# 

**Národní strategie   
pro kvantové technologie**

******

***V Praze dne ...***

**Obsah**

[Úvodní slovo 3](#_Toc199102853)

[Manažerské shrnutí 5](#_Toc199102854)

[1. Úvod 6](#_Toc199102855)

[2. Účel strategie 8](#_Toc199102856)

[3. Návaznost strategie na další strategické a koncepční dokumenty 10](#_Toc199102857)

[3.2. Mezinárodní srovnání 12](#_Toc199102858)

[3.3. Strategické a koncepční dokumenty České republiky 12](#_Toc199102859)

[4. Analytická část 14](#_Toc199102860)

[4.1. Kvantové technologie 14](#_Toc199102861)

[4.2. Kvantové počítače a simulace 14](#_Toc199102862)

[4.3. Kvantová komunikace 15](#_Toc199102863)

[4.4. Kvantové senzory a kvantová metrologie 16](#_Toc199102864)

[4.5. Situace v České republice 17](#_Toc199102865)

[4.6. Tržní potenciál kvantových technologií 21](#_Toc199102866)

[4.7. Závěr analýzy 24](#_Toc199102867)

[SWOT analýza „Kvantové technologie ČR“ 26](#_Toc199102868)

[5. Strategická část 28](#_Toc199102869)

[5.1. Strategické pilíře 29](#_Toc199102870)

[Pilíř 1: Výzkum a vývoj 30](#_Toc199102871)

[Pilíř 2: Vzdělávání a výchova talentů 34](#_Toc199102872)

[Pilíř 3: Konkurenceschopná ekonomika 38](#_Toc199102873)

[Pilíř 4 Mezinárodní spolupráce 41](#_Toc199102874)

[Pilíř 5: Bezpečnost a obrana 44](#_Toc199102875)

[5.2. Management rizik 47](#_Toc199102876)

[5.3. Řídicí struktury 49](#_Toc199102877)

[Příloha 1: Vyčíslení dopadů na státní rozpočet 50](#_Toc199102878)

[Zdroje: 52](#_Toc199102879)

# Úvodní slovo

V posledních letech prochází́ svět dynamickými změnami, které́ přináší rychlý technologický vývoj. Ten zásadně ovlivňuje nejen náš každodenní život, ale i celou společnost. Jednou z klíčových oblastí s potenciálem výrazně proměnit budoucnost jsou kvantové technologie. Právě jejich rozvoj patří mezi tři strategické priority této vlády v oblasti vědy a výzkumu, které jsou zásadní i pro posílení konkurenceschopnosti České republiky.

Kvantové technologie představují nové paradigma pro digitální ekonomiku a společnost. Téměř od základů promění řadu oblastí od informatiky, přes komunikaci a kyberbezpečnost, materiálovou vědu nebo farmacii a zrychlí tempo jejich rozvoje.

Využívání unikátních vlastností částic na atomární a subatomární úrovni nabízí inovativní možnosti pro sběr, zpracování a přenos informací. Kvantové senzory již nyní dokážou detekovat a měřit fyzikální veličiny s bezprecedentní citlivostí a přesností. Kvantové počítače by měly být schopny řešit složité úkony, které jsou pro dnešní klasické počítače obtížné nebo dokonce neřešitelné, a dosáhnout daleko vyšších výpočetních rychlostí.

Vzhledem k dynamickému rozvoji poznání v oblasti kvantových technologií nejsme schopni v současné době ani všechna nová poznání a přínosy předpovědět.

Očekává se, že kvantové technologie přinesou řadu výhod, včetně širokého spektra inovativních komerčních aplikací a významného přínosu k řešení globálních společenských výzev. Zároveň však představují rizika pro hodnoty zaměřené na člověka, zejména v oblasti digitální bezpečnosti a ochrany soukromí. Jednou z významných hrozeb je možnost prolomení současných kryptografických metod, které jsou klíčové pro zajištění bezpečnosti a důvěry v digitální komunikaci.

Vlády vyspělých zemí si tak uvědomují přínosy kvantových technologií a zároveň i související rizika a zavádějí národní strategie a finanční programy na podporu vývoje kvantových technologií. Česká republika si nemůže dovolit za těchto okolností a v této době stát stranou. Podobně jako umělá inteligence či polovodiče budou totiž i kvantové technologie jedním z hlavních faktorů určujících geopolitické postavení naší země a její konkurenceschopnost.

Tato národní strategie vytyčuje optimální směr rozvoje kvantových technologií a výzkumu v České republice. Jejím cílem je vytvořit prostředí pro dynamický rozvoj kvantového průmyslu, posílit bezpečnost země, podpořit špičkový výzkumný ekosystém a zvýšit konkurenceschopnost i kvalitu života.

Klíčovou roli hrají investice do výzkumu a podpora inovací v soukromém sektoru. Je nezbytné budovat vhodné podmínky a kanály pro financování kvantového ekosystému a rozvoj kvantové infrastruktury. Stejně důležitá je i efektivní a rychlá komercializace, která podnítí technologický pokrok. Nedílnou součástí této strategie je také intenzivní mezinárodní spolupráce, která umožní vznik produktů a služeb s vysokou přidanou hodnotou a učiní z České republiky atraktivní centrum pro kvantové vzdělávání, špičkové odborníky i průmyslový rozvoj.

Jsem přesvědčen, že k uskutečnění těchto cílů máme potřebné předpoklady. Tato Národní strategie pro kvantové technologie – první kvantová strategie pro Českou republiku – vše potřebné spojuje a určuje tak směr pro vznik dynamického kvantového průmyslu.

Marek Ženíšek, ministr pro vědu, výzkum a inovace

# Manažerské shrnutí

Národní strategie pro kvantové technologie se zaměřuje na posílení technologické vyspělosti, komunikační bezpečnosti a zajištění konkurenceschopnosti a obranyschopnosti České republiky v rychle se rozvíjejícím světě kvantových technologií. Kromě celkového cíle vytvoření inovativního, udržitelného a bezpečného kvantového ekosystému ČR, který propojuje výzkum, vývoj, vzdělávání, průmysl a státní správu pro podporu ekonomického rozvoje a technologického pokroku, klade strategie důraz na rozvoj kompetencí v oblasti kvantových výpočtů a simulací, kvantové komunikace, kvantové senzoriky, kvantové metrologie a kvantových materiálů. Strategické pilíře, na které se strategie zaměřuje jsou výzkum a vývoj, vzdělávání a výchovu talentů, konkurenceschopná ekonomika, mezinárodní spolupráce a bezpečnost a obrana. V těchto pilířích stanovuje strategické cíle a klíčová opatření k jejich naplnění.

Tyto oblasti představují značný potenciál pro rozvoj konkurenceschopnosti, spolupráce   
se soukromým sektorem, pro nové podnikatelské příležitosti a vytváření pracovních míst. Poskytují pokročilé možnosti rozvoje v oblastech jako je kryptologie a kybernetická bezpečnost, což je zásadní pro ochranu národních zájmů a kritické infrastruktury státu. Významným cílem Národní strategie pro kvantové technologie je zajistit podporu rozvoje kvantových technologií tak, aby Česká republika navázala na Evropskou kvantovou deklaraci[[1]](#endnote-1), a Akt o čipech[[2]](#endnote-2) a držela krok s dalšími připravovanými evropskými dokumenty a globálními trendy v oblasti kvantových technologií a spolupracovala na mezinárodní scéně.

Kvantové technologie vytváří unikátní příležitost pro vznik a rozvoj nových inovativních firem, start-upů a spin-offů. Zvláště v prostředí české ekonomiky, kde je zřetelně silná závislost na tradičním průmyslu a většina podniků se nachází na nižších příčkách dodavatelských řetězců, vyniká význam této příležitosti. Využití této příležitosti bude vysoce pozitivním impulsem pro hospodářský rozvoj země, pro český průmysl, pro vznik nových firem  
či progresivních start-upů a spin-offů, vznik nového inovativního pracovního trhu nabízejícího atraktivní pracovní pozice a perspektivní zaměstnání s vysokou přidanou hodnotou. Důležitým aspektem je i fakt, že kvantové technologie mohou být využity jak pro civilní, tak i vojenské účely tzv. dvojí užití (angl. „dual use“). V rámci spolupráce mezi EU a ESA se řeší mimo jiné projekty pro zvýšení bezpečnosti a odolnosti satelitní komunikace a využívají se nové typy senzorů založených na kvantových technologiích.

Základním předpokladem takového rozvoje je zajištění dostatečného množství specialistů schopných pracovat v kvantovém oboru. Národní strategie pro kvantové technologie klade důraz na cílenou podporu kvalitního vzdělávání odborníků v uvedených oblastech a rovněž pedagogů na univerzitách i středních školách, kteří budou schopni nadané mladé lidi motivovat pro práci v oblasti kvantových technologií.

# Úvod

Kvantové technologie se staly jedním z nejvýznamnějších a nejsledovanějších oborů vědy   
a výzkumu na celosvětové úrovni. Tato oblast, která využívá principy kvantové fyziky, pokročilých materiálových věd a vyspělé experimentální techniky, nabízí revoluční možnosti ve výpočetní technice, komunikaci, kryptologii, senzorice a metrologii a mnoha dalších odvětvích. Pomocí kvantových technologií můžeme výrazně rozvíjet zabezpečení dat, zrychlovat jejich zpracování i správu. Jejich vývoj má zásadní dopad nejen na civilní aplikace, ale také na oblast bezpečnosti a obrany, a to zejména díky možnosti tzv. dvojího užití,  
 kdy technologie slouží jak civilním, tak vojenským účelům. Toto vše generuje, díky významnému ekonomickému a společenskému přínosu, značnou pozornost a investice   
ze strany vlád i soukromého sektoru po celém světě.

Globální zájem o kvantové technologie je částečně poháněn jejich potenciálem k dosažení významných vědeckých průlomů. Kvantové počítače například slibují provádět některé výpočty s exponenciálně vyšší rychlostí než klasické počítače, což může mít značné důsledky pro výzkum a následně aplikační možnosti v oblasti materiálových věd, lékařství, umělé inteligence či kryptologie. Kvantová komunikace může v budoucnu přinést nové možnosti ochrany citlivých informací a jejich bezpečného přenosu. Kvantové senzory mohou přinést revoluční změny v měření a detekci, což má využití od navigace, radiové komunikace   
a geologického průzkumu až po lékařskou diagnostiku.

Přestože kvantové technologie stále čelí řadě technických a teoretických výzev, rychlý pokrok v této oblasti ukazuje, že jejich plný potenciál může být dosažen dříve, než se očekávalo. Jedná se o vysoce konkurenční a strategicky důležitý sektor, kde vůdčí pozici získá ten, kdo dokáže překonat současné překážky a začne tyto technologie úspěšně uplatňovat.

Celosvětová podpora a vývoj kvantových technologií je vědeckou a technologickou prioritou, ale také klíčovým strategickým, bezpečnostním a ekonomickým trendem. Státy, které se stávají lídry v tomto oboru, nejenže získávají technologickou převahu, ale také otevírají nové cesty pro ekonomický růst a zajištění bezpečnosti kritické infrastruktury státu. Důkazem zájmu   
a pozornosti těchto zemí věnované kvantovým technologiím jsou stanovené cíle a s nimi spojené investice. Tyto investice celosvětově pro segment kvantové počítače v období let 2022-2026 dosahují 5-10 mld. USD s předpokládaným nárůstem 450-850 mld. USD pro období let 2026-2050[[3]](#endnote-3).

Podobně lze dokladovat význam a podporu kvantových technologií v segmentu kvantových senzorů a zobrazovacích metod, které mají bezprecedentní význam a přidanou hodnotu nejen pro lékařství či vojenské technologie, ale i například pro oblast ekologie a životního prostředí tím, že otevírají nové možnosti v monitoringu, vyhodnocování a vizualizaci naměřených dat, např. CO2 emisí. Jen samotná kvantová senzorika může generovat výnosy 1až 6 mld. USD   
do roku 2040.[[4]](#endnote-4) Kvantové měření času a kvantová komunikace jsou klíčem   
k budoucím navigačním technikám, rozvoji nových navigačních a metrologických metod, zajišťující vysokou efektivitu a bezpečnost dopravy, telekomunikací a dalších služeb. Neméně důležité je i zvýšení přenosových kapacit datových sítí díky přesnější časové synchronizaci například rychlejší zpracování dat při obchodování či mohou přispět k přesnější navigaci   
a měření v civilním, ale i vojenském využití. Řešení v oblasti kvantové komunikace mohou v roce 2030 dosahovat výnosů přes 8 mld. USD[[5]](#endnote-5).

Význam kvantových technologií ke zlepšení hospodářského růstu a národního blahobytu ukazuje názorně také například nedávno publikovaná Kvantová strategie Austrálie. Zde autoři zdůrazňují, že kvantové technologie mají potenciál přispět k objevům nových léků, podpořit snižování emisí, pomoci s ekologií a zabezpečit odolnou kybernetickou infrastrukturu. Tvrdí, že již není otázkou „jestli“, ale „kdy“ dojde k prolomení současných zabezpečení a bude třeba kybernetickou infrastrukturu zabezpečit kvantově. Komercializace kvantových technologií dle této strategie by mohla v Austrálii vytvořit kvantový průmysl v hodnotě cca 1,5 mld. USD, který do roku 2030 přímo zaměstná 8700 vysoce kvalifikovaných zaměstnanců. Do roku 2045 by to mohlo být přibližně 6 mld. USD a 19 400 pracovních míst. Očekává se, že tyto technologie v tomto časovém horizontu přidají souvisejícím odvětvím hodnotu   
v řádu miliard dolarů[[6]](#endnote-6).

Nizozemsko prostřednictvím iniciativy Quantum Delta NL[[7]](#endnote-7) podpoří rozvoj svého kvantového ekosystému částkou 615 a v roce 2024 dalších 270 mil. EUR a díky projektu Quantum Delta NL očekává vznik až 30 tisíc pracovních míst.

V kontextu globálního i evropského významu a pokroku v kvantových technologiích je nezbytné, aby Česká republika přijala strategii, která jasně pojmenovává a reaguje na nové výzvy a příležitosti v této oblasti. Strategii, která představuje základní kámen pro budoucí směřování v rámci rozvoje kvantových technologií. Strategii, která navazuje na Evropskou kvantovou deklaraci[[8]](#endnote-8), na Kompas EU pro obnovení konkurenceschopnosti a zajištění udržitelné prosperity[[9]](#endnote-9) a společně s Národní polovodičovou strategií[[10]](#endnote-10) a s Národní strategií umělé inteligence[[11]](#endnote-11) bude pilířem pro oblast klíčových technologií.

Kvantové technologie stojí na prahu revoluce, která může změnit způsob, jakým pracujeme, komunikujeme a rozumíme světu kolem nás.

# Účel strategie

Tento dokument v souladu s rozhodnutím Vládního výboru pro strategické investice z listopadu 2023 stanovuje agendu pro dosažení potřebného rozvoje ve výzkumu  
a vzdělanostní úrovně, kompetencí, i agendu pro rozvoj a využití kvantových technologií  
pro konkurenceschopnou, udržitelnou ekonomiku a k zajištění bezpečnosti a obranyschopnosti státu. Národní strategie pro kvantové technologie je provázána s Národní politikou výzkumu, vývoje a inovací ČR 2021+[[12]](#endnote-12) tím, že navazuje na její stanovené priority v oblasti špičkového výzkumu, využívá její rámec a nástroje financování, podporuje rozvoj lidských zdrojů   
a transfer znalostí mezi akademickou a průmyslovou sférou a posiluje internacionalizaci českého výzkumu prostřednictvím zapojení do evropských a globálních iniciativ.   
Tato provázanost zajišťuje sladění cílů, efektivní využití národních a evropských zdrojů a koordinovaný postup při budování konkurenceschopného kvantového ekosystému v ČR.

Vizí je vytvoření ekonomiky, která využívá vědecký a komerční potenciál kvantových technologií a zároveň omezuje rizika plynoucí z jejich používání. Cílem je konkurenceschopný kvantový ekosystém ČR zahrnující výzkum, vývoj, inovace, vzdělávání, průmyslové  
a bezpečnostní a další aplikace začleněný do evropského a globálního kvantového ekosystému. Tyto oblasti rozpracovává v základních pilířích, mezi něž patří věda a výzkum, vzdělávání  
a výchova talentů, konkurenceschopná ekonomika, mezinárodní spolupráce, bezpečnost  
a obrana.

Hlavním cílem strategie je posílení technologické vyspělosti a konkurenceschopnosti České republiky v rychle se rozvíjejícím světě kvantových technologií. Dále vytvoření bezpečného, inovativního a udržitelného kvantového ekosystému ČR, který propojuje vzdělávání, výzkum a vývoj, průmysl a veřejný sektor pro podporu ekonomického rozvoje a technologického pokroku. Strategie klade důraz na konkrétní oblasti kvantových technologií a související vzdělávání a rozvoj talentů. Zahrnuje rozvoj v oblasti kvantových výpočtů, kvantových simulací, kvantové komunikace, kvantových senzorů, kvantové metrologie a kvantových materiálů.

Dílčími cíli jsou:

1. stanovení priorit a rámce pro rozvoj kvantových technologií a celého kvantového ekosystému v České republice,
2. definování klíčových činností, akcí a časového rámce,
3. stanovení celkové organizace významných činností a kroků,
4. určení způsobu řízení a kontroly procesu a jeho postupného naplňování,
5. určení finančního rámce a s ním spojených požadavků na financování a zároveň odhad benefitů.

Uvedený věcný rámec zahrnuje podporu výzkumu a inovací, podporu zavádění kvantových technologií napříč ekonomickými sektory a průmyslovými odvětvími, rozvoj lidských zdrojů a vytvoření vhodného regulačního prostředí. Strategie zdůrazňuje důležitost podpory spolupráce mezi vědeckou komunitou, školami, firmami a finančními institucemi včetně rizikového kapitálu, aby bylo možné optimální využití potenciálu kvantové vědy a kvantových technologií pro bezpečnost, stabilitu a pro další rozvoj společnosti a ekonomiky ČR. Kvantové technologie se velmi rychle rozvíjejí, a proto je třeba, aby stát, české instituce a průmysl společně zachytili tento nástup a úzce spolupracovali ve v rámci vědeckých, vzdělávacích, průmyslových i obchodních konsorcií na evropské i globální úrovni.

# Návaznost strategie na další strategické a koncepční dokumenty

* 1. **Zasazení strategie do evropského kontextu**

Evropská komise, vědoma si enormní důležitosti a potenciálu rozvoje kvantových technologií pro zachování vlastní bezpečnosti a konkurenceschopnosti, vydala v roce 2023 Evropskou kvantovou deklaraci[[13]](#endnote-13). Česká republika patřila mezi první signatáře a přistoupila k ní v únoru 2024, čímž deklarovala podporu rozvoji kvantových technologií. Rovněž v dokumentu Kompas EU pro obnovení konkurenceschopnosti a zajištění udržitelné prosperity[[14]](#endnote-14) z ledna 2025 Evropská komise stanovuje nutnost vypracování Evropské strategie pro kvantové technologie již v roce 2025 a přípravu tzv. Quantum Act.

Kvantové technologie jsou vysokou prioritou pro zajištění suverenity, odolnosti a stability EU, což se projevuje v řadě přijímaných iniciativ a dokumentů. Jsou zdůrazněny ve Strategii evropské hospodářské bezpečnosti 2023[[15]](#endnote-15), kde jsou identifikovány kritické technologické oblasti pro hospodářskou bezpečnost.

Již v roce 2016 byla spuštěna iniciativa QuantERA[[16]](#endnote-16), která v rámci programu ERA-NET Cofund podporuje mezinárodní spolupráce a financování špičkového výzkumu v oblasti kvantových technologií. V roce 2018 EU spustila iniciativu Quantum Technologies Flagship[[17]](#endnote-17), desetiletou iniciativu s cílem využít evropské vědecké excelence v kvantových technologiích  
a přiblížit výsledky výzkumu k využití a aplikacím v reálném životě.

V roce 2019 byla spuštěna iniciativa EuroQCI (Evropská kvantová komunikační infrastruktura) na výstavbu a nasazení bezpečné kvantové komunikační infrastruktury, včetně komunikace satelitní, pokrývající páteřní infrastrukturu EU. ČR je do této iniciativy zapojena skrze tzv. CZ-QCI v pozemním segmentu a připravuje se zapojení v segmentu satelitním. Agentura Evropské unie pro Kosmický program EUSPA bude hostit Quantum Hub, který bude zprostředkovávat službu vesmírného EuroQCI.

V roce 2021 zdůraznilo Nařízení Rady o zřízení společného evropského podniku pro evropskou vysoce výkonnou výpočetní techniku (EuroHPC JU) potřebu rozvíjet špičkové ekosystémy v High Performance Computing (HPC) a kvantových výpočtech a jejich aplikacích po celé Evropě. ČR k těmto aktivitám významně přispívá od samotného počátku provozováním superpočítače Karolina, spoluúčastí na budování nejvýkonnějšího superpočítače Evropy – LUMI a nejnověji i instalací a následným provozováním jednoho z šesti kvantových počítačů EuroHPC LUMI-Q v IT4Innovations.

Významným příspěvkem v oblasti kvantových výpočtů a jejich aplikací je rovněž vznik konsorcia výzkumných organizací, které budou od roku 2025 využívat největší kvantové počítače IBM v rámci IBM Centra inovací pro kvantové výpočty.

Česká republika je také velmi významně zapojena do budování infrastruktury CLONETS[[18]](#endnote-18) (CLOck NETwork Services), sítě pro distribuci přesných optických frekvencí   
a pro synchronizaci času odvozeného od kvantových atomových hodin. V ČR je navíc vyvíjena vlastní technologie přenosů prostřednictvím koherentních optických linek, Ústav přístrojové techniky AV ČR je velmi významným hráčem v evropském kontextu jak budování této přenosové sítě, tak přínosem k vlastní technologii. Připravuje se zapojení i do projektu FOREST (Fibre-based Optical Network for European Science and Technology).

Kvantové technologie jsou rovněž zdůrazněny v Evropském aktu o čipech [[19]](#endnote-19) jako naprosto zásadní oblast výzkumu pro další směřování polovodičového průmyslu, kdy současné struktury dosahují rozměrů narážejících na kvantový limit. Kvantové čipy jsou zařízení zpracovávající kvantové informace, tedy informace na úrovni jednotlivých kvantových systémů. Úroveň integrace komponent na jeden čip se liší v závislosti na použité technologii. Je zřejmé,   
že kvantové efekty by neměly být vnímány, jako překážka, ale příležitost, které je vhodné   
a nutné využít. Kvantové čipy lze použít pro různé aplikace napříč hlavními obory kvantových technologií. Pilíř I Evropského čipového aktu zakládá iniciativu Čipy pro Evropu[[20]](#endnote-20), která je účinná od září 2023 a jejímž cílem je podpora budování technologických kapacit a inovací.   
K tomuto účelu má iniciativa Čipy pro Evropu pět operačních cílů, mezi kterými je cíl 3: „Stavba kapacit pro urychlení vývoje kvantových čipů a přidružených polovodičových technologií“. Tento cíl je věnován kvantovým technologiím a zahrnuje aktivity pro budování pilotních linek na kvantové čipy, nástrojů pro jejich design i kompetenčních center.

Program Digital Europe[[21]](#endnote-21) se zaměřuje na budování digitální infrastruktury a digitálních kompetencí. V jeho rámci je alokováno celkově 580 mil. EUR na období sedmi let   
na program Advanced Digital Skills Europe[[22]](#endnote-22), který má podpořit kompetence v klíčových oblastech, jako je umělá inteligence, kyberbezpečnost, kvantové počítání nebo superpočítače. Advanced Digital Skills Europe je zaměřen také na vzdělávání včetně rekvalifikace  
a zvyšování kvalifikace.

Evropský program Digitální dekády 2023[[23]](#endnote-23) si klade za cíl mít první počítač s kvantovým zrychlením do roku 2025 a zmiňuje i kvantovou komunikaci jako jednu z dílčích aktivit. Vývoj kvantových technologií a infrastruktury je klíčovým cílem sdělení Digitální kompas 2030: Evropské pojetí digitální dekády[[24]](#endnote-24) oznámeného Evropskou komisí. Komise zde zdůraznila nutnost investic do kvantových technologií a podpory projektů s účastí více zemí. Ve zprávě „The future of European competitiveness[[25]](#endnote-25)“ z roku 2024 jsou kvantové technologie uváděny jako jedna z klíčových oblastí, do kterých by EU měla investovat, aby si zajistila suverenitu   
a konkurenceschopnost. Zároveň členské státy EU provádějí širokou škálu aktivit   
v oblasti kvantových technologií a učinily nebo oznámily významné investice. Od roku 2018 bylo na kvantové technologie ze strany EU a členských států vyčleněno více než 7 mld. EUR[[26]](#endnote-26).

ČR je zapojena také mj. do programu QuantERA ERA-NET Cofund in Quantum Technologies, který tvoří síť 41 národních poskytovatelů podpory na výzkum a inovace z 31 zemí, jehož prostřednictvím jsou podporovány excelentní mezinárodní projekty základního a aplikovaného výzkumu v oblasti kvantových technologií, či v rámci kterého rovněž dochází k mapování veřejných politik zaměřených na kvantové technologie.

Evropská komise vydala 19. 3. 2025 „Joint white paper for European Defence Readiness 2030[[27]](#endnote-27)“, ve kterém zdůrazňuje, že kvantové technologie patří vedle AI, biotechnologií, robotiky a nadzvukových technologií, mezi kriticky důležité jak pro dlouhodobý ekonomický růst, tak i pro vojenskou převahu.

Kvantové technologie stojí rovněž v popředí zájmu NATO, které vydalo NATO’s Quantum Technologies Strategy[[28]](#endnote-28). Dánsko bylo vybráno jako hostitelská země pro nové centrum kvantových technologií NATO DIANA Quantum Centre[[29]](#endnote-29), které bude klíčové pro koordinaci výzkumu a vývoje v této oblasti​. Pro NATO je jednou z priorit rozvoj kvantových technologií pro kosmické využití.

## Mezinárodní srovnání

Světový vývoj v oblasti kvantových technologií je dynamický a rychle se rozvíjející. OECD vydala v roce 2025 dokument OECD Quantum Technologies Primer[[30]](#endnote-30). Státy, které se stávají lídry v oblasti kvantových technologií, nejenže získávají technologickou převahu, ale také otevírají nové cesty pro svůj ekonomický růst a udržení či posílení národní bezpečnosti. Z demokratických států jsou hlavními aktéry USA, Evropská unie, Spojené království, Japonsko, Izrael, Jižní Korea, Austrálie, Kanada či Indie. Tyto země již investovaly značné veřejné i soukromé finanční prostředky do výzkumu a vývoje kvantových technologií. Přesné vyčíslení těchto prostředků je vzhledem k různorodosti jednotlivých podpor obtížné srovnat, ale z veřejných zdrojů se jedná o desítky miliard dolarů.

Do kvantových technologií významně investují také autoritářské státy jako je Čínská lidově demokratická republika a Ruská federace, jejichž případná kvantová převaha může představovat pro demokratické země významnou bezpečnostní hrozbu.

Vyčíslené ohlášení veřejných investic do kvantových technologií do roku 2022 zachycuje obrázek 1.

Obr 1: Ohlášené veřejné investice do kvantových technologií (Zdroj: McKinsey & Company, 2022)

## Strategické a koncepční dokumenty České republiky

Národní strategie pro kvantové technologie navazuje a integruje se do řady stávajících strategických dokumentů a plánů, které reflektují širší spektrum národních priorit a zájmů. Hospodářská strategie České republiky[[31]](#endnote-31), ji zařazuje společně s Národní polovodičovou strategií ČR 2030 a Národní strategií umělé inteligence ČR 2030 mezi naplňující strategie v oblasti výzkum, vývoj a inovace. Národní strategie pro kvantové technologie přispěje rovněž k realizaci Národní politiky výzkumu, vývoje a inovací České republiky 2021+,   
která představuje zastřešující strategický dokument na národní úrovni pro rozvoj všech složek výzkumu, vývoje a inovací v České republice. Mezi další dokumenty patří především Obranná strategie ČR[[32]](#endnote-32), Bezpečnostní strategie ČR[[33]](#endnote-33), Národní strategie kybernetické bezpečnosti České republiky na léta 2021 až 2025[[34]](#endnote-34), nebo Národní RIS3 strategie[[35]](#endnote-35) a Národní priority orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací[[36]](#endnote-36).

Obranná strategie České republiky 2023[[37]](#endnote-37) i Bezpečnostní strategie České republika 2023 zmiňují o nutnosti udržení technologického náskoku v oblasti přelomových technologií, kde jsou přímo zmíněné kvantové technologie. Na hrozby spojené s kvantovými technologiemi upozorňuje Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost (NÚKIB) v Národní strategii kybernetické bezpečnosti České republiky 2021až 2025[[38]](#endnote-38). V roce 2023 aktualizoval doporučení v oblasti kryptografické bezpečnosti „*Minimální požadavky na kryptografické algoritmy[[39]](#endnote-39)“,* ve kterém upozorňuje na hrozbu prolomení některých široce používaných kryptografických metod pomocí tzv. kryptograficky relevantního kvantového počítače a uvádí, jakých algoritmů se tato zranitelnost týká, a které by v dohledné době měly být nahrazeny kvantově odolnějšími metodami*.* Součástí tohoto doporučení je i příloha „Kvantová hrozba a kvantově odolná kryptografie“, která blíže specifikuje tzv. kvantovou hrozbu a detailněji popisuje zranitelnost a odolnost jednotlivých šifrovacích algoritmů a uvádí předběžná doporučení pro použití postkvantové kryptografie k ochraně proti kvantové hrozbě. Rovněž v roce 2023 NÚKIB vydal strategickou analýzu „Útoky s využitím kvantového počítače mohou prolomit současné šifrování: Řešením je včasná a efektivní implementace nových standardů“, která popisuje současný stav problematiky a možný budoucí vývoj v této oblasti. NÚKIB i další významné autority (viz např. společné vyjádření francouzské, německé, nizozemské a švédské bezpečnostní autority např. Position Paper on Quantum Key Distribution ANSSI, BSI, NLNCSA, Swedish NCSA[[40]](#endnote-40)) nedoporučují v nejbližší době jako řešení kvantové technologie QKD (kvantová distribuce klíčů), ale postkvantové algoritmy PQC (postkvantová kryptografie). NÚKIB u ochrany citlivých informací kritické úrovně důvěrnosti v rizikovém prostředí (tedy včetně internetu) považuje za vhodný termín ukončení přechodu ke kvantově odolným ustanovením klíčů do konce roku 2027. Americký Národní institut pro standardy a technologie (NIST) vydal dokument „Transition to Post-Quantum Cryptography Standards[[41]](#endnote-41)“ a také první tři standardy pro algoritmy pro postkvantovou kryptografii.

# Analytická část

## Kvantové technologie

Bezprecedentní rozvoj kvantových technologií znamená přímé využití kvantových jevů,   
které nemají klasickou analogii. Jde zejména o kvantovou superpozici, interferenci a kvantové provázání a využití neklasických vlastností částic jako je spin. Na těchto jevech jsou postaveny základní kvantové výpočty a simulace, kvantová komunikace, kvantové senzory, kvantová metrologie a kvantové materiály.

Pro vývoj uvedených technologií je třeba speciálních kvantových materiálů a zařízení potřebných pro jejich provoz v kvantovém režimu. Samy kvantové technologie mohou také významně pomáhat při vývoji nových kvantových materiálů i molekul důležitých pro chemii  
a biochemii. K tomu mohou napomoci kvantové počítače, které jsou schopny zrychlit simulaci vlastností nových materiálů a molekul.

### Kvantové počítače a simulace

Kvantové výpočty a simulace představují revoluční krok v oblasti výpočetní techniky,   
který mění způsob, jakým jsou informace zpracovávány a analyzovány. Zatímco klasické počítače používají bity pro zpracování dat v binárním formátu (1 nebo 0), kvantové počítače využívají kvantové bity neboli qubity, které mohou být v superpozici, což znamená, že mohou reprezentovat výrazně více stavů najednou. Tento princip společně s kvantovým provázáním umožňuje kvantovým počítačům provádět některé výpočty mnohem rychleji a efektivněji   
než tradiční počítače, zejména provádět komplexnější výpočty vedoucí k výražně efektivnějším (např. časově úspornějším) postupům než u klasických počítačů.

Problematiku kvantového počítání lze rozdělit na dva hlavní směry. Prvním je tvorba samotného hardwaru – kvantového počítače. Druhým hlavním směrem je tvorba softwaru, neboť kvantový počítač funguje principiálně na jiném základu než klasický počítač a je pro něj potřeba vytvořit nové algoritmy a software.

Kvantové výpočty také nabízejí nové možnosti v oblasti kryptologie a kybernetické bezpečnosti. Díky své schopnosti provádět některé výpočty až exponenciálně rychleji oproti klasickým počítačům, mohou být kvantové počítače v budoucnu schopny prolomit mnoho současných kryptografických systémů, což představuje zásadní ohrožení pro kybernetickou bezpečnost. Proto je zásadní, aby se výzkum a vývoj soustředil na nové typy kvantově odolných kryptografických technologií, které přináší postkvantová kryptografie (PQC). Další důležitou oblastí, pro kterou mají kvantové výpočty potenciál, jsou optimalizace například v chemii, farmaceutickém průmyslu i dalších průmyslových aplikacích, a to v oblastech jako je logistika nebo plánování dopravních systémů, v energetice, medicíně či výzkumu obecně, kde mohou kvantové algoritmy pomoci najít nejefektivnější řešení mnohem rychleji, než je to možné s klasickými počítači.

Kvantové výpočty jsou v rané fázi vývoje a existují významné technologické výzvy,   
které je třeba překonat. Jednou z největších překážek je problém chybovosti. Přestože jsou před kvantovými počítači stále významné technické překážky, jejich potenciál je obrovský. Ukazuje se, že cestou vpřed budou hybridní systémy kombinující různé platformy. Důležitým prvkem v tomto vývoji je intenzivní rozvoj tzv. hybridních kvantových a klasických výpočtů, které umožní využít potenciálu kvantových počítačů díky jejich integraci se stávajícími klasickými superpočítači.

Realizace kvantového počítače je v současné době možná na základě více fyzikálních platforem. V současné době jsme svědky soupeření těchto různých řešení, přičemž stále není  
a ještě určitou dobu nebude zřejmé, která technologie povede k cíli nejefektivněji.   
Tato unikátní situace je současně velkou příležitostí, jak na národní úrovni přispět k vývoji kvantových počítačů, zvládnout klíčové technologie a připravit půdu pro jejich budoucí uplatnění v praxi a komercializaci.

Velmi perspektivní jsou také kvantové simulace, které využívají kvantové systémy  
k modelování jiných kvantových jevů, které jsou příliš složité pro klasické počítače. Kvantové simulátory jsou specializované kvantové systémy, které mohou napodobovat chování složitých kvantových materiálů, chemických procesů nebo částicových interakcí. Na rozdíl od obecného kvantového počítače, který se snaží být univerzální, kvantové simulátory jsou navrženy  
pro specifické úlohy jako jsou simulace kvantových fázových přechodů nebo molekulárních struktur. Tyto simulace jsou klíčové pro porozumění složitým kvantovým systémům, které jsou příliš náročné na simulaci pomocí klasických počítačů. Kvantové simulace mohou poskytovat cenné vhledy do kvantové fyziky, chemie, biochemie, farmacie, materiálových věd a dalších oblastí, což může mít významný dopad na vývoj nových pokročilých materiálů, léků, energetických a dalších technologií.

### Kvantová komunikace

Kvantové počítače představují významnou hrozbu již pro současnou komunikaci, a to díky technikám tzv. „sesbírej teď, dešifruj později“ (harvest now, decrypt later). Proto je již nyní nezbytně nutné investovat do zavádění a využívání tzv. post kvantové kryptografie (PQC), která používá algoritmy odolné vůči útokům za použití kvantových počítačů. Výhoda PQC spočívá v tom, že ji lze implementovat na dnešních zařízeních tak, jak je známe (počítač, notebook, telefon), a není pro ně třeba žádných dalších nákladných požadavků,   
jako je specializovaný hardware nebo optické kabely. Výpočty PQC jsou matematicky náročnější a proto se dá předpokládat, že bude nutné investovat do vyspělejších serverů s akcelerovanými kryptokartami.

Dalším přístupem k zabezpečení je kvantová komunikace, která využívá principy kvantové fyziky a mechaniky pro přenos informací. Kvantová distribuce klíče (QKD) využívá kvantové vlastnosti částic pro bezpečný přenos šifrovacích klíčů mezi dvěma stranami. To poskytuje vysokou úroveň zabezpečení, protože jakákoliv snaha o neoprávněný přístup ke komunikaci bude zaznamenána. QKD má však z pohledu zabezpečení zatím i značné nedostatky. QKD neposkytuje autentizaci, která je nezbytně nutná pro jeho bezpečnou implementaci a zatím je QKD limitována i vzdáleností.

### Kvantové senzory a kvantová metrologie

Kvantové senzory a kvantová metrologie jsou oblastmi, které využívají principy kvantové fyziky a mechaniky k vytváření vysoce přesných a citlivých měřicích metod a nástrojů.   
Tato odvětví přinášejí zásadní pokrok v měření a detekci, překonávají omezení klasických metod a mají široké uplatnění v různých vědeckých a technologických oblastech. Kvantové senzory využívají kvantové stavy částic, jako jsou fotony, elektrony nebo atomové jádro,   
k detekci velmi jemných změn v jejich okolí. Díky využití kvantových vlastností, jako je superpozice a kvantové provázání (entanglement), jsou tyto senzory schopny detekovat změny s extrémní přesností, často mnohem přesněji než jejich klasické protějšky. Kvantové senzory nacházejí uplatnění v mnoha oblastech. Mohou například sloužit k detekci slabých magnetických polí v lékařských aplikacích jako je magnetická rezonance (MRI)   
nebo k mapování mozkové aktivity. Kvantové senzory umožňují elektromagnetické monitorování orgánů v reálném čase, čímž zlepšují léčbu neurologických a kardiologických onemocnění[[42]](#endnote-42). V oblasti léčby rakoviny nabízejí potenciál pro přesnou identifikaci hranic nádorů [[43]](#endnote-43). Ve fyzikálních vědách pomáhají měřit gravitační pole Země pro geologický průzkum nerostů nebo detekovat subatomární částice v experimentech částicové fyziky. Kvantové senzory mohou přinést průlom v detekci geofyzikálních anomálií a ve vysoce přesné navigaci. Proto mají kromě civilního i rozsáhlé vojenské využití, například pro přesnou řízenou munici bez nutnosti GPS navigace, komunikaci, která může podléhat rušení nebo pro odhalování hlubinných plavidel nebo detekci podzemních struktur. Detekce podzemních struktur je klíčová i pro těžbu a dobývání, nebo například pro odhalování tajných tunelů či podzemních zařízení.

Kvantová metrologie využívá kvantových jevů a stavů pro měření a definici fyzikálních konstant a jednotek s předtím nedosažitelnou přesností. V kvantové metrologii jsou kvantové efekty a systémy používány k získání extrémně přesných měření, která jsou klíčová  
pro vědecký výzkum, technologický vývoj a precizní výrobní procesy. Hlavní roli hraje kvantová metrologie času, resp. optické frekvence. Ultrapřesné standardy frekvencí odvozených od spektroskopie jednotlivých zchlazených atomů nabízejí bezprecedentní přesnosti. Mohou sloužit fundamentální fyzice a astrofyzice, ale také v řadě aplikací v průmyslu, bezpečnosti i služeb. Klíčovou součástí snažení v kvantové metrologii je distribuce přesného času koherentními optickými linkami, které jej přiblíží uživatelům. Důležitou aplikací kvantové metrologie času je výrazné zpřesnění družicové navigace prostřednictvím pozemního i kosmického segmentu, využití ve finančním či logistickém sektoru.

Kvantové senzorika a kvantová metrologie jsou považovány za nejpokročilejší oblast z hlediska praktického použití, kde se již rýsují potenciální komerční aplikace. V současné době je vývoj poháněn vysoce výkonnými senzory pro specifické aplikace a v budoucnu  
se očekává, že tyto technologie budou mít relevantní postavení v masovém rozšíření v praxi.

Ve vojenství je tato oblast velmi průlomová při využití kvantových sensorů u kamer nebo jiných záznamových zařízení detekujících např. plyny. Kvantové senzory dokážou měřit fyzikální veličiny s extrémní přesností, což je užitečné například pro **detekci gravitace, magnetických polí nebo velmi slabých optických signálů** i v prostředích s nízkou viditelností.

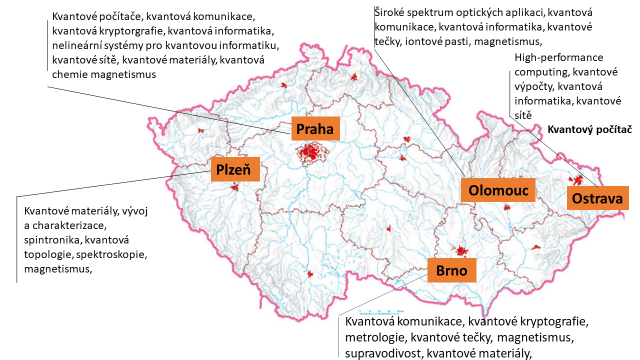
## Situace v České republice

V České republice existuje již od roku 2016 Národní iniciativa pro kvantové technologie. Iniciativa (NIKT) byla spuštěna v souvislosti s přípravou evropské iniciativy EU Quantum Flagship. Cílem Národní iniciativy pro kvantové technologie je propagace a podpora rozvoje kvantových technologií. Jejími členy jsou Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Fakulta jaderného a fyzikálního inženýrství Českého vysokého učení technického v Praze, Fakulta informatiky Masarykovy univerzity, Ústav přístrojové techniky Akademie věd a Středoevropský technologický institut Masarykovy univerzity. Téma kvantových technologií je zahrnuto také v Českém optickém klastru, z.s., založeném v roce 2017, kde optické kvantové technologie reprezentují jeden   
z pilířů. Klastr, který má již 38 členů, propojuje sféry výzkumu, vzdělávání a průmyslu   
a je také cestou k navazování mezinárodní spolupráce s oborovými klastry v zahraničí. Díky vazbě dalšího rozvoje polovodičových technologií na kvantové technologie je téma kvantových technologií také akcentováno na platformě Českého národního polovodičového klastru.

Výzkumné týmy z ČR se v rámci kvantových technologií aktivně zapojují do vybraných evropských výzkumných programů a iniciativ. Například v rámci EuroHPC JU bude již v roce 2025 instalován kvantový počítač v národním superpočítačovém centru IT4Innovations   
při VŠB-Technické Univerzitě Ostrava. Bude financován z prostředků EU a mezinárodního konsorcia LUMI-Q sdružujícího partnery z 9 zemí EU provozujících v současnosti nejvýkonnější superpočítač v Evropě – LUMI. Kvantový počítač bude disponovat minimálně 24 qubity založenými na supravodivé technologii a propojenými v „one-to-all“ topologii.   
Pro realizaci hybridních, kvantově-klasických úloh bude integrován s EuroHPC superpočítačem Karolina provozovaným v centru IT4Innovations. ČR se prostřednictvím iniciativy EuroQCI zapojilo do výzkumu vedoucímu k budování bezpečné kvantové komunikační páteřní sítě v EU. Tento projekt je označován za dosud nejrozsáhlejší projekt   
v oblasti kvantové komunikace a představuje vrchol předchozích desetiletí výzkumu, vývoje  
a testování. V České republice ho koordinuje CyberSecurity Hub, z.ú. a pracuje na něm konsorcium českých univerzit. Dne 29. ledna 2024 došlo k připojení ČVUT ke kvantovému počítači (400 qubits) IBM a podepsání smlouvy o spolupráci v oblasti kvantových technologií mezi dalšími univerzitami a výzkumnými organizacemi. ČVUT rovněž spolupracuje   
se sedmnácti dalšími partnery z řad univerzit a firem EU na projektu European Photonic Quantum Computer (Epique) financovaného Evropskou komisí. Také Oddělení koherenční optiky Ústavu přístrojové techniky (ÚPT) AV ČR je zapojeno do řady konsorciálních projektů podporujících jak vlastní vývoj kvantových iontových hodin v rámci evropské metrologické komunity, tak především realizaci a rozšiřování sítě koherentních přenosových linek   
pro distribuci přesného času od těchto hodin odvozeného. ÚPT se velmi aktivně podílí na výzkumu a vývoji vlastní technologie a je v tomto na špici evropského snažení.

V oblasti kvantových technologií byly v rámci výzvy Excelentní výzkum programu OP JAK podpořeny dva velké konsorciální projekty QEENTEC vedený Ústavem přístrojové techniky AV ČR a sdružující Ústav fotoniky a elektroniky, Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského, Palackého univerzitu v Olomouci a CESNET a konsorciální projekt QM4ST vedený Západočeskou univerzitou v Plzni a sdružující Karlovu univerzitu, Masarykovu univerzitu a Vysoké učení technické v Brně. První z projektů si klade za cíl vyvinout hybridní kvantová hradla pro kvantové počítače. Druhý projekt QM4ST se zaměřuje na výzkum a vývoj, zejména v modelování a navrhování nových materiálů, ale také řízení procesů, které jsou součástí nových zařízení. Zde se pro Českou republiku vytváří možnost, jak se připojit k hlavním světovým hráčům na poli výzkumu a vývoje kvantových čipů a počítačů a zajistit   
si tak pozice v jejich komercializaci, i když třeba ne v podobě jejich finální výroby, tak alespoň v roli dodavatelů některých klíčových komponent.

ČR patří mezi evropské státy, které se aktivně zapojují do evropského kvantového ekosystému. Výzkumné aktivity na špičkové úrovni se realizují v oblastech kvantových výpočtů, kvantové komunikace, kvantových senzorů, metrologie i kvantových materiálů. Výzkumné týmy se koncentrují především na univerzitách a ústavech Akademie věd ČR napříč celou Českou republikou. Mezi významná výzkumná pracoviště patří Univerzita Palackého v Olomouci,   
a to především Katedra optiky Přírodovědecké fakulty; dále společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, a vysokoškolský ústav Český institut výzkumu a pokročilých technologií. Dále České vysoké učení technické v Praze, především pak Katedra fyziky a Katedra fyzikální elektroniky Fakulty jaderného   
a fyzikálního inženýrství; Fakulta elektrotechnická; Fakulta biomedicínského inženýrství.   
Na Univerzitě Karlově především Matematicko-fyzikální fakulta. V Akademii věd České republiky je to především Ústav přístrojové techniky; Fyzikální ústav; Ústav organické chemie a biochemie; Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského; Matematický ústav a Ústav informatiky. Na Masarykově univerzitě je to především Přírodovědecká fakulta, Fakulta informatiky Masarykovy univerzity. Na Mendelově univerzitě v Brně především Ústav chemie a biochemie. Na Západočeské univerzitě v Plzni se jedná především o vysokoškolský ústav Nové technologie – výzkumné centrum a Katedru fyziky Fakulty aplikovaných věd. Na Vysokém učení technickém v Brně jde zejména o Fakultu elektrotechniky a komunikačních technologií (Laboratoř kvantové bezpečnosti) a Fakultu informačních technologií. Na VŠB – Technické univerzitě Ostrava je to zejména vysokoškolský ústav IT4Innovations Národní superpočítačové centrum. Masarykova univerzita, České vysoké učení technické v Praze   
a Vysoké učení technické v Brně v roce 2020 založily zapsaný ústav pro kyberbezpečnost CyberSecurity Hub, z.ú. Mezi významná pracoviště bezpochyby patří CEITEC, ELI ERIC   
a rovněž zájmové sdružení CESNET, jehož členy jsou veřejné a státní vysoké školy   
a Akademie věd ČR. Na rozvoji a implementaci zejména v oblasti bezpečné kvantové komunikace a infrastruktury spolupracuje také ČD Telematika.

****

Obr. 2: Mapa výzkumných aktivit ČR v oblasti kvantových technologií

V oblasti vzdělávání existuje několik vzdělávacích programů, které v současné době připravují několik desítek studujících všech stupňů.

České vysoké učení technické v Praze nabízí kompletní VŠ vzděláváni (Bc., Ing., Ph.D.) – Kvantové technologie, také účast v evropské vzdělávacím prostoru prostřednictvím DigiQ. Dále je v přípravě magisterský program Kvantová informatika s předpokladem zahájení v roce 2025.

Na Univerzitě Palackého v Olomouci lze studovat široké spektrum oborů a zaměření,   
jež pokrývají široké spektrum oblastí moderní kvantové optiky, interakce záření s atomy, ionty, mechanickými oscilátory, pevnolátkovými či supravodivými obvody a jejich aplikace v kvantových technologiích. Na Univerzitě Karlově se vyučuje celá řada předmětů z oblasti kvantových věd v kondenzovaných a pevných látkách, nelineární optice, fyzice nízkých teplot a řadě a řadě příbuzných oborů. Na Masarykově univerzitě se vyučuje předmět Kvantové zpracování informace. Na VŠB – Technické univerzitě v Ostravě se vyučují jednotlivé předměty jako je kvantová fyzika, kvantová komunikace či kvantová chemie. Dále je v přípravě magisterský program Kvantová informatika s předpokladem zahájení v roce 2026. Na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze se vyučují předměty kvantová chemie, kvantová mechanika pro materiálové inženýrství. Na Západočeské univerzitě v Plzni se připravuje doktorský studijní program Fyzika pro kvantové materiály.

Pokud provedeme srovnání ČR se zahraničím ve všech souvislostech s USA, Austrálií, UK, Holandskem, Irskem, Dánskem či Španělskem, vidíme příležitost pro podporu rozvoje kvantových technologií, především v cíleném směřování do efektivního aplikačního užití. ČR oproti vyspělému zahraničí stále zaostává ve schopnosti cílené podpory kvantové vědy, transferu know-how a technologií ze světa kvantové vědy a výzkumu do světa praxe,   
v efektivní a systematické dlouhodobé spolupráci mezi univerzitami a ústavy AV ČR   
a soukromým sektorem. Tuto situaci může zlepšit zvýšení počtu odborníků schopných pracovat s kvantovými technologiemi ve firmách. To podtrhuje zásadní důležitost vzdělávání,   
ale i rekvalifikací v této oblasti.

V České republice je málo nových start-upů či univerzitních nebo akademických spin-offů,   
které by se věnovaly aplikaci kvantových technologií. Existují investiční fondy,   
které se zaměřují mimo jiné i na investice do kvantových technologií, např. Tensor Ventures či Presto Ventures. Také se objevují první firmy, které se pokouší o využívání a tvorbu kvantových algoritmů pro své vlastní využití. Velkou příležitostí je, že v České republice působí řada nadnárodních firem, které se intenzivně věnují rozvoji kvantových technologií především v oblasti kvantových počítačů, kvantové komunikace a kvantových senzorů   
a materiálů. Přítomnost nadnárodních společností s lokálními pobočkami či výzkumnými centry, které podporují rozvoj kvantových technologií, například v oblastech kvantových počítačů, komunikace, senzorů a materiálů, vytváří příležitost pro spolupráci s českými subjekty. Společnosti jako Microsoft, AWS, Google nebo IBM rozvíjejí své globální iniciativy, které mohou být příležitostí i pro český průmysl a akademickou sféru.

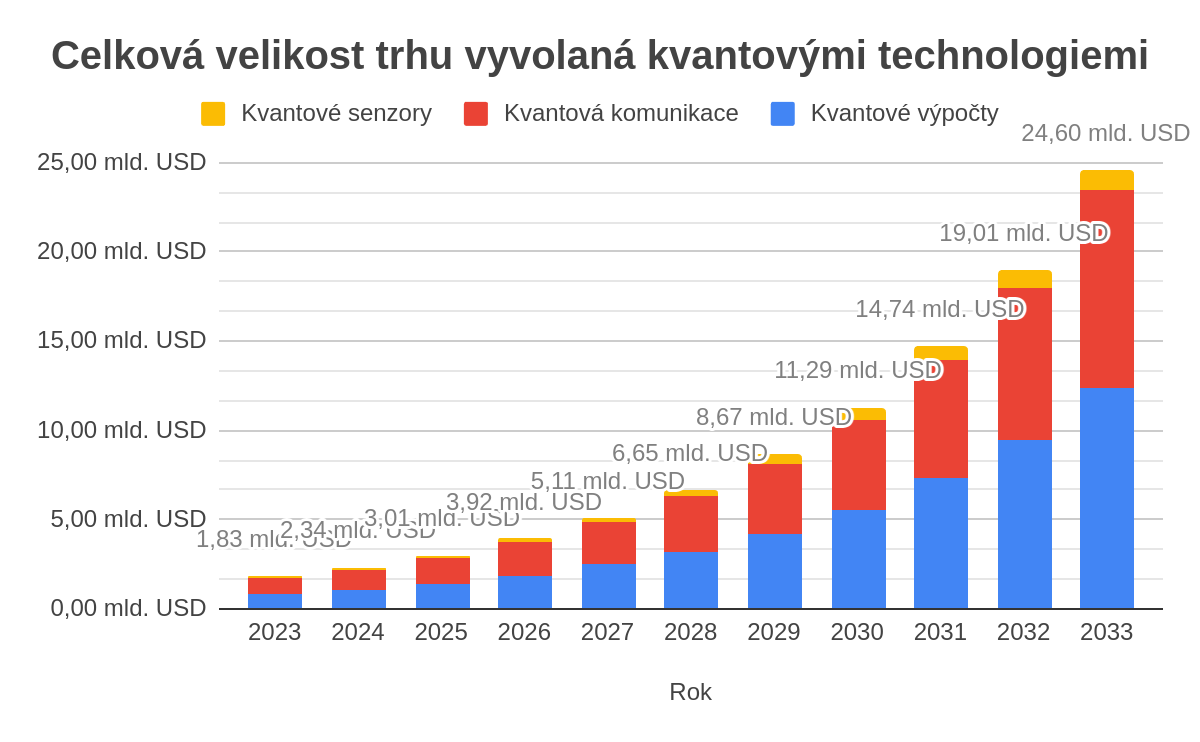
Díky své integraci do evropského výzkumného prostoru a přítomnosti uznávaných výzkumných pracovišť a odborníků má Česká republika kvalitní startovací pozici pro zapojení do evropského i globálního kvantového ekosystému. Česká firma Amires s.r.o, administruje významné evropské projekty Qu-test a Qu-pilot, které se zaměřují na zpřístupnění výzkumných kapacit pro firmy zabývající se kvantovými technologiemi. Příležitost vytváří i možnost zapojení českých subjektů do „quantum chips pilot lines“. Tato integrace nabízí šanci   
pro výzkumná pracoviště i domácí firmy, aby stály u zrodu nových technologií a staly se tak součástí vznikajícího trhu s kvantovými aplikacemi. Proto je nezbytné nalézt finanční zdroje pro pokrytí spoluúčasti v evropských i mimoevropských výzkumných programech,   
kde je nutné národní kofinancování, a tím se zařadit mezi vyspělé státy. Omezená podpora   
z veřejného i soukromého financování i tendence k utajování na straně velkých podniků a jejich neochota spolupracovat s domácím výzkumem, nedostatečné množství vzdělávacích programů v oblasti kvantových technologií, nízké množství start-upů a spin-offů, patří mezi hlavní výzvy pro další rozvoj této oblasti.

Budování kvantového sektoru v ČR není jen otázkou vědeckého pokroku, ale také zásadní příležitostí k vytvoření zcela nového průmyslového odvětví s vysokou přidanou hodnotou. Klíčovým faktorem úspěchu bude schopnost efektivního transferu technologií z výzkumných institucí do průmyslu a služeb, kde kvantové technologie mohou přinášet průlomová řešení a nové obchodní příležitosti. Tento transfer je nezbytný k tomu, aby se Česká republika stala nejen centrem excelentního výzkumu, ale také významným hráčem v evropském a globálním trhu kvantových aplikací.

Kvantové technologie jsou celosvětově uznávány jako průlomový směr vývoje s potenciálem radikálně transformovat mnoho strategicky významných oblastí. Vyspělé země po celém světě proto investují značné veřejné prostředky do výzkumu a vývoje v této oblasti,   
přičemž klíčovým cílem je získání konkurenční výhody, zajištění národní bezpečnosti   
a vytvoření silného kvantového ekosystému. Tyto investice podporují nejen základní   
a aplikovaný výzkum, vzdělávání a rozvoj talentů, ale také vznik nových technologických start-upů a spin-offů a komercializaci kvantových inovací. Proto je třeba podporovat kulturu zakládání deep-tech start-upů i spin-offů. Informace o přijatých opatřeních, strategiích, veřejných  
i soukromých zdrojích, jednotlivých kvantových příležitostech a výzvách, dle kterých fungují a kterými se řídí vyspělé země, jako např. USA[[44]](#endnote-44), Holandsko[[45]](#endnote-45), Dánsko[[46]](#endnote-46), Švédsko[[47]](#endnote-47) Austrálie[[48]](#endnote-48), Velká Británie[[49]](#endnote-49), Kanada[[50]](#endnote-50), Japonsko[[51]](#endnote-51), Jižní Korea[[52]](#endnote-52), lze nalézt v příslušných národních strategiích těchto zemí.

## Tržní potenciál kvantových technologií

Dle analýzy společnosti Precedence Research[[53]](#endnote-53) velikost celkového trhu se v roce 2024 odhadovala ve výši 2,34 mld. USD[[54]](#endnote-54), [[55]](#endnote-55) a [[56]](#endnote-56). V roce 2030 je již velikost trhu odhadnuta   
na 11,29 mld. USD a v roce 2033 na 24,6 mld. USD (tabulka 1). Průměrné roční tempo růstu dosahuje mezi lety 2024 až 2033 hodnoty 22,64 % (obrázek 3). Růst trhu by měl mít  
v nejbližších letech exponenciální průběh. Tento trend vývoje je obdobný, jako byl v případě rozvoje IT trhu: odhadovaný růst trhu bude mít v budoucnu podobný dopad na ekonomiku  
a společnost, jaký měl rozvoj IT a internetu v nedávné minulosti.



Obrázek 3: Celková velikost trhu vyvolaná kvantovými technologiemi, 48,49,50,51

Růst trhu s kvantovými technologiemi by měla podporovat poptávka po vyšším výpočetním výkonu. Kvantové akcelerátory a počítače mají potenciál značně urychlit velké množství výpočtů. Zejména jsou vhodné pro simulace, ale i některé matematické operace. Například počítání prvočísel, na kterých je založeno velké množství šifrovacích metod. Proto lze očekávat zvyšující se poptávku po zabezpečené komunikaci. To se může dosáhnout pomocí kvantových sítí, které využívají samotné kvantové vlastnosti k nastolení bezpečného způsobu komunikace. Pozitivně na růst trhu bude působit i vzrůstající poptávka po kvantových senzorech. Kvantové senzory budou poptávány zejména v obranném průmyslu a ve zdravotnictví. Ve zdravotnictví bude snaha využívat kvantové senzory v rámci nových zobrazovacích metod. Jejich použití může značně vylepšit prevenci a napomoci ke včasnému odhalování závažných onemocnění. V oblasti vojenských aplikací jsou kvantové senzory zajímavé v oblasti detekce, nebo pro nové způsoby navigace, kvantové výpočty pak například v oblasti řešení některých logistických  
a rozhodovacích úloh nebo v oblasti kryptografie.

Obrázek 3 se ale zaměřuje pouze na trh se samotnými kvantovými technologiemi (hardwarem). Nezachycuje produkty (například produkci softwaru a návazné služby), které nasazování kvantových technologií vyvolává. Jedná se například o trh s vývojem a nasazováním algoritmů postavených na kvantových jevech nebo o postkvantovou kryptografii.

Tabulka 1: Celkový růst trhu spojený s kvantovými technologiemi 49,50,51

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Rok | Kvantové výpočty | Kvantová komunikace | Kvantové senzory | Celkem |
| 2023 | 0,84 mil. USD | 0,84 mil. USD | 0,15 mil. USD | 1,83 mil. USD |
| 2024 | 1,10 mil. USD | 1,09 mil. USD | 0,16 mil. USD | 2,34 mil. USD |
| 2025 | 1,44 mil. USD | 1,41 mil. USD | 0,17 mil. USD | 3,01 mil. USD |
| 2026 | 1,88 mil. USD | 1,82 mil. USD | 0,22 mil. USD | 3,92 mil. USD |
| 2027 | 2,46 mil. USD | 2,35 mil. USD | 0,29 mil. USD | 5,11 mil. USD |
| 2028 | 3,22 mil. USD | 3,04 mil. USD | 0,38 mil. USD | 6,65 mil. USD |
| 2029 | 4,22 mil. USD | 3,94 mil. USD | 0,51 mil. USD | 8,67 mil. USD |
| 2030 | 5,53 mil. USD | 5,10 mil. USD | 0,67 mil. USD | 11,29 mil. USD |
| 2031 | 7,32 mil. USD | 6,59 mil. USD | 0,82 mil. USD | 14,74 mil. USD |
| 2032 | 9,47 mil. USD | 8,53 mil. USD | 1,01 mil. USD | 19,01 mil. USD |
| 2033 | 12,39 mil. USD | 11,03 mil. USD | 1,17 mil. USD | 24,60 mil. USD |
| CAGR 2024-2033 | 30,89 % | 29,37 % | 20,22 % | 29,68 % |

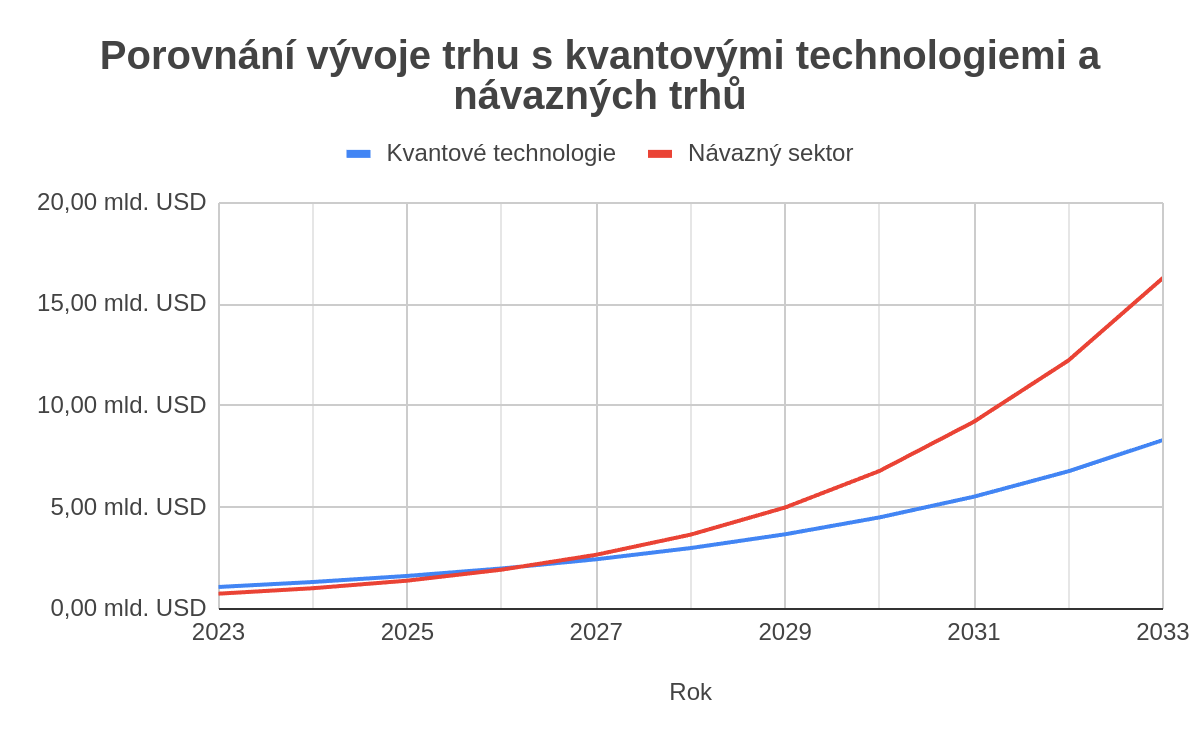
Celkový trh by měl dosahovat průměrného ročního růstu (CAGR) ve výší 29,7 %. Nejrychlejší průměrné tempo ročního růstu je zaznamenáno u trhu s kvantovými výpočty (30,9 %), následuje trh s kvantovou komunikací (29,4 %) a kvantovými senzory (20,2 %).

Zajímavé je i porovnání dynamiky trhu kvantových technologií a návazných trhů. Z tabulky 2 je patrné, že návazné trhy mají průměrné roční tempo růstu trhu větší o přibližně 13,5procentního bodu.

Tabulka 2: Porovnání růstu trhu s kvantovými technologiemi (hardwarem) s návaznými trhy – vlastní zpracování na základě uvedených zdrojů, 48,49,50,51

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Rok | Kvantové technologie | Návazný sektor | Celkem |
| 2023 | 1,08 mld. USD | 0,75 mld. USD | 1,83 mld. USD |
| 2024 | 1,32 mld. USD | 1,02 mld. USD | 2,34 mld. USD |
| 2025 | 1,62 mld. USD | 1,39 mld. USD | 3,01 mld. USD |
| 2026 | 1,99 mld. USD | 1,93 mld. USD | 3,92 mld. USD |
| 2027 | 2,44 mld. USD | 2,66 mld. USD | 5,11 mld. USD |
| 2028 | 3,00 mld. USD | 3,66 mld. USD | 6,65 mld. USD |
| 2029 | 3,67 mld. USD | 4,99 mld. USD | 8,67 mld. USD |
| 2030 | 4,50 mld. USD | 6,79 mld. USD | 11,29 mld. USD |
| 2031 | 5,52 mld. USD | 9,22 mld. USD | 14,74 mld. USD |
| 2032 | 6,78 mld. USD | 12,23 mld. USD | 19,01 mld. USD |
| 2033 | 8,31 mld. USD | 16,29 mld. USD | 24,60 mld. USD |
| CAGR 2024 až 2033 | 22,64 % | 36,03 % | 29,68 % |

Je dokonce predikováno, že návazné trhy budou v roce 2033 dvakrát větší než trh s kvantovými technologiemi. Návazné trhy podle predikce překonají velikost trhu s kvantovými technologiemi v průběhu roku 2026 (obrázek 4). Bez úspěšné podpory vývoje kvantových technologií (jejich hardware i software) tento navázaný sektor nebude využívat výsledků vývoje pracovišť v ČR a jejich duševního vlastnictví. To by způsobilo rizika v oblasti ekonomické (nižší výběr daní) a strategické (závislost na cizí technologii).



Obrázek 4: Porovnání vývoje trhu s kvantovými technologiemi s návaznými trhy – vlastní zpracování na základě uvedených zdrojů, 48,49,50,51

## Závěr analýzy

Analýza předpovídá výrazný růst trhu s kvantovými technologiemi. V roce 2024 se očekává velikost trhu 2,34 miliard USD, s průměrným ročním růstem (CAGR) 29,7 % do roku 2033, kdy by měl dosáhnout 24,6 miliard USD. Nejrychleji rostoucím segmentem jsou kvantové výpočty s CAGR 30,9 %, následované kvantovou komunikací (29,4 %) a kvantovými senzory (20,2 %).

Analýza také ukazuje, že návazné trhy, jako je vývoj softwaru a služeb spojených s kvantovými technologiemi, porostou rychleji než trh s hardwarem. Očekává se, že s CAGR 36,03 % překonají velikost trhu s kvantovými technologiemi v roce 2026 a do roku 2033 budou dvakrát větší. Tento růstový trend naznačuje významné příležitosti pro investice a rozvoj v oblasti kvantových technologií a souvisejících odvětví. Na základě analýzy trhu kvantových technologií, která předpovídá výrazný růst tohoto sektoru v následujících letech, je třeba   
se zaměřit na následující oblasti:

* Podpora výzkumu a vývoje: Zvýšit investice do základního i aplikovaného výzkumu  
  v oblasti kvantových technologií, včetně kvantových výpočtů, kvantové komunikace, kvantových senzorů, metrologie a kvantových materiálů. To zahrnuje financování výzkumných organizací zaměřených na kvantové technologie a investice do rozvoje  
  a provozu infrastruktury, která umožní testování a implementaci kvantových technologií v různých sektorech včetně průmyslu, energetiky, dopravy, zdravotnictví  
  a obrany.
* Vzdělávání a rozvoj lidských zdrojů: Podporovat vznik a rozvoj vzdělávacích programů zaměřených na kvantové technologie na všech úrovních vzdělávacího systému. Podporovat specializované studijní obory, rekvalifikace a školení pro odborníky,   
  aby se zajistil dostatek kvalifikovaných pracovníků pro rostoucí trh.
* Podpora transferu technologií, inovací a znalostního transferu: Využít existující mechanismy pro efektivní transfer výsledků výzkumu do praxe, včetně podpory vzniku start-upů a spin-offů zaměřených na kvantové technologie. To může zahrnovat zřízení fondů rizikového kapitálu a inkubátorů pro začínající firmy v tomto sektoru. Vzhledem k očekávanému rychlému růstu návazných trhů, jako je vývoj softwaru a služeb spojených s kvantovými technologiemi, je důležité vytvořit prostředí podporující inovace a podnikání v těchto oblastech.
* Mezinárodní spolupráce: Aktivně se zapojit do mezinárodních iniciativ a partnerství  
  v oblasti kvantových technologií jako je například evropská stěžejní iniciativa pro kvantové technologie a podporovat participaci českých institucí v mezinárodních projektech a platformách. To umožní sdílení znalostí, zdrojů a urychlí vývoj technologií.
* Bezpečnost, obrana: Připravit se na příležitosti i hrozby spojené s rozvojem kvantových počítačů, kvantové komunikace a kvantových senzorů.

Implementací těchto opatření může Česká republika využít potenciál kvantových technologií, podpořit hospodářský růst a posílit svou konkurenceschopnost a suverenitu na globálním trhu.

### SWOT analýza „Kvantové technologie ČR“

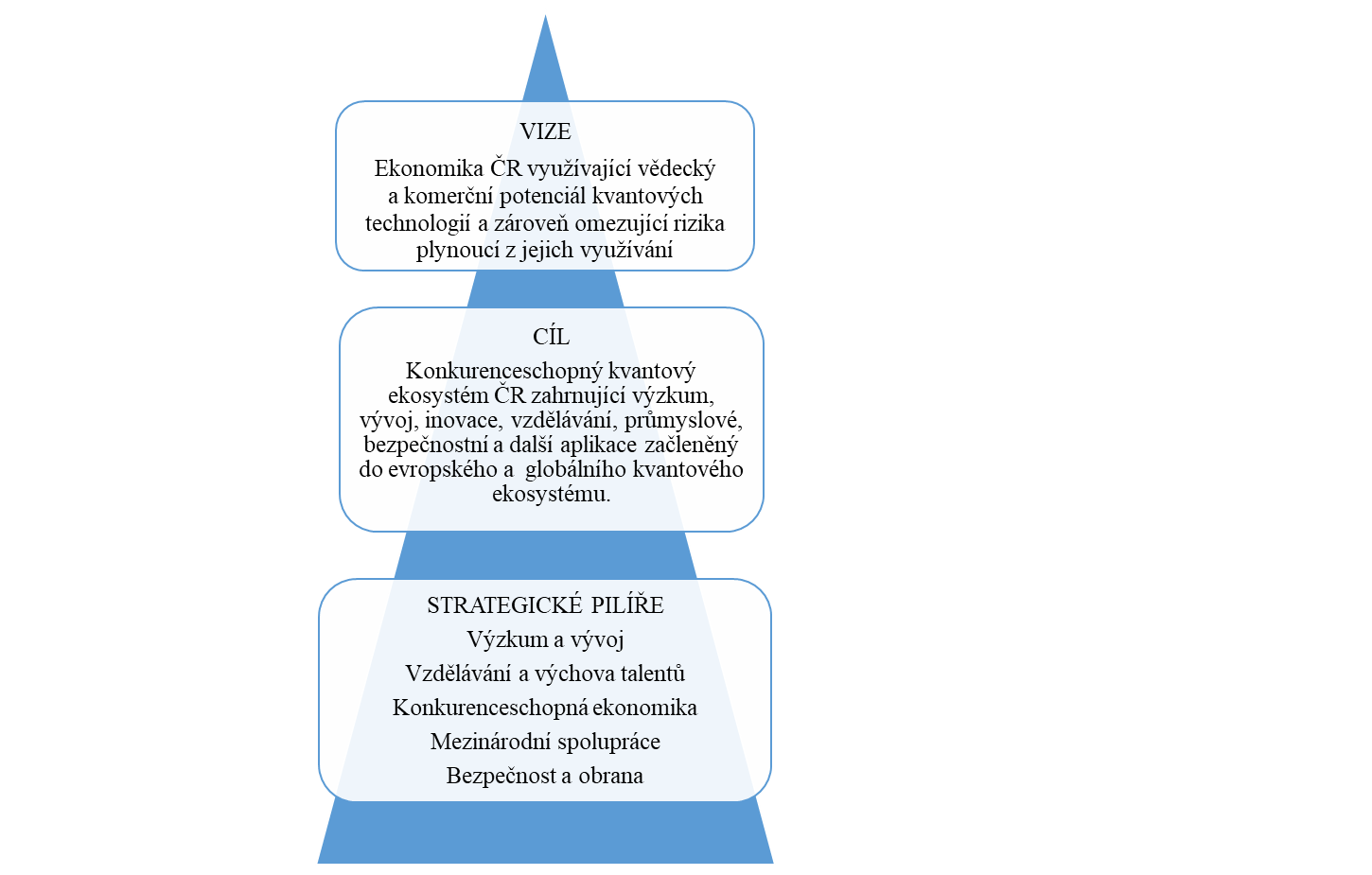
|  |  |
| --- | --- |
| **Silné stránky** | **Slabé stránky** |
| * + Mezinárodně viditelná výzkumná pracoviště a osobnosti   + Dobré příklady produktivní mezinárodní a národní výzkumné spolupráce   + Schopnost integrace do evropského výzkumného prostoru   + V současné době vznikající konkurenceschopné specializované vzdělávací programy na vysokých školách zaměřené na témata kvantových technologií   + Přítomnost nadnárodních firem, které intenzivně rozvíjejí kvantové technologie   + Existující technologické zázemí pro vývoj kvantových senzorů, kvantové komunikace, kvantových simulátorů a základů kvantových počítačů na více fyzikálních platformách   + Existující zapojení do evropských infrastruktur v kvantové metrologii, komunikaci a počítaní | * + Absence národní strategie a odpovídající finanční podpory pro segment „Kvantové vědy a technologie“   + Nízká atraktivita institucí v ČR pro špičkové zahraniční vědce v kvantových vědách a technologiích ve srovnání s okolními státy   + Nízká informovanost společnosti o přínosech a hrozbách. Nepřipravenost společnosti a legislativy na nástup kvantových technologií   + Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil (akademičtí pracovníci, technici) pro oblast kvantových technologií   + Nedostatek vzdělávacích programů pro oblast kvantových technologií (Ph.D., Ing., Bc.) a zavedení do středoškolské výuky   + Nedostatek start-up a spin-off subjektů v kvantových technologiích   + Problematické zapojování do některých evropských projektů pro operativní kofinancování z národních zdrojů |
| ****Příležitosti**** | **Hrozby** |
| * + Zvýšení konkurenceschopnosti ČR skrz produkty s vysokou přidanou hodnotou   + Využití existujícího znalostního a technologického potenciálu k zapojení  se do vývoje kvantových počítačů a simulátorů, kvantových komunikačních sítí, kvantových senzorů a materiálů   + Zvýšení excelence výzkumných týmů v ČR v nových oblastech kvantových věd a technologií   + Ekonomické a strategické výhody včasné integrace do vznikajícího evropského kvantového ekosystému   + Rozvoj vzdělávacích programů zaměřených na kvantové technologie   + Rozvoj ekonomiky využívajících přínosů kvantových technologií   + Rozvoj mezinárodní spolupráce   + Využití synergií s dalšími strategickými technologiemi (AI, polovodiče)   + Podpora zajištění národní bezpečnosti  a obranyschopnosti | * + Zranitelnost kritické infrastruktury a kritické informační infrastruktury z hlediska kybernetické bezpečnosti   + Ztráta konkurenceschopnosti národního hospodářství, R&D a technologické vyspělosti ČR   + Odliv intelektuálního kapitálu a lidských zdrojů do zahraničí   + Závislost ČR na zahraničních dodávkách technologií, řešení a zahraničních obornících   + Nedostatečné vyčlenění finančních prostředků |

V souladu s hlavním cílem a dílčími cíli strategie (viz str. 8) a v návaznosti na závěry analytické části (viz str. 23) SWOT analýza ukazuje, že Česká republika disponuje silnými výzkumnými pracovišti, technologickým zázemím a příležitostí k zapojení do evropského i globálního kvantového ekosystému, ale zároveň čelí slabinám jako jsou nedostatek kvalifikovaných pracovníků, nízká atraktivita pro špičkové talenty, slabý rozvoj start-upů a omezená finanční podpora. Tyto slabiny, pokud zůstanou neřešené, mohou zvyšovat hrozbu odlivu kapacit, závislosti na zahraničních technologiích a ztráty konkurenceschopnosti.

# Strategická část

Česká republika má, vzhledem ke svému historickému dědictví inovací, kvalitního vzdělávání a vědeckého bádání, jedinečnou šanci prosadit se v této rychle se rozvíjející oblasti.   
Je však zapotřebí dát prioritu rozvoji a zavádění kvantových technologií a podpořit špičkové výzkumné týmy, které jsou v globálním měřítku významnými aktéry v kvantových technologiích v základním i aplikovaném výzkumu a využít je pro rozvoj vhodného systému vzdělávání  
v oblasti kvantových technologií. V souvislosti s tímto je potřeba klást důraz na budování mezisektorových a multidisciplinárních kompetencí a budování mezioborových kapacit.  
Pro aktivní zapojení do globálního a evropského kvantového ekosystému je třeba podpořit internacionalizaci výzkumných týmů v oboru kvantových technologií a jejich integraci  
do mezinárodního, především do evropského výzkumného prostoru, prostřednictvím kofinancování evropských i dalších programů, které to vyžadují. Klíčovou roli pro rozvoj bude představovat dostatek kvalifikovaných odborníků a uživatelů, proto je nezbytné intenzivně podporovat vzdělávání na všech stupních škol. Pro urychlení rozvoje kvantových technologií využít existujících spojení akademického prostředí se soukromým sektorem pro vývoj firemních aplikací. Je nutné vytvořit podmínky pro kvalitní věcný a časově efektivní transfer know-how a technologií ze sféry výzkumu a vývoje do sféry praktického využití.

Existence rozmanitého a prosperujícího kvantového ekosystému je klíčem k využití plného potenciálu kvantových technologií. Výzkum a vývoj hraje dominantní roli jak z hlediska mezinárodní spolupráce, výchovy odborníků, přínosu nových znalostí a vývoje technologií,  
tak i jako místo, kde dochází k přenosu těchto aktiv do průmyslu a dalších sektorů. Udržení špičkové výzkumné komunity je nezbytné k tomu, aby se kvalitní vědecký potenciál České republiky stal součástí národního kvantového ekosystému v co nejkratší době. Inovace  
v průmyslu, které jsou poháněny technologickými centry a umožněny vysoce kvalifikovanou pracovní silou a obecným povědomím podporujícím zavádění nových technologií,  
pak reflektují efektivitu kvantového ekosystému. Kvantový ekosystém České republiky musí být efektivně nastaven vzhledem k velikosti a možnostem ČR, jejím personálním   
i technologickým kapacitám, a musí ji věrohodně reprezentovat jako důležitého a spolehlivého partnera na mezinárodním poli. Musí zejména organicky a promyšleně navazovat na evropský i globální kvantový ekosystém ve všech jeho aspektech a rovněž vhodně navázat na rozvoj dalších strategických technologií jako je AI a polovodiče.



Obr. 5: Národní strategie pro kvantové technologie

## **Strategické pilíře**

Stanovená vize a definovaný cíl budou naplněny prostřednictvím cílů hlavních strategických pilířů Národní strategie pro kvantové technologie, kterými jsou

* **Výzkum a vývoj**
* **Vzdělávání a výchova talentů**
* **Konkurenceschopná ekonomika**
* **Mezinárodní spolupráce**
* **Bezpečnost a obrana**

Odpovědnost za implementaci jednotlivých opatření má konkrétní gestor, který zastřešuje   
a zajišťuje věcnou implementaci včetně spolupráce se spolugestory. Finanční vyjádření vycházejí z expertních odhadů a představují optimální částky pro zajištění cílů. Podmínkou realizace jednotlivých opatření strategie je vyčlenění finančních zdrojů ze státního rozpočtu.

## Pilíř 1: Výzkum a vývoj

Pro inovativní zemi jako je Česká republika, kde synergie mezi špičkovým výzkumem a silnou průmyslovou základnou může podpořit hospodářský rozvoj a globální spolupráce v oblasti nově vznikajících technologií, nabízejí kvantové technologie významné příležitosti pro růst  
a konkurenceschopnost.

Národní strategie pro kvantové technologie, její věcné zaměření a výstupy vyžadují špičkový základní a aplikovaný výzkum a jejich zapojení do evropského a globálního kvantového ekosystému. Platí a je potvrzeno praxí, že strategické technologie jsou z principu spojeny s vysokou intenzitou základního a aplikovaného výzkumu, kvalitou a organizací výzkumu  
a vývoje, proto musí jejich podpora směřovat k posílení výzkumné excelence, rozvoji lidských zdrojů a návazně k efektivnímu technologickému a znalostnímu transferu. Česká republika má silné zázemí v základním výzkumu, který má nadějný potenciál pro aplikovaný výzkum v oblastech kvantových výpočtů, technologií kvantových počítačů a simulátorů na různých fyzikálních platformách, kvantové komunikace, kvantových senzorů, kvantové metrologie  
i v oblasti nových kvantových materiálů. Centra výzkumu se koncentrují při výzkumných organizacích různého typu a spolupracují napříč republikou. Pro rozvoj současných kompetencí, urychlení a rozvoj výzkumu kvantových technologií a pro dosažení požadované konkurenceschopnosti na globální scéně je nutná intenzivní a udržitelná podpora pro základní i aplikovaný výzkum podobně, jak je tomu v ekonomicky podobně silných státech (Dánsko, Holandsko, Finsko atd.). Podpora v propojení na evropský i mezinárodní výzkum, podpora v oblasti transferu získaných znalostí do praxe i podpora vzniku start-upů, spin-offů a nových firem věnujících se výzkumu a aplikacím kvantových technologií.

Vedle toho je stejně tak potřebné nastavení podstatně vyšší náročnosti hodnocení vlastní práce, výkonnosti a výsledků pomocí srovnání a přijetí zahraničních benchmarků na úrovni světové nejlepší praxe jak ve vlastní vědecké a výzkumné práci, tak v její organizaci a procesním transferu výsledků do praxe.

V rámci existujících i nově připravovaných nástrojů podpořit získání investic a provozních prostředků do přístrojového vybavení a infrastruktury pro kvantové technologie i podpůrné technologie, zejména v oblasti na škálovatelnost náročných kvantových počítačů, kvantových simulátorů a také kvantové komunikace směrem k sítím mnoha uživatelů, v oblasti masivního rozvoje kvantových senzorů, metrologie i nových kvantových materiálů a významně posílit cílená opatření pro budování soudržnosti a dynamiky výzkumné kvantové komunity v ČR.  
Pro mezinárodní konkurenceschopnost i zajištění národní bezpečnosti ČR je nezbytná podpora účastí v mezinárodních výzkumných programech, konsorciích a infrastrukturách, kde je často vyžadováno národní kofinancování. Financování kvantových technologií by mělo být stabilní a strategicky sladěné s prioritními oblastmi zaměření (kvantová věda, kvantové výpočty  
a simulace, kvantová komunikace, kvantová senzorika, kvantová metrologie a kvantové materiály). Je třeba zajistit, aby nové aktivity přispěly k dalšímu rozvoji stávajících špičkových výzkumných pracovišť v ČR a v případě potřeby ke vzniku nových.

**STRATEGICKÝ CÍL**

Česká republika disponuje špičkovými výzkumnými pracovišti v oblasti širokého spektra kvantových věd, kvantového počítání, kvantové komunikace, kvantové senzoriky, kvantové metrologie a kvantových materiálů, zapojenými do evropského a globálního kvantového ekosystému.

**OPATŘENÍ K DOSAŽENÍ CÍLE**

| **P1.1**  **Program účelové podpory zaměřený na podporu excelentních vědeckých týmů v oblasti kvantových technologií.** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit a implementovat program účelové podpory na výzkum, vývoj a inovace s cílem podpořit excelentní vědecké týmy s důrazem na posílení interdisciplinarity i národní spolupráce výzkumu a vývoje a na vytvoření podmínek pro rozvoj lidských zdrojů ve výzkumu a vývoji soustředěných kolem významných tuzemských či zahraničních osobností. Do roku 2025 dojde k přípravě veřejné soutěže a od roku 2026 bude zahájeno financování. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MVVI |
| Termín zavedení | 2026 |
| Náklady | Optimálně 1600 mil. Kč rozloženo do roku 2031 |
| Přínosy | Zajištění stabilního dlouhodobého financování konsorcia spolupracujících excelentních výzkumných týmů, které by mělo napomoci k dlouhodobé systematické práci na zásadních objevech a inovacích. |
| Doba realizace | od roku 2026 do roku 2031 |
| Indikátor splnění | Příprava a schválení vládou programu účelové podpory určeného k finanční podpoře excelentních výzkumných týmů. Do konce roku 2025 vytvoření programu, vznik a financování konsorcia v roce 2026. |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

| **P1.2**  **Podpora kofinancování evropských a mimoevropských výzkumných projektů** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Pro podporu rozvoje a stabilizace výzkumné a inovační základny pro rozvoj kvantových technologií v rámci existujících i nově připravovaných nástrojů zajistit kofinancováním přístup do evropských i mimoevropských výzkumných projektů, včetně výzkumných projektů dvojího využití, formou podpory mezinárodní spolupráce MŠMT pro oblast kvantových technologií (např. HE, Digital Europe, EuroQCI, QuantERA apod.). |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MO, TAČR, GAČR |
| Termín | od roku 2026 |
| Náklady | Optimálně 1, 25 mld. Kč (250 mil. Kč ročně po dobu 5 let) |
| Přínosy | Propojení, účast a rozvoj českých výzkumných týmů v rámci evropských  i mimoevropských výzkumných konsorcií. Zařazení českých výzkumných týmů do výzkumného řetězce. |
| Doba realizace | od roku 2026 do roku 2031 |
| Indikátor splnění | V rámci již schválených i nově připravovaných výzev programů jsou a budou zahrnuty kvantové technologie. |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

| **P1.3**  **Vybudování Národního centra výzkumu kvantových technologií** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Bude podpořen vznik a pilotní ověření začlenění a funkčnosti Národního centra kvantových technologií jako konsorciálního projektu výzkumných organizací a firem. |
| Odpovědnost | TA ČR |
| Spolupráce | MPO, MVVI, MŠMT |
| Termín | do konce roku 2027 |
| Náklady | Optimální rozpočet: 530 mil. Kč (s postupným náběhem) |
| Přínosy | Propojení a rozvoj českých výzkumných organizací a firem v oblasti kvantových technologií. |
| Doba realizace | od roku 2027 do roku 2032 |
| Indikátor splnění | Vznik a pilotní ověření Národního centra výzkumu kvantových technologií |
| Rozpočtová kapitola | TA ČR |

| **P1.4 Vyhlášení veřejné soutěže v rámci programu MPO TWIST na podporu projektů zaměřených na kvantové technologie** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | V rámci programu MPO TWIST budou od roku 2027 vyhlašovány veřejné soutěže specificky zaměřené na kvantové technologie. |
| Odpovědnost | MPO |
| Spolupráce | Není |
| Termín zavedení | Do 31.12.2026 |
| Náklady | Bez dodatečných rozpočtových požadavků na výdajové straně rozpočtu. Předpokládáme finanční alokaci z programu TWIST ve výši 50 mil. Kč ročně od roku 2027 (celkem 250 mil. Kč). |
| Přínosy | Podpora vývoje nových inovativních aplikací a produktů s vyšší přidanou hodnotou. |
| Doba realizace | Od roku 2027 do roku 2032 |
| Indikátor splnění | Vyhlášení alespoň jedné veřejné soutěže zaměřené na kvantové technologie |
| Rozpočtová kapitola | MPO |

## Pilíř 2: Vzdělávání a výchova talentů

Vzdělávání a výchova talentů je klíčovým a nezbytným předpokladem pro rozvoj kvantového ekosystému v České republice. Úspěch v oblasti kvantových technologií je kriticky závislý   
na schopnosti České republiky vzdělávat, přitahovat a udržet si kvalifikovanou pracovní sílu. Je nezbytné podporovat nejen odborníky pro dnes známé aplikace (např. kvantové počítače, komunikace, senzory), ale také vytvářet flexibilní a adaptabilní vzdělávací a školící kapacity pro budoucí využití kvantových technologií v oblastech, které si dnes ještě nedovedeme plně představit (např. nové typy materiálů, bio-kvantové aplikace, pokročilé zdravotnické technologie nebo kvantové aspekty umělé inteligence). Dlouhodobě je klíčové, aby ČR měla nejen špičkové vědce a inženýry, ale také dostatečný počet techniků, operátorů a manažerů schopných chápat principy kvantových technologií a integrovat je do každodenní praxe. Hlavní úsilí by mělo být zaměřeno na maximální podporu propojení vzdělávání v oblasti kvantových technologií s výzkumem, firemním sektorem a popularizací kvantových technologií v celé společnosti. Vzdělávací ekosystém se musí opírat o vzdělávání vysoce kvalifikovaných specialistů v magisterských a doktorských studijních programech. Toto vzdělávání je úzce navázáno na špičkový výzkum v kvantových vědách a technologiích i příbuzných oblastech fyziky a technických věd. Je třeba do něj zapojit specialisty z oblasti kvantových technologií včetně zahraničních vyučujících. Vzdělávací programy by měly pokrývat nejen velmi abstraktní oblasti teoretických kvantových výpočtů a kvantové informatiky, ale i studijní programy věnující se experimentálním aspektům kvantových materiálů a experimentálním fundamentům kvantové fyziky a dalšími příbuznými oblastmi. Je zapotřebí nabízet srozumitelně pojaté kurzy základů kvantových technologií jako součást všeobecného základu již u bakalářských studijních programů, a to nejen na technických či přírodovědných fakultách, ale i na fakultách humanitních. Významnou roli budou hrát kurzy celoživotního vzdělávání,   
a to zejména mikrocertfikátové programy. Předpokládá se jejich systematické využívání firmami zabývajícími se kvantovými technologiemi, popř. pracovišti specializujícími se na měřící techniku či vývoj experimentálních řešení. Do realizace vzdělávacích aktivit budou zapojeny univerzity a jejich ústavy, ústavy Akademie věd České republiky, Svaz průmyslu   
a dopravy ČR, Hospodářská komora, firmy i start-upy a spin-offy.

Zcela zásadní je věnovat pozornost vzdělávání stávajících i budoucích učitelů v základech   
a klíčových principech i aplikacích kvantových technologií. Je nutné, aby vznikla řada učebních pomůcek, jak pro budoucí učitele, tak pro žáky a studenty. Využívat možnosti stávajících volných softwarů a platforem umožňující simulaci kvantového počítání. Bude zapotřebí vybavit školy experimentálními výukovými sadami, na kterých budou žáci a studenti jevy kvantové fyziky a mechaniky přímo studovat. Je zapotřebí motivovat i děti, žáky   
a studenty středních škol k zájmu o kvantové technologie. K tomu jsou vhodné aktivity,   
které se uplatňují jak ve spolupráci vysokých a středních škol, tak i škol základních (popularizační přednášky, návštěvy laboratoří, exkurze, různé soutěže apod.). Dále využití existující sítě science center pro popularizační programy či přitažlivé exponáty. Velkou výhodou ČR je dlouhodobý a propracovaný systém odborných soutěží. Téma kvantových technologií by mělo být postupně do soutěží zapojováno. Rovněž je třeba využívat médií   
a sociálních sítí k pozitivní propagaci kvantových technologií.

**STRATEGICKÝ CÍL**

Česká republika je schopna zajistit vzdělávání a výchovu expertů a uživatelů kvantových technologií. Do konce roku 2031 bude ČR schopna produkovat ročně 150 absolventů vysokoškolských studijních programů v oblasti kvantových technologií.

**OPATŘENÍ K DOSAŽENÍ CÍLE**

| **P2.1**  **Program na podporu vzniku a rozvoje bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů pro oblast kvantových technologií.** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit a následně realizovat program na podporu vzniku a rozvoje bakalářských, magisterských a doktorských studijních programů (včetně učitelských) pro oblast kvantových technologií. Cílem tohoto opatření je navýšit kapacity vzdělávání v kvantových technologiích. Program by měl systematicky budovat základnu kvalifikovaných lidských zdrojů schopných pracovat s kvantovými technologiemi na všech úrovních od výzkumu a vývoje přes praktické inženýrské aplikace až po implementaci v průmyslu, státní správě a bezpečnosti. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MVVI, MPSV, NAU, MPO, SPČR, HK |
| Termín | Do konce roku 2026 příprava, začátek od 2027 |
| Náklady | Optimální rozpočet: 200 mil. Kč (s postupným náběhem) |
| Přínosy | Vybudování základy kvalifikovaných lidských zdrojů schopných pracovat s kvantovými technologiemi na všech úrovních od výzkumu a vývoje přes praktické inženýrské aplikace až po implementaci v průmyslu, státní správě a bezpečnosti. |
| Doba realizace | od roku 2027 do roku 2032 |
| Indikátor splnění | Schválení vládou programu podpory určeného pro rozvoj studijních programů na VŠ |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

| **P2.2**  **Doporučení pro implementaci výuky s tématy týkajícími se kvantových technologií  do středoškolského vzdělávání** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit doporučení pro implementaci bloků či předmětů s tématy týkajícími  se kvantových technologií do středoškolského vzdělávání. Vznik pracovní skupiny expertů, která připraví doporučení vhodných oborů středních škol  pro jejich implementaci. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MPSV, MPO |
| Termín | do konce roku 2026 |
| Náklady | Bez dodatečných nákladů |
| Přínosy | Připravit rozvoj výuky o kvantových technologiích na SŠ |
| Doba realizace | od 2026 do 2026 |
| Indikátor splnění | Rozhodnutí ministra o návrhu doporučení pro implementaci bloků či předmětů s tématy týkajícími se kvantových technologií. |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

| **P2.3**  **Implementovat Opatření P2.2 na vybraných oborech středních škol** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Pilotně ověřit a následně implementovat výuku kvantových technologií  na vybraných oborech středních škol dle opatření P2.2. Bude rozšířena výuka  s tématy týkajícími se kvantových technologií pro vybrané obory středních škol prostřednictvím pilotního ověření a následné implementace opatření P2.2. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | -- |
| Termín | do konce roku 2029 |
| Náklady | Optimální rozpočet: 80 mil. Kč |
| Přínosy | Rozvoj výuky o kvantových technologiích na středních školách |
| Doba realizace | do roku 2029 |
| Indikátor splnění | Schválení vládou změny rámcového vzdělávacího programu. |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

| **P2.4**  **Program podpory popularizace a vzdělávání kvantových technologií** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit a následně implementovat v rámci popularizace a vzdělávání program podpory projektů výzkumných organizací, science center, jehož cílem je přitažlivou formou představovat kvantové technologie a základy kvantové fyziky dětem, školním exkurzím i široké veřejnosti. Součástí je také příprava dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků, projektů neformálního vzdělávání a znalostní podpory talentů, zájmových kroužků, soutěží, exkurzí i jiných volnočasových aktivit pro žáky základních a středních škol. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MPO, MVVI |
| Termín | Příprava do konce roku 2026, následně implementace do roku 2031 |
| Náklady | Předpokládaný rozpočet: 200 mil. Kč |
| Přínosy | Zatraktivnění a zvýšení zájmu o kvantové technologie. Rozvoj výuky o kvantových technologiích na SŠ a popularizace na ZŠ. |
| Doba realizace | od roku 2027 do roku 2031 |
| Indikátor splnění | Schválení vládou programu podpory popularizace kvantových technologií |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

## Pilíř 3: Konkurenceschopná ekonomika

Ekonomická síla kvantového ekosystému je výraznou podporou pro celkovou ekonomickou výkonnost. Vytváření hodnot je poháněno kombinací inovativního výzkumu, vývoje kvantových technologií a komercializací těchto technologií na tržně atraktivní produkty   
a služby. Hodnota vytvářená v oblasti kvantových technologií se neodvíjí pouze od přímých ekonomických výnosů, ale i od strategických výhod, které tyto technologie přinášejí, a to od průlomového výpočetního výkonu přes zabezpečenou komunikaci až po vysoce přesná měření a robustní zařazení do globálních dodavatelských řetězců. Posílení ekonomiky prostřednictvím kvantových technologií zároveň zvyšuje odolnost státu, jeho bezpečnost i schopnost reagovat na nové hrozby a příležitosti. Síla ekosystému je dále posilována robustní spoluprací mezi veřejným a soukromým sektorem, čímž se vytváří prostředí, ve kterém mohou kvantové start-upy a spin-offy prosperovat vedle zavedených technologických gigantů. Nicméně, pro udržení a růst této ekonomické síly jsou nezbytné průběžné stabilní investice, systematická podpora vzdělávání a rozvoje talentů. Česká republika by měla usilovat o to, aby patřila mezi státy schopné nejen využívat kvantové technologie, ale také samostatně vyvíjet a vytvářet jejich zásadní části. To vyžaduje synergickou spolupráci mezi vysokoškolskými a výzkumnými institucemi, firemním sektorem a státní správou. Nezbytným předpokladem je podpora celého řetězce od základního přes aplikovaný výzkum, k transferu technologií a vzniku start-upů   
a spin-offů až po podporu malých a středních podniků a pobídky pro renomované firmy. Spolupráce akademického, firemního i veřejného sektoru nejenže posune kvantové technologie směrem k aplikacím a adopci v reálném světě, ale také zajistí, že si Česká republika udrží obranyschopnost, bezpečnost a zůstane znalostně a ekonomicky konkurenceschopná. Zvláště technologie rozvíjené ve výzkumných institucích mají potenciál přispívat k vývoji kvantových počítačů a jejich komponentů. Otevírá se zde příležitost technologii kvantového počítání   
na vybraných fyzikálních platformách na národní úrovni zvládnout a být mezi zeměmi schopnými kvantové počítače nebo jejich klíčové prvky vyrábět. Hlavním cílem je zajistit,   
aby pokroky v kvantových technologiích byly efektivně převedeny do hmatatelných, tržně připravených řešení, čímž posílí pozici České republiky v globálním technologickém prostředí. Je také nutné zajistit, aby i všechny státní instituce, veřejná správa i širší veřejnost byly informovány o možnostech i rizicích spojených s kvantovými technologiemi a byly připraveny a schopny kvantové technologie používat, implementovat a podporovat.

**STRATEGICKÝ CÍL**

Česká republika je díky systému podpory celého řetězce od základního přes aplikovaný výzkum k transferu technologií a vzniku start-upů a spin-offů až po podporu malých   
a středních podniků a pobídky pro velké firmy atraktivním místem pro podnikání v oblasti kvantových technologií.

**OPATŘENÍ K DOSAŽENÍ CÍLE**

| **P3.1**  **Zmapování požadavků zaměstnavatelů s výhledem do roku 2032 jako vstup  pro dimenzování adekvátního vzdělávacího systému.** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Zmapování požadavků zaměstnavatelů v oblasti kvantových technologií. |
| Odpovědnost | MPO |
| Spolupráce | MŠMT, SPČR, HK |
| Termín | do září roku 2026 |
| Náklady | Bez dodatečných nákladů na státní rozpočet |
| Přínosy | Zmapování potřeb zaměstnavatelů jako vstup pro přípravy P2.2 |
| Indikátor splnění | Studie |

| **P3.2**  **Program na podporu rozvoje regionálních ekosystémů pro kvantové technologie** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit a následně implementovat program na podporu rozvoje regionálních ekosystémů pro kvantové technologie. Podpora rozvoje a rozšíření stávajících inkubátorů v oblasti kvantových technologií pro transfer technologií mezi výzkumnými organizacemi a firmami, podpora start-upů, malých a středních podniků a rozvoj spolupráce se zahraničními regiony. |
| Odpovědnost | MPO |
| Spolupráce | MMR, CZECHINVEST, MVVI |
| Termín | do konce roku 2026 příprava, následně implementace do roku 2031 |
| Náklady | Optimální rozpočet: 200 mil. Kč |
| Přínosy | Dojde k rozšíření stávajících inkubátorů o zaměření na oblast kvantových technologií, což umožní efektivní transfer poznatků z akademické sféry do firemní praxe.  Regiony získají zázemí pro podporu start-upů a malých  a středních podniků (MSP), což zvýší jejich schopnost zapojit  se do technologického vývoje. Program umožní českým regionům navazovat partnerství se zahraničními ekosystémy a zapojovat se do mezinárodních projektů, čímž se urychlí přenos technologií a zkušeností. |
| Doba realizace | od roku 2027 do roku 2031 |
| Indikátor splnění | Schválení programu na podporu rozvoje regionálních ekosystémů pro kvantové technologie. Vzniknou minimálně 3 regionální inkubátory. |
| Rozpočtová kapitola | MPO |

## Pilíř 4 Mezinárodní spolupráce

Mezinárodní spolupráce hraje klíčovou roli pro úspěch pro celkový rozvoj kvantových technologií. Výzvy, které rozvoj kvantových technologií přináší, není možné řešit bez široké   
a dlouhodobé mezinárodní spolupráce. Hlavním cílem je spolupráce v rámci EU, evropského prostoru a se zeměmi světa sdílející stejné demokratické hodnoty. Jedním z hlavních přínosů mezinárodní spolupráce je sdílení odborných znalostí a zkušeností, které je v oblasti kvantových technologií, jež se rychle vyvíjí, nezbytné pro udržení konkurenceschopnosti. Přístup k nejnovějším poznatkům a výzkumným metodám, často dostupným prostřednictvím předních výzkumných institucí a univerzit, je proto zásadní. Toto rovněž platí i o přístupu k nejpokročilejším kvantovým počítačům pro účely výzkumu, vývoje a vzdělávání. Klíčová je spolupráce s předními výzkumnými institucemi a univerzitami nejen v evropském výzkumném prostoru, ale i v dalších vyspělých demokratických zemích. Podpora vstupu   
do mezinárodních výzkumných spoluprací, podpora zahraničních investic a financování je důležitým prvkem rozvoje kvantových technologií. Takové spolupráce a investice nejenže zvyšují kapacitu pro provádění rozsáhlých výzkumných projektů, ale také umožňují rozvíjet pokročilé výzkumné a testovací infrastruktury nezbytné pro experimentální práci a inovace.   
To zahrnuje investice do laboratoří, testovacích zařízení a výpočetních zdrojů, které jsou klíčové pro zkoumání a využívání kvantových jevů a technologií. Tato partnerství umožňují českým výzkumným týmům a firmám vstupovat do širších partnerských sítí, které jsou zásadní pro sdílení nejlepší praxe a zkušeností. Skrze tyto sítě lze spolupracovat na společných projektech, sdílet unikátní výzkumné zdroje a přístupy a vytvářet tak synergie, které přesahují možnosti jednotlivých států. Speciální pozornost bude také věnována evropským zemím, kde MŠMT a GAČR nemají v současnosti uzavřené dohody na vědecké projekty nad rámec mobilit (Francie, Španělsko, Finsko, Dánsko, Holandsko). Spolupráce s globálními partnery může pomoci českým start-upům, spin-offům a firmám překlenout bariéru mezi výzkumem a trhem, poskytnout přístup k novým trhům a zákazníkům a vytvořit nové kanály pro monetizaci technologií, produktů a služeb.

Mezinárodní spolupráce v oblasti kvantových technologií rovněž podporuje výměnu talentů   
a odborných znalostí. Vytváření společných obchodních spoluprací, výzkumných programů   
a projektů a sdílení zkušeností odborných znalostí může výrazně přispět k rozvoji domácích kapacit pro rozvoj kvantového ekosystému.

**STRATEGICKÝ CÍL**

Posílit mezinárodní spolupráci České republiky v oblasti kvantových technologií s důrazem   
na partnerství v evropském výzkumném prostoru a s demokratickými státy světa, aby české výzkumné týmy, firmy a instituce získaly přístup k nejmodernějším znalostem, infrastrukturám, investicím a trhům a mohly tak efektivně rozvíjet domácí kvantový ekosystém a zvyšovat svou globální konkurenceschopnost. Česká republika je vyhledávaným   
a spolehlivým partnerem pro výzkumnou i průmyslovou spolupráci v rámci evropského   
i globálního kvantového ekosystému.

**OPATŘENÍ K DOSAŽENÍ CÍLE**

| **P4.1**  **Výzva pro podporu participace českých expertů v rozhodovacích strukturách rozvoje kvantových technologií v rámci EU.** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit výzvu pro podporu participace českých expertů v rozhodovacích strukturách kvantového ekosystému v rámci EU a tím zajistit větší vliv ČR  a umožnit intenzivnější zapojení do evropského kvantového ekosystému. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MZV, MVVI |
| Termín | do konce roku 2026 příprava výzvy následně implementace do roku 2032 |
| Náklady | Optimální rozpočet: 30 mil. Kč |
| Přínosy | Větší participace a zapojení do rozhodovacích procesů i do kvantového ekosystému EU |
| Doba realizace | od 2027 do roku 2031 |
| Indikátor splnění | Vyhlášení výzvy, zvýšení počtu podpořených expertů. |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

| **P4.2**  **Mezinárodní memoranda o spolupráci v oblasti kvantových technologií se zeměmi  s vyspělým kvantovými ekosystémem** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Uzavřít memoranda o spolupráci ve výzkumu, vývoji, inovacích pro oblast kvantových technologií s demokratickými zeměmi jak s vyspělým kvantovými ekosystémem, např. Spojené státy americké, Velká Británie, Japonsko, Izrael, Singapur, a Jižní Korea, tak také se zeměmi, kde kvantové technologie mohou být perspektivní z hlediska ČR a podpořit tyto spolupráce zdroji na financování projektů z opatření P1.2. |
| Odpovědnost | MŠMT |
| Spolupráce | MPO, MZV, MVVI |
| Náklady | Bez dodatečných nákladů na státní rozpočet |
| Termín | do konce roku 2030 |
| Přínosy | Rozvoj spolupráce a bilaterálních projektů s nejvyspělejšími státy. Zapojení  se do globálního kvantového ekosystému. |
| Indikátor splnění | 3 uzavřená memoranda a 10 započatých projektů |
| Rozpočtová kapitola | MŠMT |

## Pilíř 5: Bezpečnost a obrana

Disruptivní potenciál kvantových technologií v oblasti kryptografie, kvantových výpočtů   
a kvantové senzoriky zdůrazňuje NATO a apeluje na své členy, aby zrychlili vývoj kvantových technologií pro armádní aplikace. Řada současných kryptografických metod založených   
na složitých matematických problémech může být kvantovými počítači v budoucnu prolomena, což vyžaduje zavedení nových kvantově odolných kryptografických algoritmů postkvantové kryptografie (PQC). Paralelně je nutné se zabývat využitím tzv. kvantové distribuce klíče (QKD) pro posílení bezpečnosti komunikace a budováním robustních kvantových sítí (quantum networks), které umožní odolnou a bezpečnou komunikaci i v kritických podmínkách, například na bojištích nebo ve vesmírných systémech. Kvantové technologie nabízejí revoluční přístupy k navigaci a detekci, zejména v prostředích, kde tradiční GPS signály mohou být nedostupné nebo narušené. Kvantové senzory mohou poskytnout vysoce přesné a odolné metody měření řady fyzikálních veličin a kvantová metrologie nabízí významné zpřesnění navigace i datových operací, což je zásadní pro moderní vojenské operace. Kvantové simulace mohou umožnit přesnější modelování komplexních systémů a scénářů,   
což je klíčové pro efektivní logistiku a řízení nejen v civilních, ale i armádních podmínkách. Kvantové technologie patří mezi technologie dvojího užití. Nabízejí jak civilní, tak vojenské aplikace, což výrazně zvyšuje nároky na jejich ochranu. Je nezbytné, aby Česká republika zavedla důkladná opatření na ochranu těchto technologií včetně ochrany jejich výzkumu   
a vývoje před hrozbami jako jsou špionáž či kybernetické útoky. Sem patří i budování obranných experimentálních a testovacích infrastruktur, které umožní ověřování kvantových technologií v realistických podmínkách, například pro armádní navigaci bez GPS, detekci stealth objektů či pokročilé simulace. Klíčová je spolupráce s bezpečnostními   
a zpravodajskými složkami, které mohou identifikovat potenciální hrozby a včas varovat před konkrétními riziky, stejně jako koordinace aktivit s aliančními partnery (NATO, EU), aby byla zajištěna interoperabilita kvantových systémů a sdílení citlivých poznatků v souladu   
s mezinárodními závazky. Důraz na bezpečnost je zásadní nejen pro ochranu strategických zájmů státu, ale také pro zajištění konkurenční výhody, odolnosti kritické infrastruktury   
a suverenity České republiky v oblasti kvantových technologií na mezinárodní scéně. Je proto klíčové zajistit podmínky pro efektivní fungování výzkumné a aplikační spolupráce mezi všemi stakeholdery, budovat vojenské testovací infrastruktury, rozvíjet interoperabilitu   
s mezinárodními partnery a posílit ochranu kritických systémů ČR s ohledem na postkvantové hrozby. Vývoj a integrace těchto technologií by měly být řízeny a koordinovány na všech úrovních státní správy, přičemž klíčovou roli by mělo hrát Ministerstvo obrany ve spolupráci s Ministerstvem vnitra, Národním úřadem pro kybernetickou a informační bezpečnost   
a zpravodajskými službami.

**STRATEGICKÝ CÍL**

Využití kvantových technologií k zajištění odolnosti, bezpečnosti a obranyschopnosti státu prostřednictvím rozvoje kvantově odolné a bezpečné komunikace, pokročilé navigace, detekce a simulací pomocí zajištění koordinované spolupráce ve výzkumu, vývoji, inovacích   
a vzdělávání mezi státní správou, výzkumnými institucemi, průmyslem a mezinárodními partnery.

**OPATŘENÍ K DOSAŽENÍ CÍLE**

| **P5.1**  **Připravit plán k implementaci kvantově odolné kryptografie** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit komplexní plán k implementaci kvantově odolné kryptografie, který bude zahrnovat technické, organizační i legislativní kroky potřebné pro přechod na nové kryptografické standardy. Tento plán zároveň určí odpovědnosti jednotlivých aktérů, časový harmonogram a způsob financování, aby byl zajištěn koordinovaný proces implementace pro povinné osoby podle zákona č. 181/2014 Sb.. |
| Odpovědnost | NUKIB |
| Spolupráce | MV |
| Termín | Do června roku 2026 |
| Náklady | Bez dodatečných nákladů na státní rozpočet |
| Přínosy | Plán pro zavedení postkvantové kryptografie |
| Doba realizace | Do června roku 2026 |
| Indikátor splnění | Plán k implementaci kvantově odolné kryptografie |

| **P5.1.1.**  **Do konce roku 2030 zajistit implementaci kvantově odolné kryptografie pro povinné osoby podle zákona č. 181/2014 Sb.** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Zajistit implementaci kvantově odolné kryptografie podle opatření 5.1. |
| Odpovědnost | NUKIB |
| Spolupráce | MV |
| Termín | Do konce roku 2030 |
| Náklady | Optimální rozpočet: 300 mil. Kč s postupným náběhem zdrojů |
| Přínosy | Implementace plánovaná u povinných osob podle zákona č. 181/2014 Sb. posílí odolnost kritických systémů a služeb vůči novým bezpečnostním hrozbám. Opatření podpoří sladění s doporučeními EU, NATO a dalších mezinárodních struktur, které apelují na včasný přechod k postkvantové bezpečnosti. |
| Doba realizace | Do roku 2030 |
| Indikátor splnění | Implementace postkvantové kryptografie pro povinné osoby. |
| Rozpočtová kapitola | NUKIB |

| **P5.2**  **Analýza rizik spojených s výzkumem a inovacemi kvantových technologií a jejich možného dopadu pro bezpečnost a obranyschopnost státu.** | |
| --- | --- |
| Popis opatření | Připravit podrobnou analýzu rizik spojených s rozvojem a využíváním kvantových technologií. Tato analýza by měla identifikovat potenciální hrozby, zranitelnosti a slabá místa, která mohou ovlivnit bezpečnost a obranyschopnost státu. Na základě zjištěných rizik pak doporučit opatření ke zmírnění dopadů a posílení ochrany kritických systémů a strategických zájmů České republiky. |
| Odpovědnost | MO |
| Spolupráce | MV |
| Termín | Do konce roku 2026 |
| Náklady | Bez dodatečných nákladů |
| Přínosy | Analýza rizik spojených s kvantovými technologiemi poskytne státu podklady pro cílená ochranná opatření, zvýší jeho odolnost vůči novým hrozbám a posílí strategické rozhodování i mezinárodní spolupráci. |
| Doba realizace | 2026 |
| Indikátor splnění | Schválení analýzy vládou |

# Management rizik

Tato kapitola se zabývá identifikací rizik, která ohrožují dosažení cílů Národní kvantové strategie a možnosti jejich zmírnění.

Mezi zásadní faktory patří zajištění dostatečných finančních zdrojů na celou dobu realizace strategie, které umožní realizaci kroků strategie a výchovu i získání dostatečného množství odborníků, kteří budou schopni obor rozvíjet jak ve výzkumu, v průmyslu, tak i pro státní správu. Finanční profil vyplývá z časového rozložení potřebných aktivit a opatření. Při tom je třeba důrazně brát ohled na dodržení kompetitivních podmínek pro udržení a získávání odborníků. Celý proces implementace Národní strategie pro kvantové technologie značně závisí na výchově a získání dostatečného počtu odborníků pro oblast kvantových technologií. Zásadní je rovněž podpora a financování rozvoje a provozu výzkumné infrastruktury oboru. Omezením strategie v těchto směrech by vznikala budoucí škoda na národním hospodářství   
i v oblasti bezpečnosti a obranyschopnosti. Tabulka 3 reprezentuje zjednodušenou matici globálních rizik. Zachycuje rovněž identifikovaná rizika v politické oblasti spolu s hodnocením jejich dopadu a pravděpodobností jejich výskytu.

Tabulka 3: Tabulka globálních rizik

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Úroveň závažnosti / Pravděpodobnost výskytu | Nižší (1) |  | Kritická (3) |
| Vyšší (3) | Fluktuace odpovědných pracovníků | Změna politických priorit  a cílů | Nedostatečná finanční alokace pro dosažení vytyčených cílů strategie |
|  | Nepružnost vzdělávacího systému | Odliv odborníků do zahraničí | Nedostatek odborníků  a talentů |
| Nižší (1) | Stanovení málo ambiciózních opatření pro splnění cílů | Nedostatečná absorpční kapacita odvětví | Nedostatečná mezinárodní spolupráce |

Investice do rozvoje kvantového sektoru představují nejen podporu technologického   
a ekonomického růstu, ale také strategicky výhodnou volbu s vysokým potenciálem návratnosti. Přínosy jako jsou vznik vysoce kvalifikovaných pracovních míst, růst exportních příležitostí, zvyšování konkurenceschopnosti firem a posílení bezpečnosti státu, převažují nad počátečními náklady na implementaci strategie. Rychlý pokrok v oblasti kvantových technologií znamená, že státy, které investují včas, získají výraznou technologickou   
a bezpečnostní výhodu, zatímco opožděné zapojení hrozí nejen ekonomickými ztrátami,   
ale i zranitelností vůči novým typům hrozeb.

V oblasti globálních rizik lze předpokládat následující možná opatření ke zmírnění jejich dopadu.

Tabulka 4: Zmírnění identifikovaných rizik

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Riziko** | **Dopad** | **Opatření na snížení dopadu** |
| Nedostatečná finanční alokace na realizaci opatření | 9 | Je potřeba nalézt politickou podporu pro prosazení strategie a její podporu po celou dobu realizace, a to včetně definovaných opatření a jejich dopadů. |
| Nedostatek odborníků a talentů | 6 | Podpora vzdělávání na univerzitách i středních školách. |
| Změna politických priorit a cílů | 6 | Strategii projednat rovněž se zástupci opozice a pokusit se najít dlouhodobý konsenzus. Oblast vědy, výzkumu a vzdělávání a kvantová oblast patří mezi oblasti, které by měly být mimo politický boj, protože jsou v zájmu všech. |
| Odliv odborníků do zahraničí | 4 | Vytvoření pobídek a atraktivního ekosystému. |
| Fluktuace odpovědných pracovníků | 3 | Implementace systému pro shromažďování informačních vstupů. Zaškolování nových zaměstnanců odcházejícími pracovníky. |
| Nedostatečná mezinárodní spolupráce | 3 | Zajištění zdrojů na kofinancování mezinárodní spolupráce. |
| Nepružnost vzdělávacího systému | 2 | Popularizace a tvorba pilotních projektů, tvorba vzdělávacích programů a materiálů pro učitele (v rámci DVPP pro stávající a zařazení témat do přípravy nových učitelů) |
| Nedostatečná absorpční kapacita | 2 | Podpora transferu technologií a znalostního transferu v celém ekosystému |
| Stanovení málo ambiciózních opatření pro splnění cílů | 1 | Shromáždění dat a vypracování analýzy včetně predikce růstu sektoru. Na základě zjištěných dat korigovat opatření k dosažení stanovených cílů |

Z těchto obecných opatření lze vyvodit řadu konkrétních kroků, které zajistí naplnění všech potřebných faktorů pro realizaci strategie.

# Řídicí struktury

Na úrovni státní správy je implementace Národní strategie pro kvantové technologie vzhledem k mezirezortním překryvům, v gesci Úřadu vlády, respektive ministra pro vědu, výzkum   
a inovace nebo člena vlády, který vykonává funkci předsedy Rady vlády pro výzkum, vývoj   
a inovace (RVVI), případně jím pověřený zástupce. Pověřený zmocněnec pro kvantové technologie koordinuje příslušné aktivity, spolupracuje s ostatními organizacemi a orgány státní správy a samosprávy, s Evropskou komisí i mimoevropskými partnery.

**Řídicí skupina pro implementaci Národní strategie pro kvantové technologie**

Rozvoj, koordinační činnost a kontrolní činnost rozvoje ekosystému kvantových technologií bude mít v gesci Řídicí skupina pro implementaci Národní strategie pro kvantové technologie, která bude ustanovena. Předsedou řídicí skupiny je ministr pro vědu, výzkum a inovace   
nebo člen vlády, který vykonává funkci předsedy RVVI, případně jím pověřený zástupce. Řídicí skupina je dále tvořena ministrem průmyslu a obchodu, ministrem pro vědu, výzkum   
a inovace, ministrem školství mládeže a tělovýchovy, ministrem financí, ministrem zahraničních věcí, ministrem práce a sociálních věcí, pověřeným zmocněncem pro kvantové technologie. Řídicí skupina může na svá jednání pozvat hosty. Řídicí skupina monitoruje plnění cílů a rozhoduje o aktualizaci Národní strategie pro kvantové technologie. Podává vládě pro informaci jednou za dva roky po projednání Radou pro výzkum, vývoj a inovace zprávu   
o plnění cílů Národní strategie pro kvantové technologie.

**Pracovní skupina Národní strategie pro kvantové technologie**

Předseda řídicí skupiny jmenuje předsedu pracovní skupiny. Pracovní skupina je tvořena zástupcem ministra pro vědu, výzkum a inovace nebo člen vlády, který vykonává funkci předsedy RVVI, případně jím pověřený zástupce, zástupcem Ministerstva průmyslu a obchodu, zástupcem Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy, zástupcem Ministerstva financí, zástupcem Ministerstva zahraničích věcí, zástupcem Ministerstva obrany, zástupcem Ministerstva vnitra, zástupcem Národního úřadu pro kybernetickou a informační bezpečnost, zástupcem Technologické agentury České republiky, zástupcem Grantové agentury České republiky, zástupcem České konference rektorů, zástupcem Akademie věd České republiky, zástupcem Svazu průmyslu a dopravy, zástupcem Hospodářské komory a zástupce Odborových svazů.

# Příloha 1: Vyčíslení dopadů na státní rozpočet

Vlastní práce, aktivity a činnosti, které jsou popsány v jednotlivých strategických oblastech Národní strategie pro kvantové, vyžadují finanční zdroje pro období 2026- 2031. Rozpad na jednotlivé položky, respektive cíle jednotlivých strategických oblastí je v následující tabulce. V roce 2030 bude zpracována aktualizace Národní kvantové strategie pro období 2031-2036 zahrnující aktualizaci věcného obsahu činností, cílů, rozpočtu. Finanční vyjádření vycházejí z expertních odhadů a představují optimální částky pro zajištění cílů. Podmínkou realizace jednotlivých opatření strategie je vyčlenění finančních zdrojů ze státního rozpočtu.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | mil Kč | | | | |  |  |
| **PILÍŘ** | **OPATŘENÍ** | **2025** | **2026** | **2027** | **2028** | **2029** | **2030** | **GESCE** |
| **VĚDA A VÝZKUM** | P1.1. program účelové podpory excelentních vědeckých týmů |  | 150 | 300 | 350 | 400 | 400 | MŠMT |
| P1.2. podpora kofinancování evropských a mimoevropských výzkumných projektů |  | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | MŠMT |
| P1.3. program Národního centra výzkumu kvantových technologií |  | 50 | 120 | 120 | 120 | 120 | TA ČR |
| P1.4. vyhlášení veřejné soutěže v rámci programu MPO TWIST na podporu projektů zaměřených na kvantové technologie (bez dodatečných nákladů, již schváleno) |  |  | 50 | 75 | 75 | 50 | MPO |
| **VZDĚLÁVÁNÍ  A VÝCHOVA TALENTŮ** | P2.1. program na podporu vzniku a rozvoje studijních programů kvantových technologií |  |  | 50 | 50 | 50 | 50 | MŠMT |
| P2.2. doporučení pro implementaci výuky s tématy týkajícími se kvantových technologií do výuky středoškolského vzdělávání |  |  |  |  |  |  | MŠMT |
| P2.3. implementace Opatření P2.2 na vybraných oborech středních škol |  |  | 5 | 15 | 30 | 30 | MŠMT |
| P2.4. program podpory popularizace a vzdělávání kvantových technologií |  |  | 50 | 75 | 75 | 50 | MŠMT |
| **KONKURENCE –SCHOPNÁ EKONOMIKA** | 3.1. zmapování požadavků zaměstnavatelů s výhledem do roku 2032 jako vstup ro dimenzování adekvátního vzdělávacího systému |  |  |  |  |  |  | MPO |
| P3.2. program na podporu rozvoje regionálních ekosystémů pro kvantové technologie |  |  | 50 | 50 | 50 | 50 | MPO |
| **MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE** | P4.1. výzva na podporu participace českých expertů v rozhodovacích strukturách EU |  | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | MŠMT |
| P4.2. mezinárodní memoranda o spolupráci s vybranými partnery (USA, UK, JAP, IL, Jižní Korea) |  |  |  |  |  |  | MŠMT |
| **BEZPEČNOST  A OBRANA** | P5.1. připravit plán k implementaci kvantově odolné kryptografie |  |  |  |  |  |  | NUKIB |
| P5.1.1. implementace kvantově odolné kryptografie pro povinné osoby |  | 10 | 50 | 80 | 80 | 80 | NUKIB |
| P5.2. připravit analýzu rizik spojených s výzkumem a inovacemi kvantových technologií a jejich možného dopadu pro bezpečnost a obranu státu. |  |  |  |  |  |  | MO |
|  | Náklady na daný rok | 0 | 466 | 916 | 1041 | 1011 | 1086 |  |
|  | Náklady celkem | 4620 | | | | | |  |

**Tabulka 5 shrnutí dopadů na státní rozpočet**

# Zdroje:

1. [Evropská kvantová deklarace, 2023](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies) [↑](#endnote-ref-1)
2. [Chips Act, 2023](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.229.01.0001.01.ENG) [↑](#endnote-ref-2)
3. [Boston Consulting Group, 6/2021, „What Happens When If Turns to When in Quantum Computing?](https://web-assets.bcg.com/89/00/d2d074424a6ca820b1238e24ccc0/bcg-what-happens-when-if-turns-to-when-in-quantum-computing-jul-2021-r.pdf) [↑](#endnote-ref-3)
4. [Quantum Technology Monitor 2023](https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/quantum%20technology%20sees%20record%20investments%20progress%20on%20talent%20gap/quantum-technology-monitor-april-2023.pdf) [↑](#endnote-ref-4)
5. [McKinsey&Company, 12/2021, Shaping the long race in quantum communication and quantum sensing.](https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/shaping%20the%20long%20race%20in%20quantum%20communication%20and%20quantum%20sensing/shaping-the-long-race-in-quantum-communication-and-quantum-sensing.pdf?shouldIndex=false) [↑](#endnote-ref-5)
6. [National Quantum Strategy, Australia, 2023](https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf) [↑](#endnote-ref-6)
7. [Quantum Delta NL](file:///C:\PEKA\QUANTUM%202023+\STRATEGIE%20CZ\PRIPRAVA\quantumdelta.nl) [↑](#endnote-ref-7)
8. [Evropská kvantová deklarace, 2023](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies) [↑](#endnote-ref-8)
9. [Kompas EU pro obnovení konkurenceschopnosti a zajištění udržitelné prosperity](https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en) [↑](#endnote-ref-9)
10. [Národní polovodičová strategie](https://www.mpo.gov.cz/assets/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/2024/10/Narodni-polovodicova-strategie-2029.pdf) [↑](#endnote-ref-10)
11. [Národní strategie umělé inteligence v České republice](https://vlada.gov.cz/assets/evropske-zalezitosti/umela-inteligence/NAIS_kveten_2019.pdf) [↑](#endnote-ref-11)
12. [Národní politika výzkumu, vývoje a inovací České republiky 2021+](https://vyzkum.gov.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=913172) [↑](#endnote-ref-12)
13. [Evropská kvantová deklarace, 2023](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies) [↑](#endnote-ref-13)
14. [Kompas EU pro obnovení konkurenceschopnosti a zajištění udržitelné prosperity](https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en) [↑](#endnote-ref-14)
15. [Strategie evropské hospodářské bezpečnosti](https://circabc.europa.eu/rest/download/a75f3fb8-74e3-4f05-a433-fdbf406d5de6) [↑](#endnote-ref-15)
16. [QuantERA](https://quantera.eu/) [↑](#endnote-ref-16)
17. [Quantum Technologies Flagship](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/quantum-technologies-flagship) [↑](#endnote-ref-17)
18. [CLOck NETwork Services](https://cordis.europa.eu/project/id/731107) [↑](#endnote-ref-18)
19. [Chips Act, 2023](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.229.01.0001.01.ENG) [↑](#endnote-ref-19)
20. [Iniciativa Čipy pro Evropu](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1781) [↑](#endnote-ref-20)
21. [Digital Europe Programme - Advanced Digital Skills](https://www.euro-access.eu/_media/file/545_call-fiche_digital-2024-advanced-digital-07-keycapacity_en.pdf) [↑](#endnote-ref-21)
22. [Digital Europe Programme - Advanced Digital Skills](https://www.euro-access.eu/_media/file/545_call-fiche_digital-2024-advanced-digital-07-keycapacity_en.pdf) [↑](#endnote-ref-22)
23. [Evropský program digitální dekády 2023](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/2023-report-state-digital-decade) [↑](#endnote-ref-23)
24. [Digitální kompas 2030: Evropské pojetí digitální dekády](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0118) [↑](#endnote-ref-24)
25. [The future of European competitiveness](https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf) [↑](#endnote-ref-25)
26. [The future of European competitiveness](https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf) [↑](#endnote-ref-26)
27. J[oint white paper for European Defence Readiness 2030](https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/30b50d2c-49aa-4250-9ca6-27a0347cf009_en?filename=White%20Paper.pdf) [↑](#endnote-ref-27)
28. [NATO Quantum Technologies Strategy](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_221777.htm) [↑](#endnote-ref-28)
29. [NATO DIANA Quantum Centre](https://dianaq.ku.dk/about-diana-nato-quantum-centre/) [↑](#endnote-ref-29)
30. [OECD Quantum Technologies Primer](https://www.oecd.org/en/publications/a-quantum-technologies-policy-primer_fd1153c3-en.html) [↑](#endnote-ref-30)
31. [Hospodářská strategie České republiky](https://www.databaze-strategie.cz/cz/mpo/strategie/hospodarska-strategie-ceske-republiky-cesko-do-top-10?typ=o) [↑](#endnote-ref-31)
32. [Obranná strategie ČR](https://mocr.army.cz/images/id_40001_50000/46088/obranna__strategie-_c_r_2023_final.pdf) [↑](#endnote-ref-32)
33. [Bezpečnostní strategie ČR](https://mocr.army.cz/images/id_40001_50000/46088/Bezpecnostni_strategie_Ceske_republiky_2023.pdf) [↑](#endnote-ref-33)
34. [Národní strategie kybernetické bezpečnosti České republiky na léta 2021 až 2025](https://www.databaze-strategie.cz/cz/narodni-urad-pro-kybernetickou-a-informacni-bezpecnost/strategie/narodni-strategie-kyberneticke-bezpecnosti-cr-2021-2025?typ=struktura) [↑](#endnote-ref-34)
35. [Národní RIS3 strategie](https://www.mpo.gov.cz/assets/cz/podnikani/ris3-strategie/dokumenty/2022/1/RIS3-Strategie-_A_RIS3-Strategie_.pdf) [↑](#endnote-ref-35)
36. [Národní priority orientované výzkumu](https://msmt.gov.cz/vyzkum-a-vyvoj/narodni-priority-orientovaneho-vyzkumu-experimentalniho) [↑](#endnote-ref-36)
37. [Obranná strategie České republika 2023](https://mocr.mo.gov.cz/images/id_40001_50000/46088/obranna__strategie-_c_r_2023_final.pdf) [↑](#endnote-ref-37)
38. [Národní strategie kybernetické bezpečnosti 2021 až 2025](https://nukib.gov.cz/download/publikace/strategie_akcni_plany/narodni_strategie_kb_2020-2025_%20cr.pdf) [↑](#endnote-ref-38)
39. [Minimální požadavky na kryptografické algoritmy](https://nukib.gov.cz/download/publikace/podpurne_materialy/Minimalni_pozadavky_v4_FINAL.pdf) [↑](#endnote-ref-39)
40. [Position Paper on Quantum Key Distribution ANSSI, BSI, NLNCSA, Swedish NCSA](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Crypto/Quantum_Positionspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=4) [↑](#endnote-ref-40)
41. [Transition to Post-Quantum Cryptography Standards](https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2024/NIST.IR.8547.ipd.pdf) [↑](#endnote-ref-41)
42. [Quantum sensors for biomedical applications](https://doi.org/10.1038/s42254-023-00558-3) [↑](#endnote-ref-42)
43. P[rogression in Quantum Sensing/Bio-Sensing Technologies for Healthcare](https://doi.org/10.1149/2754-2726/acc190) [↑](#endnote-ref-43)
44. [US National Quantum Strategy](https://www.quantum.gov/strategy/) [↑](#endnote-ref-44)
45. [Netherlands Agenda for Quantum Technology](https://qutech.nl/wp-content/uploads/2019/09/NAQT-2019-EN.pdf) [↑](#endnote-ref-45)
46. [Strategy for Quantum Technology, Denmark](https://ufm.dk/en/publications/2023/files/strategy-for-quantum-technology.pdf) [↑](#endnote-ref-46)
47. [Swedish Quantum Agenda](https://www.vinnova.se/globalassets/bilder/publikationer/the-swedish-quantum-agenda.pdf?cb=20230328130156) [↑](#endnote-ref-47)
48. [Australia National Quantum Strategy](https://www.industry.gov.au/publications/national-quantum-strategy) [↑](#endnote-ref-48)
49. [UK National Quantum Strategy](https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy) [↑](#endnote-ref-49)
50. [Canada National Quantum Strategy](https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy) [↑](#endnote-ref-50)
51. [Japan Strategy of Quantum Future Industry Development](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf) [↑](#endnote-ref-51)
52. [South Korea’s National Quantum Strategy](https://www.rdik.or.kr/MENU-2200/content/contentDetail.do?content_seq=2044) [↑](#endnote-ref-52)
53. [Quantum Technology Market Size, Share, and Trends 2024 to 2033](https://www.precedenceresearch.com/quantum-technology-market) [↑](#endnote-ref-53)
54. [Quantum Computing Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034](https://www.precedenceresearch.com/quantum-computing-market) [↑](#endnote-ref-54)
55. [Quantum Communication Market Size, Share, and Trends 2024 to 2033](https://www.precedenceresearch.com/quantum-communication-market) [↑](#endnote-ref-55)
56. [Quantum Sensor Market Size, Share, and Trends 2024 to 2033](https://www.precedenceresearch.com/quantum-sensor-market) [↑](#endnote-ref-56)