționare.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Educației	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027

				Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A4 Crearea unor programe de accelerare, care să dezvolte sectoarele tehnologice și companiile specifice și care să aibă capacitatea să grăbească procesul de maturizare comercială și tehnologică, bazându-se pe punctele cheie, promovând în același timp oportunități semnificative de piață.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Educației	Semestrul I 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A5 Oferirea de sprijin instituțional pentru dezvoltarea mediului de business de tip <i>start-up</i> și <i>spin-off</i> inovativ pentru valorificarea activității de cercetare-inovare pe piață și oferirea de servicii specifice, de incubare și accelerare, respectiv scalare pentru acestea.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului	Semestrul II 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare

A6 Identificarea și înregistrarea oportunităților de a crește profilul regional al României prin programe colaborative de cercetare, diplomație științifică și furnizarea accesului la infrastructură.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A7 Finanțarea unor programe de investiții în tehnologii pentru criptografia cuantică, pentru a proteja infrastructura critică și comunicațiile guvernamentale.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Investițiilor și Proiectelor Europene	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se

				va realiza în anul 2029
A8 Finanțarea unor programe de investiții pentru dezvoltarea infrastructurii de comunicații cuantice care să acopere atât segmentul terestru, cât și pe cel satelitar.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Investițiilor și Proiectelor Europene	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
OS 1.3. Atragerea, formarea și retenția eficientă a resursei umane calificată în domeniul cuantic				
A1 Introducerea unor cursuri obligatorii și/sau opționale dedicate tehnologiilor cuantice (care să se bazeze primordial pe domeniile fizicii, dar să cuprindă inclusiv aspecte din matematică și informatică), care să aibă o aplicabilitate ridicată în domenii relevante (biologie, medicină, mecanică, construcții și inginerie, tehnologia materialelor, electricitate, electronică și automatizate, domeniul bancar etc.).	Ministerul Educației	Ministerul Educației Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare

A2 Susținerea educației și formării în domeniul tehnologiilor cuantice, prin dezvoltarea de programe educaționale și de cercetare la nivel universitar – coordonate de ANSTC – precum și prin atragerea și implicarea experților internaționali și sprijinirea mobilității cercetătorilor români.	Ministerul Educației	Ministerul Educației Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A3 Elaborarea unui program de sensibilizare a școlilor derulat la nivelul școlilor de vară și schimburi de cercetare interne și internaționale, pentru formarea resursei umane specializate în domeniul tehnologiilor cuantice, care să susțină dezvoltarea industriei naționale în domenii ce vor fi impactate de aceste tehnologii (<i>FinTech</i> , bancar, telecomunicații, etc.), dar și în industria software națională.	Ministerul Educației	Ministerul Educației Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații	Semestrul I 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A4 Elaborarea și introducerea de cursuri de formare profesională în domeniul cuantic (cursuri postuniversitare, cursuri de formare continuă, cursuri deschise), la nivelul centrelor universitare și stabilirea unei scheme de sprijin a entităților implicate.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Educației Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații	Semestrul I 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare

A5 Crearea și oferirea de către Q/C a unor burse de doctorat și burse naționale de cercetare în domeniul tehnologiilor cuantice (formarea a minim doi doctoranzi anual în domeniul cuantic) pentru a pune bazele unui model la nivel național de colaborare academică și diseminarea rezultatelor activității de cercetare, în vederea încurajării publicării de articole științifice.	Ministerul Educației	Ministerul Educației Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Economiei, Antreprenoriațului și Turismului	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A6 Elaborarea unor scheme de ucenicie/ pregătire, inclusiv rotații de personal între departamentele de tehnologie cuantică.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Educației	Semestrul II 2028	Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2026 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2028
A7 Realizarea unui raport cu privire la forța de muncă din domeniul tehnologiilor cuantice, inclusiv identificarea nevoilor în materie de forță de muncă și educație pentru sectorul cantitativ și industriile adiacente.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Semestrul II 2024	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare

A8 Identificarea și introducerea unor noi calificări relevante pentru domeniul comunicațiilor cuantice și actualizarea Registrului Național al Calificărilor Profesionale din România și a Cadrului Național al Calificărilor.	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Semestrul I 2025	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
OG2. Dezvoltarea industriei naționale în domeniul cuantic				
OS 2.1. Consolidarea industriei software ca pilon de dezvoltare la nivel național în domeniul tehnologiilor cuantice				
A1 Încurajarea mediului privat de a dezvolta proiecte de cercetare aplicativă în scopul creării de produse software dedicate tehnologiilor cuantice, prin crearea unor programe de cercetare finanțate de Guvernul României.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Economiei, Antreprenoriatului și Turismului Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029

A2 Crearea și punerea la dispoziție, prin ANSTC, a unor servicii gratuite de testare și evaluare, printr-o schemă care oferă până la 30 de zile de expertiză specializată pentru gestionarea provocărilor în dezvoltarea afacerii. ANSTC va sprijini companiile să reducă decalajul de la un prototip de tehnologie într-un mediu de cercetare la produse noi, inovatoare, pregătite pentru industrie.	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Educației Serviciul Român de Informații	Semestrul I 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A3 Stimularea inovării în sectorul tehnologiilor cuantice, prin organizarea de competiții, <i>hackathoane</i> , incubatoare de afaceri și programe de mentorat, care să sprijine dezvoltarea <i>start-up-urilor</i> cuantice și a unui ecosistem dinamic de inovare în acest domeniu.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații Ministerul Apărării Naționale Serviciul de Telecomunicații Speciale	Anual	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A4 Explorarea măsurilor de atragere a talentelor din zona tehnologiilor cuantice globale și poziționarea României ca o destinație de top pentru a construi o carieră prosperă în acest domeniu.	Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Ministerul Afacerilor Externe Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029

		Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice		Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
OS 2.2. Asigurarea standardelor de securitate cibernetică în domeniul tehnologiilor cuantice				
A1 Elaborarea unor politici publice în domeniul tehnologiilor cuantice, axate pe identificarea mecanismelor de cooperare la nivelul UE, în vederea asigurării unui nivel ridicat de securitate cibernetică.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Afacerilor Externe	Semestrul I 2027	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A2 Elaborarea unui cadru legislativ și de reglementare propice pentru dezvoltarea tehnologiilor cuantice, care să includă aspecte legate de protecția sistemelor informatici și a rețelelor IT&C, protecția datelor, proprietatea intelectuală, standardizare, certificare și brevetare la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci și la Oficiul European de Brevete (EPO), precum și de stimulare a inovării și a competitivității în acest domeniu.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea pentru Digitalizarea României Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații	Semestrul I 2028	Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2026 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2028

		Oficiul Registrului Național al Informațiilor Secrete de Stat		
A3 Dezvoltarea de proiecte de cercetare-dezvoltare în domeniul asigurării securității cibernetice a tehnologiilor cuantice.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații Serviciul de Telecomunicații Speciale	Semestrul II 2027	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A4 Crearea de programe de consiliere și sprijin pentru companii pentru a le ajuta să pună în aplicare măsuri de protecție digitală și fizică de securitate pentru a asigura protecția activelor care sunt necesare pentru a susține creșterea.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Serviciul Român de Informații	Semestrul II 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A5 Crearea unor relații bazate pe colaborarea cu organisme de standardizare pentru protocoalele criptografice, cum ar fi Institutul Național de Standarde și Tehnologie (NIST) din SUA, Institutul	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Semestrul II 2026	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare

European de Standardizare în Telecomunicații (ETSI), CEN-CENELEC, ITU.		Serviciul Român de Informații Serviciul de Telecomunicații Speciale		
OG3. Consolidarea poziției României în arhitectura internațională a domeniului cuantic				
OS 3.1. Dezvoltarea unui ecosistem cuantic etic și incluziv				
A1 Colaborarea cu industria, mediul academic și cu alte state pentru a elabora principii care să sprijine dezvoltarea și utilizarea responsabilă și incluzivă a tehnologiilor cuantice.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice Ministerul Educației Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca	Semestrul I 2027	Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare
A2 Asigurarea că România este reprezentată activ în organismele internaționale de stabilire a standardelor cuantice – conlucrarea cu sectorul industrial pentru a spori participarea la dezvoltarea internațională a standardelor cuantice.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027

				Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A3 Participarea la activitățile internaționale de stabilire a standardelor tehnologice, inclusiv cele legate de standardele și protocolele de comunicare cuantică și metrologie, pot conduce la oportunități pentru ca tehnologiile României să fie acceptate ca standarde, transformate în beneficii, cum ar fi piețele de export și economiile de scară.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Afacerilor Externe Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
OS 3.2. Asigurarea cooperării internaționale				
A1 Explorarea opțiunilor de consolidare a colaborării și a oportunităților pentru industrie prin intermediul parteneriatelor strategice, acordurilor existente și potențialelor acorduri de parteneriat, inclusiv cele	Ministerul Afacerilor Externe	Ministerul Afacerilor Externe Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029

ale UE, NATO și alte acorduri bilaterale regionale și speciale.		Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice		Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A2 Participarea activă a României la inițiative internaționale în domeniul tehnologiilor cuantice, precum <i>Quantum Technologies Flagship (Innovation Working Group)</i> , QuIC și IPCEI ME/CT (proiect de interes european în domeniul microelectronicii și a tehnologiilor de comunicație) ale UE și NATO, printre care oportunitățile oferite de DIANA și NIF, SPS, precum și posibila participare la Comunitatea Cantică Transatlantică.	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Afacerilor Externe Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice	Permanent	Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermediară se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029
A3 Stabilirea unor colaborări cu organizații și instituții care sunt lideri la nivel global și promovarea cooperării bilaterale cu entități/state care detin cele	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării	Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Afacerilor Externe	Permanent	Evaluarea progresului se va

<p>mai avansate soluții în domeniul tehnologiilor cuantice, precum SUA, Israel, Canada, UK și Coreea de Sud, pentru stabilirea accesului la tehnologii cuantice relevante pentru domeniul cercetării aplicative.</p>	<p>Ministerul Afacerilor Externe</p>	<p>Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice</p>		<p>realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029</p>
<p>A4 Crearea de legături transfrontaliere între rețelele și sistemele experimentale avansate (de dezvoltare și validare) la scară redusă și largă cu sistemele și rețelele similare, inclusiv prin realizarea unor noi noduri de comunicații și calcul.</p>	<p>Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice</p>	<p>Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării Ministerul Afacerilor Externe Autoritatea Națională pentru Științe și Tehnologii Cuantice</p>	<p>Permanent</p>	<p>Evaluarea progresului se va realiza în 2027 și 2029 Evaluarea intermedieră se va realiza în anul 2027 Evaluarea la finalizarea perioadei de implementare se va realiza în anul 2029</p>

Anexa nr. 2 la Strategie

Nomenclatorul indicatorilor Strategiei naționale în domeniul tehnologiilor cuantice pentru perioada 2024-2029

INDICATORI
SISTEM
Resurse financiare
Cheltuieli în domeniul tehnologiilor cuantice având ca sursă sectorul guvernamental (%PIB)
Cheltuielile în domeniul tehnologiilor cuantice ale sectorului de afaceri (%PIB)
Cheltuieli Venture Capital (% PIB)
Cheltuieli de inovare excluzând domeniul cuantic (% cifra de afaceri)
Personal dedicat cercetării și dezvoltării în domeniul tehnologiilor cuantice
Număr personal cercetare-dezvoltare în domeniul tehnologiilor cuantice (echivalent normă întreagă), Din care: - Cercetători în sectorul guvernamental/învățământ superior/business
Număr absolvenți doctorat/an
Infrastructuri cuantice
Valoarea cumulată actualizată a echipamentelor cuantice deținute de sectorul public
Rata medie de utilizare a echipamentelor cuantice deținute de sectorul public, cu valoare actuală de peste 500.000 euro
Publicații
Număr articole indexate în <i>Web of Science</i> / an
Număr publicații în top 10% cele mai citate publicații (% din total publicații)
Număr publicații în top 1% cele mai citate publicații (% din total publicații)
Numărul de citări ale articolelor în brevete (și legislație)
Co-publicații științifice internaționale (număr/1 milion locuitori)

Co-publicații public-privat
Patente, brevete, drepturi de proprietate intelectuală, drepturi de proprietate industrială
Organizații de cercetare de top
Număr de universități cu programe dedicate domeniului tehnologiilor cuantice în <i>Academic Ranking of World Universities</i> (ARWU) 1000
Număr organizații active în domeniul tehnologiilor cuantice în <i>Top Scimago 500</i>
Inovare în întreprinderi
IMM-uri care introduc produse și/ sau procese innovative bazate pe tehnologii cuantice (%)
IMM-uri care introduc inovații în materie de comercializare de produse/soluții software în domeniul tehnologiilor cuantice (%)
IMM-uri care introduc inovații la nivel intern prin implementarea de tehnologii cuantice
Vânzări de produse noi, bazate pe tehnologii cuantice (% cifra de afaceri)
Export
Exporturi de produse bazate pe tehnologii cuantice (% exporturi produse)
Exporturi de servicii intensive în cunoașterea tehnologiilor cuantice (% exporturi servicii)
REZULTAT (PROGRAME)
Resurse financiare
Investiții private care completează sprijinul public pentru dezvoltarea domeniului cuantic (din care: granturi, instrumente financiare)
Resurse umane
Locuri de muncă create în domeniul tehnologiilor cuantice în entitățile care beneficiază de sprijin (echivalent normă întreagă)
Programe de ucenicie dedicate domeniului tehnologiilor cuantice care beneficiază de sprijin în IMM-uri
Angajați din IMM-uri care finalizează programe de formare a competențelor pentru specializare intelligentă, pentru tranzitie industrială și antreprenoriat în domeniul tehnologiilor cuantice (pe tip de competențe: tehnice, de management, de antreprenoriat, ecologice, altele)
Infrastructuri de cercetare
Valoarea nominală a echipamentelor dedicate tehnologiilor cuantice

Valoarea echipamentelor dedicate tehnologiilor cuantice puse în funcțiune
Publicații
Articole indexate <i>Web of Science</i> , din care: - co-publicații științifice internaționale
Cărți, din care indexate <i>Web of Science</i>
Capitole de cărți, din care indexate <i>Web of Science</i>
<i>Proceedings</i> conferințe, din care la conferințe internaționale
Publicații ale proiectelor care beneficiază de sprijin
Organizații de cercetare de top
Număr organizații în <i>Top Scimago</i> în primii 30% în domeniul dedicat tehnologiilor cuantice
Inovare în firme
Întreprinderi mici și mijlocii (IMM-uri) care introduc inovații în materie de produse sau procese utilizate în dezvoltarea tehnologiilor cuantice
IMM-uri care introduc inovații în materie de comercializare de produse <i>software</i> sau tehnologii cuantice
IMM-uri care introduc inovații prin implementarea la nivel intern a tehnologiilor cuantice
Întreprinderi ce activează în domeniul tehnologiilor cuantice cu cifră de afaceri crescută
Număr prototipuri/demonstratoare dedicate tehnologiilor cuantice
Vânzări asociate produselor și serviciilor care înglobează inovații în domeniul tehnologiilor cuantice realizate prin proiecte (la 3 ani după finalizarea proiectului)
Ocupare
Locuri de muncă create în entitățile care activează în domeniul tehnologiilor cuantice și beneficiază de sprijin
Exporturi
Valoarea exporturilor de produse bazate pe tehnologii cuantice (în al treilea an după finalizarea proiectului)