



GYNYBOS PASKIRTIES MOKSLINIŲ TYRIMŲ LIETUVOJE GALIMYBIŲ STUDIJA

Vilnius, 2025





Elektroninis leidinys

Bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos integralios bibliotekų informacinės sistemos (LIBIS) portale ibiblioteka.lt.

ISBN 978-609-95905-6-1

© Lietuvos mokslo taryba

Šis kūrinys licencijuojamas remiantis CC BY 4.0 (.

TURINYS

Santrumpos	4
Trumpoji santrauka	5
Įvadas	6
1. Studijos rengimo metodika	8
2. Gynybos paskirties tyrimų poreikis	9
2.1. Tendencijos, sąlygojančios gynybos paskirties tyrimų poreikį.....	9
2.2. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų poreikis gynybos pramonės ir mokslo, inovacijų bendruomenių partnerystės požiūriu.....	10
2.3. Gynybos paskirties tyrimų poreikis Lietuvoje.....	11
3. Mokslinių tyrimų gynybos reikmėms potencialo analizė	13
3.1. Apibendrinti universitetų ir mokslo institutų MTEP veiklos, siejamos su gynybos sektoriumi, apklausos rezultatai	13
3.2. Mokslinio potencialo vertinimas: oro erdvės sistemos (angl. <i>Air</i>).....	15
3.3. Mokslinio potencialo vertinimas: raketos, reaktyvinės traukos platformos ir šaudmenys (angl. <i>Missiles & Munitions</i>)	17
3.4. Mokslinio potencialo vertinimas: medžiagos (angl. <i>Materials</i>)	19
3.5. Mokslinio potencialo vertinimas: Informacinės ir ryšių technologijos (išskyrus kibernetinį saugumą) (angl. <i>Information</i>)	22
3.6. Mokslinio potencialo vertinimas: kibernetinis saugumas (angl. <i>Cyber R&T</i>)	25
3.7. Mokslinio potencialo vertinimas: antžeminės sistemos (angl. <i>Land Systems</i>)	28
3.8. Mokslinio potencialo vertinimas: komponentai (angl. <i>Components</i>)	31
3.9. Mokslinio potencialo vertinimas: energetika (angl. <i>Defence energy</i>).....	35
3.10. Mokslinio potencialo vertinimas: optronika (angl. <i>Optronics</i>)	38
3.11. Mokslinio potencialo vertinimas: imitacinio modeliavimo technologijos (angl. <i>Simulation</i>)	43
3.12. Mokslinio potencialo vertinimas: CBRN ir žmogiškieji veiksniai (angl. <i>CBRN and HF</i>).....	45
3.13. Skyriaus apibendrinimas: tolesnių tyrimų finansavimo prioritetai	50
4. Mokslinių tyrimų gynybos srityje poreikis: ekosistemos kūrimas (pramonės perspektyva)	54
4.1. Gynybos ekosistemos raida Lietuvoje.....	54
4.2. Tarptautinė patirtis, tendencijos ir praktikos	56
4.3. Gerųjų praktikų apibendrinimas ir kuo reikėtų pasinaudoti.....	60
5. Gynybos mokslinių tyrimų finansavimo galimybės ir paskirtinės mokslinių tyrimų programos poreikis	62
5.1. Nacionaliniai gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavimo šaltiniai.....	62
5.2. Tarptautiniai gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavimo šaltiniai.....	64
5.3. Apibendrinimas	65
6. Paskirtinės mokslinių tyrimų programos kūrimo ir įgyvendinimo gairės.....	66
6.1. Programos tikslo, uždavinių, struktūros gairės.....	66
6.2. Finansavimo modeliai ir finansuoti projektų tipai.....	67
6.3. Galimi programos projektų paraiškų vertinimo kriterijai	71
6.4. Numatoma potenciali pridėtinė programos vertė.....	71
6.5. Teisės ir etikos rekomendacijos, finansuojant gynybos mokslinius tyrimus	72
6.6. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų formaliojo vertinimo rekomendacijos.....	73
Išvados	74
Cituotų šaltinių sąrašas	76

Santrumpos

- BPTI – Baltijos pažangių technologijų institutas
- CBRN – cheminiai, biologiniai, radiaciniai ir branduoliniai pavojai
- EDA – Europos gynybos agentūra
- FTMC – Valstybinis mokslinių tyrimų institutas
Fizinių ir technologijos mokslų centras
- GAMTOSTYRIMAI – Valstybinis mokslinių tyrimų institutas
Gamtos tyrimų centras
- HSM – humanitariniai ir socialiniai mokslai
- IMCENTRAS – Valstybinis mokslinių tyrimų institutas
Inovatyvios medicinos centras
- ISM – ISM Vadybos ir ekonomikos universitetas
- KAM – Krašto apsaugos ministerija
- KSU – Kazimiero Simonavičiaus universitetas
- KTU – Kauno technologijos universitetas
- KU – Klaipėdos universitetas
- LAMMC – Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras
- LCC – Viešoji įstaiga LCC Tarptautinis universitetas
- LEI – Lietuvos energetikos institutas
- LKA – Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija
- LMTA – Lietuvos muzikos ir teatro akademija
- LSMU – Lietuvos sveikatos mokslų universitetas
- LSTC – Lietuvos socialinių mokslų centras
- LSU – Lietuvos sporto universitetas
- MRU – Mykolo Romerio universitetas
- NVI – Nacionalinis vėžio institutas
- PPMI – Viešoji įstaiga Viešosios politikos ir vadybos institutas / PPMI Group, UAB
- PROTECHNOLOGY – Perspektyvinių technologijų taikomųjų tyrimų institutas
- TBB – technologijų sudarymo blokai (OSRA Technology Building Blocks);
Šaltinis: <https://eda.europa.eu/docs/default-source/posters/28---osra-technology-building-blocks.pdf>
- VDA – Vilniaus dailės akademija
- VDU – Vytauto Didžiojo universitetas
- VILNIUS TECH – Vilniaus Gedimino technikos universitetas
- VISIONARY – UAB „Visionary Analytics“
- VU – Vilniaus universitetas

Trumpoji santrauka

- Lietuva turi tvirtą pagrindą gynybos paskirties mokslinių tyrimų plėtrai – veikia tyrėjų grupės universitetuose ir mokslo institutuose, kuriamos mokslo, verslo ir kariuomenės partnerystės, vykdomi tarptautiniai mokslo ir inovacijų projektai.
- Gynybos paskirties mokslinių tyrimų poreikiai apima materialius, conceptualius ir moralinius pajėgumų stiprinimo aspektus – nuo amunicijos, energetikos, medžiagų, navigacijos ir imitacinio modeliavimo technologijų iki žmogaus veiksmų, susijusių su visuomenės pasirengimu gynybai.
- Didžiausias gynybos pajėgumų stiprinimo (kietosios galios) poreikis yra tyrimai, skirti ugnies galios sistemų, raketinių ir reaktyvinės traukos technologijų bei amunicijos (angl. *Missiles & Munitions*) kūrimui. Taip pat ryškus oro erdvės sistemų (angl. *Air*), antžeminių sistemų (angl. *Land*) ir kibernetinio saugumo (angl. *Cyber R&T*) technologijų tyrimų poreikis.
- Visose gynybai aktualiose srityse egzistuoja mokslo potencialas, tačiau jis išplėtotas nevienodai. Tokios tyrimų sritys kaip informacinės technologijos (angl. *Information*), energetika (angl. *Energy*), komponentai (angl. *Components*), žmogiškieji veiksniai (angl. *HF*) nesunkiai susiejamos su gynyba, todėl potencialas yra lengvai identifikuojamas. Kitų sričių atliekami tyrimai yra sunkiau siejami su gynyba, todėl reikalingi papildomi etapai ir priemonės, įgalinčios sričių integraciją į gynybos MTEP ekosistemą. Tai ypač pasakytina apie tyrimus, reikalingus kietosios gynybos galiai stiprinti, t. y. tyrimus, skirtus ugnies galios sistemų, raketinių ir reaktyvinės traukos technologijų bei amunicijos (angl. *Missiles & Munitions*), antžeminių sistemų (angl. *Land*) technologijų kūrimui.
- Gynybos mokslinių tyrimų ir inovacijų ekosistema Lietuvoje išlieka fragmentuota – trūksta koordinavimo, aiškių ilgalaikių prioritetų ir paskatų tyrėjams įsitraukti.
- Esamos finansavimo priemonės, nors ir formaliai atviros gynybos tematikai, nesudaro tinkamų sąlygų šios paskirties tyrimams.
- Gynybos paskirties mokslinių tyrimų programa leistų sistemingai koordinuoti tyrimų prioritetus, užtikrintų didesnės saugos reikalaujančią tyrimų aplinką, sudarytų sąlygas proveržiui prioritetinėse gynybai aktualiose mokslo tematikose, taip pat užtikrintų spartesnį mokslo rezultatų perkėlimą į praktinius gynybos sprendimus.
- Skirtingi mokslo projektų finansavimo modeliai programoje ne tik paskatintų gynybos proveržį aktualiose technologijų srityse, bet ir padidintų mokslininkų įsitraukimą į gynybos paskirties tyrimus. Tai taip pat sudarytų prielaidas spartesnei technologinių sprendimų, skirtų gynybos sričiai, plėtrai ir skatintų tyrimus, stiprinančius valstybės minkštąją gynybos galią.
- Programos patrauklumas turėtų atsverti galimus iššūkius, su kuriais susiduria tyrėjai, įsitraukdami į gynybos tematikos tyrimus, sietinus su poveikiu ilgalaikiai mokslininko karjerai dėl publikavimo ribojimų, atsirandančių dėl saugumo ar slaptumo reikalavimų.
- Programa turėtų ne tik mokslinę, bet ir strateginę reikšmę – ji stiprintų Lietuvos konkurencingumą Europos ir NATO gynybos tyrimų erdvėje, skatintų inovacijų ekosistemos tvarumą ir technologijų perdavimą gynybos sektoriui.

Rekomenduojama kurti paskirtinę mokslinių tyrimų programą, skirtą gynybos paskirties moksliniams tyrimams.

Įvadas

2024 m. vasario 1 d. Krašto apsaugos ministerija pateikė Lietuvos mokslo tarybai (toliau – LMT) prašymą inicijuoti gynybos poreikių paskirtinę programą. Gynybos paskirtinės programos poreikis yra grindžiamas trimis argumentais, aiškinančiais tokių tyrimų būtinybę:

1) Pasikeitusi valstybės ir pasaulio geopolitinė aplinka sąlygoja išaugusį inovatyvių ir aukštąja technologija pagrįstų gynybos pajėgumų plėtojimą, kuris leistų sukurti palygintiną karinį pranašumą, siekiant užtikrinti šalies saugumą, valstybės ir visuomenės atsparumą grėsmėms.

2) Gynybos poreikius atliepiančių mokslinių tyrimų skatinimas yra būtinas įgyvendinant Nacionalinio saugumo strategijos (Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas „Dėl Nacionalinio saugumo strategijos patvirtinimo“), kurio 45.6 papunktyje numatytas uždavinys „skatinti Lietuvos nacionalinio saugumo ir gynybos problematikos mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą vystant viešojo, privataus, nevyriausybinių sektorių bendradarbiavimą“.

3) Nacionalinis saugumas susiduria su iššūkiais, susijusiais su tyrėjų kompetencijų gynybos srityje trūkumu, mokslinių tyrimų pritaikomumu gynybos poreikiams, karinės ir dvejopos (angl. *Dual use*) paskirties inovatyvių produktų kūrimui. Aktyvesnį mokslo bendruomenės įsitraukimą į nacionalinio saugumo užtikrinimą stabdo tai, kad Lietuvos mokslo ir studijų institucijos neorientuoja savo veiklos į gynybos technologijų vystymą, dalyvavimas Lietuvos, Europos ir NATO programose ir veiklose, skirtose gynybos sričiai, yra labai ribotas, taip pat trūksta aktyvaus bendradarbiavimo su Lietuvos kariuomene ir pramone.

2024 m. kovo 7 d. Gynybos resursų agentūra prie KAM pateikė LMT papildomą informaciją dėl taikomųjų mokslinių tyrimų poreikio gynybai ir saugumui stiprinti. Atsakydama į šiuos raštus, 2024 m. balandžio 26 d. LMT raštu pateikė KAM ir Gynybos resursų agentūrai prie KAM pasiūlymus dėl bendradarbiavimo stiprinimo, vystant mokslinius tyrimus gynybos ir saugumo srityje, ir inicijavo aukšto lygio vadovų susitikimą, skirtą aptarti KAM ir LMT bendradarbiavimo formas, naujų finansavimo schemų poreikį, vykdytų gynybos sektoriaus MTEP finansavimo priemonių poveikio *ex post* vertinimo reikalingumą, kompetencijų centrų (susijusių su gynybos tyrimais ir pramone) regionuose steigimo svarbą bei LMT galimybes.

Dėl šių iniciatyvų ir susitikimų buvo paskelbtas konkursas, sulaukęs minimalaus tyrėjų susidomėjimo. Pirmasis kvietimas – 2024 m. gegužės 27 d. teikti paraiškas technologinės plėtros projektams įgyvendinti. Konkursui teikiamų projektų tematika – dvejopos paskirties potencialą turinčios inovatyvios technologijos ir sprendimai, galintys prisidėti prie vieno ar kelių šalies gynybos pajėgumų vystymo sričių: manevro sausumoje, antžeminės oro erdvės gynybos, netiesioginės paramos ugnimi, žvalgybos, bepiločių orlaivių, kovos su bepiločiais orlaiviais ir elektromagnetinės kovos pajėgumų. Gautos aštuonios paraiškos, lėšos skirtos penkiems projektams įgyvendinti (694 961 Eur).

2025 m. sausio 29 d. KAM pakartotinai kreipėsi į LMT dėl paskirtinės programos gynybos reikmėms inicijavimo. 2025 m. vasario 13 d. LMT informavo KAM, kad priimtas sprendimas parengti galimybių studiją gynybos reikmėms. 2025 m. birželio 16 d. (Nr. V-274) buvo suformuota ekspertų komisija ir stebėtojų grupė, kuriai pavesta „iki 2025 m. spalio 31 d. parengti Galimybių studiją, kurioje būtų įvertintas iškeltos aktualios problemos mastas, Lietuvoje esančios galimybės (prielaidos) ją spręsti, išanalizuotos visos Taryboje naudojamos konkursinio finansavimo priemonės aktualiai problemai spręsti ir parinkta tinkamiausia, pasiūlytas optimalus laikotarpis ir būtinos lėšos“.

Studijos tikslas: įvertinti mokslinių tyrimų gynybos reikmėms poreikį, pagrįstumą, priemones, tyrimų ir jų finansavimo galimybes bei šių tyrimų atitiktį LMT paskirtinės programos finansavimo būtinumui.

Objektas: mokslinių tyrimų gynybos reikmėms poreikis ir potencialas Lietuvoje.

Uždaviniai:

1. Įvertinti mokslinių tyrimų gynybos reikmėms poreikį atliepiant Lietuvos gynybos pajėgumų stiprinimo prioritetus;
2. Išskirti potencialias mokslinių tyrimų kryptis, kurių plėtojimas atlieptų Lietuvos gynybos pajėgumų stiprinimo prioritetus;
3. Įvertinti esamų gynybos mokslinių tyrimų finansavimo galimybes ir paskirtinės mokslinių tyrimų programos poreikį;
4. Pateikti siūlymus dėl mokslinių tyrimų gynybos reikmėms plėtojimo, siejant juos su LMT finansavimo galimybėmis.

Galimybių studiją parengusių ekspertų grupė

Smaliukienė Rasa – Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijos profesorė
(Ekspertų grupės vadovė);

Bučinskas Vytautas – Vilniaus Gedimino technikos universiteto profesorius;

Krilavičius Tomas – Vytauto Didžiojo universiteto Informatikos fakulteto dekanas;

Labutis Gintaras – Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijos docentas;

Magomedov Artiom – Tarybos Mokslo ir studijų politikos komiteto deleguotas narys;

Pūkienė Simona – Tarybos mokslo ir inovacijų patarėja, vykdanči funkcijas Lietuvos Respublikos krašto apsaugos ministerijoje (Ekspertų komisijos vadovės pavaduotoja);

Raslavičius Laurencas – Kauno technologijos universiteto profesorius;

Šlekys Deividas – Vilniaus universiteto Tarptautinių santykių ir politikos mokslų instituto docentas;

Vitta Pranciškus – Vilniaus universiteto profesorius;

Žilinskas Remigijus – Lietuvos kariuomenės Mokymo pajėgų vyriausiasis specialistas;

Žurauskienė Nerija – VMTI Fizinių ir technologijos mokslų centro skyriaus vadovė.

Ekspertų grupės stebėtojai:

Bronkhorst Adelbert – Nyderlandų taikomųjų mokslinių tyrimų organizacijos vyriausiasis mokslo srities pareigūnas;

Garulis Tomas – Lietuvos pramonininkų konfederacijos Verslo aplinkos ir ekonomikos departamento direktorius;

Jankauskas Vytautas – Tarybos mokslo ir inovacijų patarėjas, vykdančis funkcijas Lietuvos Respublikos užsienio reikalų ministerijoje;

Kairiūkštis Laimonas – Utenos kolegijos docentas;

Koch Wolfgang – Fraunhoferio komunikacijos, informacijos apdorojimo ir ergonomikos instituto ir Bonos universiteto vyriausiasis mokslo darbuotojas;

Papečys Egidijus – Lietuvos šaulių sąjungos Suvalkijos šaulių 4-osios rinktinės vadas;

Vilkauskas Andrius – Kauno technologijos universiteto Mechatronikos instituto vyr. mokslo darbuotojas, Aviacijos specialistų mokymo centro atsakingasis vadovas, Lietuvos inžinerijos ir technologijų pramonės asociacijos LINPRA prezidiumo narys ir viceprezidentas;

Židonienė Katerina – Lietuvos kariuomenės Karo medicinos tarnybos laboratorijos viršininkė.

Informacija galimybių studijos citavimui

R. Smaliukienė, V. Bučinskas, T. Krilavičius, G. Labutis, A. Magomedov, S. Pūkienė, L. Raslavičius, D. Šlekys, P. Vitta, R. Žilinskas, N. Žurauskienė (2025). Gynybos paskirties mokslinių tyrimų Lietuvoje galimybių studija (77 p.). Lietuvos mokslo taryba.

1. Studijos rengimo metodika

Rengiant šią galimybių studiją buvo taikomas kokybinis tyrimo dizainas, pagal kurį analizuoti aktualūs dokumentai ir įvairūs antriniai duomenys, analizuojama užsienio šalių praktika pasitelkus užsienio ekspertus, atlikta universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausa.

Vertinant gynybos tyrimų poreikį, buvo analizuojami dokumentai, skirti gynybos politikai ir jos įgyvendinimui, tyrimų atitiktis Lietuvos sumaniajai specializacijai, gynybos technologijų prioritetai ir gynybos pramonės poreikiai.

Gynybos tyrimų potencialas buvo vertinamas, analizuojant 2018–2022 m. palyginamojo ekspertinio universitetų ir mokslinių tyrimų institutų mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtos vertinimo komisijų ataskaitas¹. Vertinimui taip pat buvo naudojami duomenys apie LMT finansuotus projektus, susijusius su gynybos tematikomis, duomenys apie Lietuvos universitetų ir mokslinių tyrimų institutų dalyvavimą EDF projektuose, išskirtos gerosios tokių tyrimų praktikos. Siekiant duomenų aktualumo buvo atlikta universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausa apie vykdytus / vykdomus mokslinius tyrimus gynybos srityje, grupuojant juos pagal Europos gynybos agentūros (EDA) TBB (technologijų sudedamuosius blokus). EDA sukurtas TBB sąrašas ir jų įtraukimas į CapTech grupes sudaro taksonomiją, kurią naudojant atsiranda susikalbėjimo tarp kariuomenės, gynybos pramonės ir mokslo sektoriaus mechanizmas. Tyrime dalyvaujančių institucijų buvo prašoma nurodyti vykdytus ar pateiktus EDA, „Horizon“, NATO ar kitų programų mokslinių tyrimų projektus, paskelbtus išskirtinius mokslo straipsnius. Apklausa vyko nuo 2025 m. liepos 7 d. iki 2025 m. rugsėjo 8 d. Visa ši informacija leido nustatyti pagrindines tyrėjų grupes ir jų potencialą atlikti gynybai aktualius tyrimus.

Apklausos anketa buvo išsiųsta 33 institucijoms pagal LMT pateiktą universitetų ir mokslinių tyrimų institutų Lietuvoje sąrašą. Duomenys gauti iš 14 institucijų. Dalis institucijų informavo, kad tyrimų, sietinų su šalies gynyba, nevykdo, todėl duomenų nepateikė.

Siekiant išskirti potencialias mokslinių tyrimų kryptis, kurių plėtojimas atlieptų Lietuvos gynybos pajėgumų stiprinimo prioritetus, gynybos tyrimų potencialas buvo vertinamas taikant struktūrizuotą analizę. Analizei pasitelkta EDA TBB struktūra, kurioje išskiriamos šios gynybos sričiai aktualios sritys (EDA, n.d; EDA 2023):

- Air – oro erdvės sistemos
- Missiles & Munitions – raketos, reaktyvinės traukos platformos ir amunicija
- CBRN & HF – CBRN ir žmogiškieji veiksniai
- Components – komponentai
- Energy – energetika
- Information – informacija
- Cyber R&T – kibernetinis saugumas
- Land – antžeminės sistemos
- Materials – medžiagos
- Navigation – navigacija
- Optronics – optronika
- Simulation – imitacinio modeliavimo technologijos

Taikydama šią metodologinę prieigą, galimybių studiją rengusi grupė kartu su grupės stebėtojais galėjo, įvertinusi esamą gynybos tyrimų padėtį, pasiūlyti tolesnius tyrimų finansavimo prioritetus.

¹ Lietuvos mokslo taryba. (n.d.). *Palyginamasis ekspertinis mokslo veiklos vertinimas*. Gauta iš Lietuvos mokslo tarybos svetainės: <https://lmt.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/mokslo-kokybe/mokslo-meno-vertinimas/palyginamasis-ekspertinis-mokslo-veiklos-vertinimas/>

Tyrimo apribojimai ir trūkumai. EDA CapTech ir TBB, kaip mokslinių rezultatų taksonomijos naudojimas, buvo sudėtingas informacijos teikėjams, nes yra įprasta informaciją apie mokslinius rezultatus teikti pagal mokslo krypčių klasifikatorių. Todėl institucijos pateikė informaciją labai fragmentuotai ir skirtingu būdu – nuo detalaus publikacijų ir projektų pateikimo iki tiesiog kompetencijų deklaravimo, kai kuriais atvejais dalį informacijos praleidžiant. Atitinkamai apklausos rezultatų vertinimas buvo sudėtingas ir pareikalavo gilių ir plačių konkrečios srities ekspertinių žinių. Nepaisant to, gauti duomenys leido identifikuoti bendras tendencijas ir tam tikras nišas, kuriose Lietuvos institucijos demonstruoja stipresnius pajėgumus. Tyrimo rezultatus reikėtų vertinti kaip kryptį rodantį, bet ne visiškai išsamų gynybos mokslinių tyrimų ekosistemos vaizdą.

2. Gynybos paskirties tyrimų poreikis

2.1. Tendencijos, sąlygojančios gynybos paskirties tyrimų poreikį

Saugumo ir gynybos moksliniai tyrimai yra svarbi nacionalinio saugumo sistemos dedamoji, leidžianti numatyti ir tinkamai sureaguoti į besikeičiančias grėsmes, išlaikyti technologinį pranašumą tiek gynybos, tiek civilinėse srityse. Be tiesioginio šių tyrimų taikymo gynybos srityje, taip pat galimas netiesioginis naujovių kūrimo ir jų diegimo paskatinimas civiliniuose sektoriuose, tokiuose kaip ryšiai, aviacija ir kosmosas, energetika ar kibernetinis saugumas. Sistemingi saugumo ir gynybos tyrimai, o iš jų sekanti technologinė plėtra tampa gynybos technologijų gyvavimo ciklo – nuo taikomųjų tyrimų iki operacinio taikymo – pagrindu, todėl jie yra būtina sąlyga kariniams pajėgumams vystyti. Sparčių technologinių pokyčių laikotarpiu saugumo ir gynybos tyrimai yra būtini siekiant atgrasyti priešininkus, užsitikrinti ilgalaikį strateginį pranašumą ir stiprinti šalies ekonominį konkurencingumą. Šiame poskyryje pateikiamos pagrindinės ES ir NATO tendencijos ir Europos gynybos agentūros veiklos, susijusios su tyrimų gynybos srityje telkimu.

Pastarieji keleri metai privertė ES ir NATO iš esmės peržiūrėti savo koncepcijas, karinius prioritetus. Žvelgiant iš šių dviejų organizacijų perspektyvos tikrai galima teigti, jog jos patyrė itin radikalius pokyčius.

Vien per 2025 m. ES įsteigė finansų rinkų valdymo įrankį, SAFE (Security Action for Europe), kuris leidžia valstybėms narėms gauti labai dideles paskolas įvairiems gynybos ir saugumo sektorių projektams. O valstybėms narėms buvo suteikta lanksčiau žiūrėti į savo viešųjų finansų valdymą ir skolinimąsi peržengiant Briuselio nurodytas finansų rinkų taisykles.

Tačiau svarbiausias pokytis įvyko 2025 m. kovą, kai ES patvirtino Baltąją knygą dėl gynybos (ES, 2025), kurioje išvardyti strateginiai tikslai bei aiškesnis, konkretesnis prioritetinių darbų sąrašas. Šiame dokumente labai daug dėmesio skiriama gynybos pramonės, mokslo ir inovacijų klausimams. Akivaizdu, jog ES siekia stiprinti visų suinteresuotų veikėjų tarpusavio sąveiką, standartizuoti procedūras ir finansuoti bendrus projektus.

Europos gynybos agentūra (European defence agency, EDA) pateikia karinių pajėgumų technologijų grupes (angl. *Capability Technology Groups* – *CapTechs*) ir technologijų kūrimo blokus (angl. *Technology building blocs* – *TBBs*). Remiantis šia taksonomija yra nustatomi technologijų atotrūkiai, suderinami pajėgumų reikalavimai ir inicijuojami mokslinių tyrimų ir technologijų projektai. EDA išskiria tokias pajėgumų technologijų grupes (CapTechs), kuriose reikalingi moksliniai tyrimai: oro erdvės sistemos, raketos ir amunicija, CBRN ir žmogiškieji veiksniai, komponentai, energetika, informacija, kibernetinis saugumas, antžeminės sistemos, medžiagos, navigacija, optronika, imitacinio modeliavimo technologijos. CapTech ir TBB struktūros užtikrina, kad kylančios ir perversmą lemiančios technologijos (angl. *Emerging and Disruptive Technologies* – *EDT*) bei jų tyrimai būtų integruoti į strateginį planavimą ir operacinių projektų portfelius, remtų tarpvalstybinį bendradarbiavimą bei suderinamumą su Bendra strategine tyrimų darbotvarke (angl. *Overarching Strategic Research Agenda* – *OSRA*) (EDA, 2023a, 2023b). Ši politika ypač svarbi, jei EDA laikome centre ES gynybos tyrimų koordinavimo institucija, papildančią kitus ES finansavimo ir inovacijų mechanizmus.

2025 m. paskelbtoje NATO mokslo ir technologijų strateginėje įžvalgų analizėje (NATO, 2025a) įvardijamos pagrindinės pasaulinės tendencijos, formuojančios būsimų konfliktų aplinką iki 2045 m.: didėjanti konkurencija naujose erdvėse (kibernetinėje, kosminėje, informacinėje), dirbtinio intelekto ir kvantinių technologijų plėtra, biotechnologijų revoliucija, augantis prieigos prie išteklių netolygumas, visuomenės pasitikėjimo institucijomis ir mokslu mažėjimas bei spartėjanti technologijų integracija, didinanti tarpusavio priklausomybes tarp civilinių ir karinių sektorių. Kitame dokumente išskiriamos pagrindinės technologijos (dirbtinis intelektas, robotika ir autonominės sistemos, naujos kartos ryšių tinklai ir kt.), vertinama jų branda ir numatomas poveikis ateityje (NATO, 2025b). Šios strateginės įžvalgos leidžia nustatyti, kurios MTEP tendencijos turėtų būti pirmumo tvarka plėtojamos, siekiant užtikrinti, kad gynybos sektorius būtų aprūpintas pažangiais technologiniais sprendimais ne tik artimiausiu laikotarpiu, bet ir turėtų pagrindą ilgalaikėms investicijoms bei strateginei kryptiai visose NATO šalyse per ateinančius du dešimtmečius.

NATO gynybos tyrimų politika yra orientuota į spartų karinės ir dvejopos paskirties technologijų kūrimą ir vystymą siekiant išlaikyti technologinį pranašumą. NATO laikosi visa apimančio mokslo (angl. *Whole-of-the-Science*) nuostatų ir savo veikloje teikia pirmenybę tyrimų ir inovacinių veiklų koordinavimui tarp mokslo, tyrimų ir technologijų organizacijų, gynybos pramonės, šalies kariuomenės ir šalies valdžios, skatindama kiek įmanoma greitesnį perėjimą nuo taikomųjų ir laboratorinių tyrimų vykdymo prie gynybos pajėgumų stiprinimo, remdama mokslo ir tyrimų partnerių ekosistemas, apimančias pramonę, akademinę bendruomenę ir mažas bei vidutines įmones (NATO, 2025a).

Apibendrinant galima teigti, kad tiek NATO, tiek ES strateginės kryptys rodo, kad gynybos paskirties tyrimų poreikį lemia ne tik naujų technologijų atsiradimas, bet ir būtinybė užtikrinti, kad šios technologijos būtų kuriamos pasitelkiant mokslinius tyrimus, kurie stiprintų ES ir NATO gynybos pajėgumus.

2.2. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų poreikis gynybos pramonės ir mokslo, inovacijų bendruomenių partnerystės požiūriu

Gynybos pramonės ir mokslo, inovacijų bendruomenių partnerystės aprėptys ir galimybės Lietuvoje yra apibrėžtos įvairiuose politiniuose ir teisiniuose dokumentuose. Būtina pastebėti, jog nuo Nepriklausomybės atgavimo laikų teisinis ir politinis šių veiklų ir partnerystės reguliavimas buvo fragmentiškas ir labiau *ad hoc* pobūdžio. Dažniausiai tai būdavo vienas kitas punktas, straipsnis politinėse programose ar įstatymuose. Tik pastaraisiais metais pradėta sistemingai peržiūrėti, kurti teisinę bazę, kuri aiškiau apibrėžia šios ekosistemos veikėjus, jų funkcijas, atsakomybes.

Pats svarbiausias jų yra Nacionalinio saugumo strategija (LRS, 2021). 2021 m. patvirtintoje strategijoje konstatuojamas siekis stiprinti karinio ir civilinio bendradarbiavimą inovacijų srityje (32.9 ir 37.4 punktai). Nors mokslo, technologijų ir inovacijų bendruomenė (universitetai, tyrimų institutai) nėra tiesiogiai minima, tačiau suvokiant, jog inovacijų neįmanoma plėtoti be glaudaus mokslo ir verslo bendradarbiavimo, galima teigti, jog šių sektorių strateginė svarba yra akivaizdi.

2025 m. pradėtas Nacionalinio saugumo strategijos atnaujinimo procesas. Nors šios studijos rengimo metu naujoji strategijos versija dar nebuvo pavišinta, bet jos rengėjai labai aiškiai suprato, jog gynybos pramonės, inovacijų, verslo ir mokslo sinergijai bus skiriama daug dėmesio. Dokumento rengėjai rengė plačias diskusijas su akademinė, ekspertinė bei verslo bendruomenėmis, konsultavosi, kaip atliepti šių dienų poreikius bei išskirti strategiškai prioritetines sritis.

Augančią šios srities svarbą akivaizdžiai patvirtina ir 2024 m. priimtas Gynybos ir saugumo pramonės įstatymas (LRS, 2024). Pastarajame daugelyje vietų yra kalbama apie valstybės institucijų, verslo, mokslo ir švietimo bendruomenių bendradarbiavimą. Būtina pabrėžti, jog iki 2024 m. nebuvo teisinės bazės, skirtos gynybos pramonei. Todėl vien tai, jog egzistuoja toks įstatymas, gali būti matomas kaip labai svarbus žingsnis į priekį. Mokslo bendruomenė kviečiama aktyviai įsitraukti į gynybos pramonės kūrimą, siūlyti inovacijas, eksperimentuoti ir testuoti.

Verta pastebėti, kad Lietuvos Respublikos Vyriausybė dar 2022 m. rugpjūčio 17 d. patvirtino naują 2021–2027 m. Sumaniosios specializacijos koncepciją, kurios tikslas – stiprinti mokslinių tyrimų ir inovacinius

pajėgumus, kurti naujas technologijas ir auginti šalies konkurencingumą ir pozicijas globaliose rinkose. Vertinant gynybos paskirties mokslinių tyrimų kontekstą, numatyti trys Sumaniosios specializacijos prioritetai (nauji gamybos procesai, medžiagos ir technologijos, sveikatos technologijos ir biotechnologijos, informacinės ir ryšių technologijos) iš dalies apima gynybos reikmėms aktualias technologijų sritis. Vis dėlto, pagal galiojančią institucinę struktūrą, nacionalinė sumaniosios specializacijos sistema gynybos technologijų tiesiogiai neapima. Kadangi strategijos rengime nedalyvavo krašto apsaugos sistemos atstovai, prioritetai buvo nustatyti remiantis pramonės poreikiais, turimais mokslinių tyrimų pajėgumais ir valstybės ekonomiais ištekiais, o ne nacionalinės gynybos poreikiais. Ypač pasigendama minkštajai gynybos galiai reikalingų tyrimų prioritetų. Ankstesnieji (iki 2020 m.) sumaniųjų specializacijų prioritetai (STRATA, 2017), kuriuose buvo numatytas prioritetas „Įtrauki ir kūrybinga visuomenė“ potencialiai integravo gynybos mentaliteto formavimo visuomenėje tyrimus, kurie šiuo metu nepatenka nei į vieną socializacijos prioritetą.

2.3. Gynybos paskirties tyrimų poreikis Lietuvoje

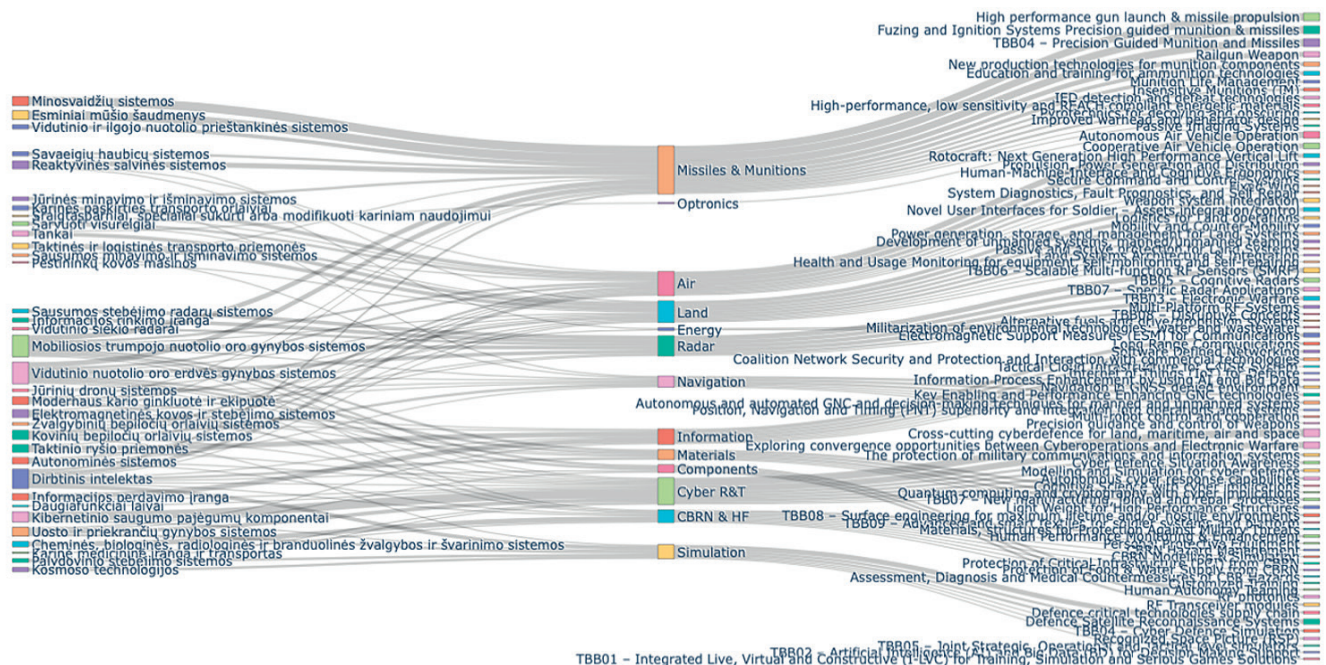
Gynybos paskirties tyrimų poreikį galima suskirstyti į tris grupes (2.3.1 pav.). Tai poreikis stiprinti materialinius – kietosios galios pajėgumus, kurie kyla tiesiogiai iš gynybos pajėgumų poreikio; poreikis stiprinti konceptualiuosius pajėgumus, kurie kyla iš poreikio tinkamai integruoti technologijas į kariuomenės struktūras ir veiklą; poreikis, kylantis iš visuomenės (ir jos poreikį instituciškai reprezentuojančių valstybės valdymo institucijų) stiprinti moralinius pajėgumus valstybėje.



2.3.1 pav. Gynybos paskirties tyrimų poreikių šaltiniai

I grupė. Tyrimai, reikalingi materialiniams gynybos pajėgumams didinti. Šie tyrimai didina vadinamąją kietąją galią (angl. *hard power*), t. y. valstybės gebėjimą panaudoti karines, technologines ir kitas materialines priemones, siekiant atgrasyti ir apginti nacionalinius interesus. Tyrimai skirti šiems pajėgumams stiprinti yra sutelkti į gynybos technologijų, pažangių ginklų sistemų, dirbtinio intelekto, autonominių ir bepiločių sistemų plėtotę.

Analizuojant gynybos plėtros prioritetus Lietuvoje (nutarimas „Dėl Lietuvos Respublikos gynybos ir saugumo pramonės įstatymo įgyvendinimo“, LRV 2024 m. liepos 3 d. Nr. 558), išskiriamos pajėgumus stiprinančios (angl. *capability enhancements*) technologijos. Siekiant „išversti“ gynybos plėtros prioritetus į mokslo bendruomenei suprantamą terminiją, pasinaudojome EDA CapTech ir TBB taksonomija. 2.3.1 pav. rodo sąsajas tarp patvirtintų ginkluotės, karinės technikos ir kitos įrangos bei technologijų, svarbių prioritetiniams Lietuvos kariuomenės pajėgumams vystyti, prioritetų ir EDA pajėgumų technologijų grupių (CapTechs), taip pat šiose grupėse esančių technologijų sudedamųjų blokų (TBB). Didžiausia Lietuvoje numatytų prioritetų dalis tenka raketoms ir reaktyvinės traukos sistemoms (angl. *Missiles & Munitions*) – tai reiškia, kad daug Lietuvos sąrašo elementų (ypač netiesioginės ugnies, oro erdvės gynybos, prieštankinių sistemų ir amunicijos prioritetai) labiausiai sutampa su amunicijos ir ginklų technologijų blokais. Mažesnės, bet vis tiek ryškios srautų sąsajos pastebimos su oro erdvės, sausumos, jutiklių / radarų ir kibernetinio saugumo sritimis, atspindėdamos orlaivių ir UAV, sausumos platformų bei apsaugos, jutiklių ir radarų, taktinio ryšio ir kibernetinės gynybos TBB tarpusavio ryšius. Vizualiai matyti, kad nemažai Lietuvos sąrašo pozicijų šakojasi į kelias pajėgumų technologijų grupes (CapTechs), o tai rodo technologinį multidomeniškumą. Taip pat reikia pažymėti, kad analizuojamame dokumente nėra įvardyti pajėgumų įgalinimo (angl. *capability enabling*) prioritetai, apimantys minkštosios galios stiprinimą. Šie prioritetai yra numatyti kituose dokumentuose.



2.3.2 pav. Sąsaja tarp patvirtintų ginkluotės, karinės technikos ir kitos įrangos bei technologijų, svarbių prioritetiniams Lietuvos kariuomenės pajėgumams vystyti, prioritetų ir EDA pajėgumų technologijų grupių (CapTechs) bei šiose grupėse esančių technologijų sudedamųjų blokų (TBB).

II grupė. Tyrimai, reikalingi konceptualiajam gynybos pajėgumų plėtojimui. Šie tyrimai svarbūs nagrinėjant, kaip technologijų raida keičia strateginį, operacinį ir taktinį karybos lygmenis, kaip vyksta inovacijų ir technologijų integracija ir kariuomenės adaptacija, ar pasinaudojama technologijų teikiamais pranašumais, kaip kinta doktrina ir kt. Šių tyrimų poreikis netiesiogiai atskleidžiamas karinėse doktrinos, tačiau jų plėtojimą riboja keli esminiai veiksniai. Pirma, trūksta tarpdisciplininių tyrėjų kompetencijų, kurios leistų derinti technologinį, karinį ir strateginį mąstymą. Dauguma mokslininkų neturi pakankamo karinės veiklos, gynybos planavimo ar operacijų analizės išmanymo, todėl jiems sudėtinga vykdyti tyrimus, tiesiogiai pritaikomus konceptualiajame gynybos kontekste. Antra, ribotas universitetų / tyrimų institutų ir kariuomenės bendradarbiavimas mažina galimybes keistis duomenimis, priėti prie informacijos ir testuoti tyrimų rezultatus realiomis ar simuliacinėmis sąlygomis. Nepaisant šių apribojimų, tyrimų, pagrindžiančių konceptualųjį gynybos pajėgumų plėtojimą, poreikis išlieka.

III grupė. Tyrimai, reikalingi moraliniam pajėgumui, arba kitaip – minkštajai gynybos galiai, stiprinti. Šie tyrimai susiję su visuomenės gynybos mentaliteto formavimu. Moralinis komponentas tampa svarbus vystant ir įgyvendinant visuotinės gynybos koncepciją, kurioje skirtis tarp civilio ir aktyviai dalyvaujančio gynyboje piliečio (neginkluotos gynybos) mažėja. Šių tyrimų poreikis netiesiogiai kyla iš Lietuvos Respublikos ginkluotos gynybos ir pasipriešinimo agresijai įstatymo (2000-07-17 Nr. VIII-1856) nuostatų, akcentuojančių visuomenės pasirengimą ir motyvaciją priešintis agresijai.

Moralinis komponentas apima valios priešintis, pilietinio atsparumo, karinės kultūros ir etikos tyrimus, kurie padeda priimti žinias ir įrodymais pagrįstus sprendimus, formuojant kariuomenės ryšį su visuomene, stiprinant pasitikėjimą karinėmis institucijomis. Šalia šių tyrimų moralinis komponentas taip pat apima karinių organizacijų personalo pritraukimo, motyvavimo ir išlaikymo klausimus, analizuojant, kaip organizacinė kultūra, lyderystė ir vertybinės nuostatos lemia karių tarnybos kokybę bei pasitenkinimą. Tokie tyrimai svarbūs ne tik siekiant užtikrinti kariuomenės vidinį veiksmingumą, bet ir stiprinant visuomenės paramą gynybos politikai, pilietinę tapatybę bei valstybės atsparumą informacinio, psichologinio ir hibridinio karo kontekste.

3. Mokslinių tyrimų gynybos reikmės potencialo analizė

„Kariai, kurie nesupranta mokslinių rezultatų, negali jų veiksmingai panaudoti, o mokslininkai, neturintys supratimo apie operacijas, negali sukurti kariavimui naudingų rezultatų.“

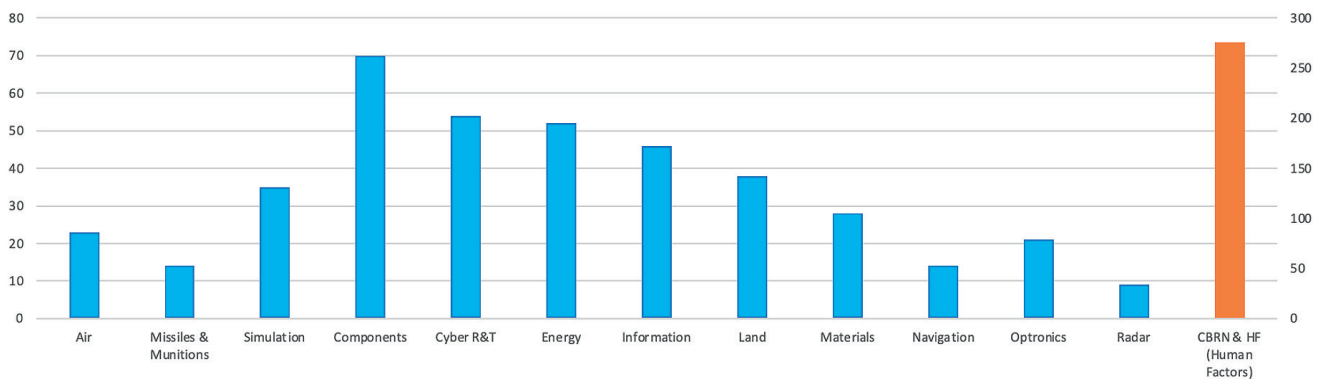
Theodore von Kármán (1881–1963)

Vienas pagrindinių iššūkių siekiant panaudoti mokslines žinias gynybos poreikiams kariuomenėje yra informacijos fragmentacija ir bendros sistemos, leidžiančios perimti tyrimų rezultatus, stoka. Mokslininkai ir mokslo institucijos savo rezultatus pateikia mokslo sričių terminais, o kariuomenė formuluoja reikalavimus karinių operacijų kategorijomis. Šitaip susidaro komunikacinė spraga, apsunkinanti tarpusavio supratimą bei tyrimų rezultatų taikymą, o moksliniai rezultatai gynybos kontekste dažnai lieka nepakankamai panaudojami.

Toliau šiame skyriuje pateikiama Lietuvos gynybos tyrimų potencialo analizė, pasitelkiant Europos gynybos agentūros pajėgumų technologijų sritis (angl. *Capability Technology Areas, CapTechs*) kaip taksonomiją, leidžiant padaryti šios analizės rezultatus prieinamesniais skirtingoms episteminiams bendruomenėms – tiek mokslininkams, tiek gynybos praktikams.

3.1. Apibendrinti universitetų ir mokslo institutų MTEP veiklos, siejamos su gynybos sektoriumi, apklausos rezultatai

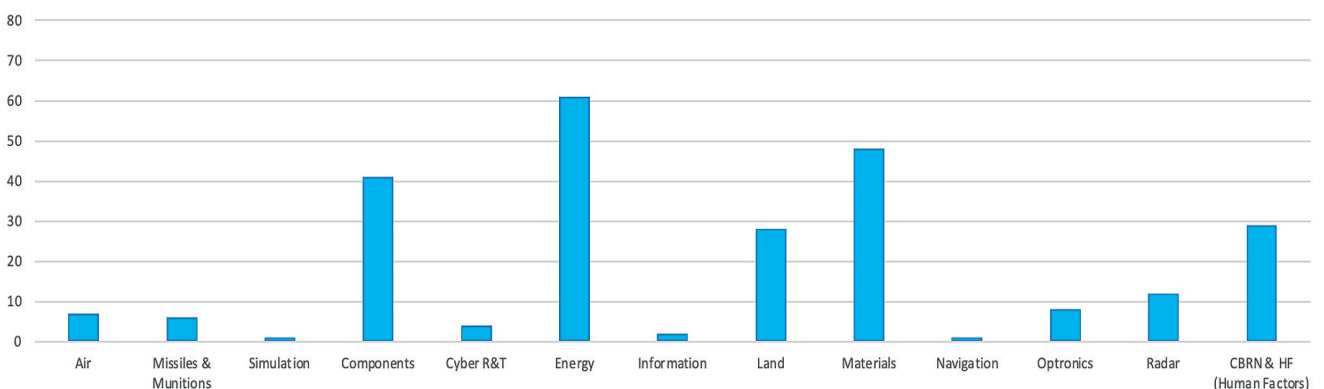
Toliau pristatome universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausos (2025 m. vasara) duomenis. Apklausos duomenys rodo, kad Lietuvoje veikiančiuose universitetuose ir mokslinių tyrimų institutuose vykdomi tyrimai patenka į visas EDA CapTech sritis. Gynybai aktualių tyrimų rezultatų (projektų, mokslo straipsnių) intensyvumo pasiskirstymas pagal sritis iliustruojamas 3.1.1 ir 3.1.2 paveiksluose. Apklausos duomenys buvo analizuoti dviejose grupėse – universitetuose ir mokslinių tyrimų institutuose.



3.1.1 pav. Tyrimų intensyvumas pagal EDA CapTech sritis universitetuose (apklausos duomenys)

Pagal gautus duomenis, universitetuose CBRN ir žmogiškųjų veiksmų (CBRN&HF) tyrimų srities darbų skaičius labai skiriasi nuo kitų sričių (3.1.1 pav. paskutinio stulpelio skalė dešinėje). Tokį atotrūkį lėmė tai, kad į šią sritį pateko visi socialinių ir humanitarinių mokslų (SSH) darbai, susiję su gynybos tematika. Įvertinus tai, kad SSH yra plačiai išplėtoti universitetuose, galima daryti išvadą, jog šių mokslų tyrėjai aktyviausiai įsitraukia į gynybos tematiką, tačiau daugiausia dėmesio skiria ne technologijų kūrimui, o socialiniams, politiniams, teisiniams ir organizaciniams gynybos aspektams. Tai rodo stiprią SSH indėlio reikšmę kuriant žiniomis grįstą gynybos politiką ir visuomenės atsparumo sprendimus, bet kartu atskleidžia poreikį stiprinti technologinių krypčių dalyvavimą, kad būtų pasiektas labiau subalansuotas mokslo potencialo paskirstymas gynybai aktualiose srityse.

Mokslo tyrimų institutuose situacija gynybos tyrimų srityje skiriasi nuo universitetų. Čia dominuoja energetikos krypties darbai, kuriuose ryškiausiai indėlį įneša Lietuvos energetikos institutas (LEI). Taip pat reikšminga dalis tyrimų vykdoma medžiagų mokslo srityje. Tačiau, remiantis apklausos duomenimis, daugelis jų – bendro pobūdžio medžiagų tyrimai, kurie nėra tiesiogiai pritaikomi gynybos poreikiams. Institutuose vykdomi komponentų tyrimai, tokie kaip vaizdinimo detektoriai ir šaltiniai ir t. t., kurie sudaro svarbią institutų mokslinės veiklos dalį ir gali būti pritaikyti gynybos technologijoms kurti.



3.1.2 pav. Tyrimų intensyvumas pagal EDA CapTech sritis mokslinių tyrimų institutuose (apklausos duomenys)

3.2. Mokslinio potencialo vertinimas: oro erdvės sistemos (angl. *Air*)

Srities apibūdinimas. Atsižvelgiant į šiuo metu klasikinę NATO doktriną, kuri sako, kad visos operacijos ant žemės ar jūroje gali prasidėti tik tuomet, kai pasiekiamas pranašumas oro erdvėje. Reikia paminėti, kad NATO daug dėmesio skyrė ir skiria šio pajėgumo vystymui ir NATO karinės oro pajėgos šiuo metu turi didžiausią tiek technologinį, tiek ir kiekybinį pranašumą konvenciniuose oro pajėgumuose. Nors NATO daugiausia remiasi JAV karinių ir kosmoso pajėgumu ir pasauliniu dominavimu, tačiau reikia paminėti, kad ir mažesnės šalys, pvz., Švedija, yra išvysčiusios gana stiprius karinius oro pajėgumus. Vienas bendras bruožas yra tas, kad šalys, kurios turi gamybinį pajėgumą ir inovacijų vystymo potencialą aeronautikoje, yra ir lyderiaujančios pagal karinius pajėgumus oro erdvės gynybiniame domene. Pastaruoju laikotarpiu tiek NATO, tiek ir ES didelį dėmesį skiria kosmoso (erdvės) pajėgumų vystymui, bepilotėms platformoms bei komunikacijos iš orbitos į bepilotės platformas technologijų vystymui, šitaip siekdamos užtikrinti atsparumą trikdžiams (NATO 2024a, NATO 2024b). Šie pajėgumai tiesiogiai susiję su multidomene (angl. *multidomain*) aplinka ir dirbtinio intelekto integracija kartu su kvantinėmis technologijomis.

Remiantis universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausos duomenimis, oro erdvės sistemų srities vertinimas pagal TBB pateiktas 3.2.1. lentelėje.

3.2.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas oro erdvės sistemų srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Autonominių oro transporto priemonių veikla (angl. <i>Autonomous Air Vehicle Operation</i>)	Publikuota keletas aukšto lygio straipsnių apie UAV autonomiją, kovinį efektyvumą bei vaizdų atpažinimą minų detekcijai. Vykdomi NATO SPS bei nacionaliniai projektai, kurie plėtoja UAV spiečiaus operacijas ir kovos valdymo sistemas. Šiuos tyrimus papildoma taikomieji medžiagų mokslo darbai (hidrofobinių paviršių kūrimas), svarbūs UAV komponentų patikimumui. Pagrindiniai rezultatai: DOI: 10.1109/ICMT65201.2025.11061319 DOI: 10.1109/ICMT65201.2025.11061300 DOI: 10.1049/mia2.70001 DOI: 10.3390/ma17174322 DOI: 10.1039/D0RA05665K Projektai: Inočekiai gynybos tematika NATO SPS project 6032 „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“, Kovos valdymo sistema, Atžalinės įmonės	LKA BPTI KTU FTMC VU
Bendradarbiaujanti oro transporto priemonių veikla (angl. <i>Cooperative Air Vehicle Operation</i>)	Nacionaliniai ir tarptautiniai projektai: S-MIP-22-76, LMT NATO SPS project 6032 „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“. Spiečiaus maršrutų sudarymas ir koordinavimas taikant AI bei imitavimo aplinka, Gynybos inočekiai 2.	FTMC VU VILNIUS TECH
Aptikimo, jutimo ir išvengimo sistemos (angl. <i>Detect, Sense and Avoid Systems</i>)	Potencialas grįstas tiek taikomaisiais nanofotonikos ir jutimo technologijos tyrimais, tiek darbais, orientuotais į priešiško UAV aptikimą ir neutralizavimą. Vykdomi LMT ir vykdyti MITA finansuojami projektai rodo kryptingą tyrimų ir inovacijų plėtrą, susietą su praktiniais gynybos poreikiais bei UAV grėsmių valdymu. Publikacijos: DOI: 10.3390/drones6090250 ; 10.1016/j.snb.2023.134418 ; 10.1039/d4nh00263f	VU KTU VILNIUS TECH

	Projektai: „Bepiločio orlaivio, skirto aptikti ir nukenksminti bepiločius orlaivius, kūrimas“ (LMT-K-718-01-0029, 2020–2022); „FPV dronų aptikimas ir sekimas atviroje erdvėje“ (LMT S-TPP-24-20, 2024–2025); „Mažo greičio skraidančių aparatų automatizuota neutralizavimo sistema“ (LMT S-TPP-24-21, 2024–2025) Inočekiai (SRS, MITA), „Autonominis objektų aptikimas ir identifikavimas su IR technologijomis iš terminių vaizdų“ (Gynybos inočekiai 2)	
Žmogaus ir mašinos sąsaja bei kognityvinė ergonomika (angl. <i>Human-Machine-Interface and Cognitive Ergonomics</i>)	Publikuoti keli indeksuoti straipsniai apie autonominių transporto priemonių, paslaugų robotų bei vartotojų sąveikos tyrimus. Technologiniai darbai žmogaus-vartotojo sąsajos sprendimuose (žvilgsnio sekimas, multimodalinės sąsajos), kurie sudaro pagrindą inovacijoms gynybos kontekste. Publikacijos: DOI: 10.3390/su132212571; 10.3390/en14164795; 10.3390/su13179655 Projektai: „Autonominis objektų aptikimas ir identifikavimas su IR technologijomis iš terminių vaizdų“ (Gynybos inočekiai 2)	LKA VILNIUS TECH KTU
Varomosios (traukos) energijos generavimas ir paskirstymas (angl. <i>Propulsion, Power Generation and Distribution</i>)	Tyrimų kryptis, apimanti raketinių variklių vidaus balistikos ir eksperimentinių raketų kūrimo darbus, publikuotus tarptautiniuose recenzuojamuose žurnaluose. Gauti patentai (US12304616B2, EP4157716B1) ir įgyvendinti projektai įrodo stiprų mokslo potencialą. Straipsniai: DOI: 10.1108/AEAT-07-2018-0177; 10.5755/j01.mech.25.3.23742 Patentai: US12304616B2; EP4157716B1 Projektai: VPI-3.1-ŠMM-10-V-05 „Design, research, implementation and commercialization of the rocket training equipment“ (2013–2015); S-MIP-17-94/SV3-0464 „Experimental rocket: design and research“ (2017–2020)	KTU
Saugios valdymo ir kontrolės sistemos (angl. <i>Secure Command and Control Systems</i>)	Stebima gausa įvairių tyrimų– nuo tarptautinės saugumo politikos analizės ir specialiųjų operacijų doktrinų iki pažangių kibernetinio saugumo metodų bei informacijos apsaugos sistemų kūrimo. Aukšto lygio publikacijos (WoS) bei naujausi darbai naudojantis dirbtiniu intelektu paremtam kenkėjiškų programų aptikimui ir informacijos saugos valdymui rodo šios srities tyrimų diversifikaciją. Publikacijos: DOI: 10.1080/23296151.2021.1907898; 10.3390/electronics13193955; 10.3390/electronics10040485 Projektai: „Kovos valdymo sistema“ (Atžalinės įmonės), „Didelės spartos ir galios (≥ 2 W) skaitmeninė duomenų perdavimo sistema“ (Inostartas 2)	LKA KTU VILNIUS TECH
Rotoriniai sklaidymo aparatai: naujos kartos aukštos kokybės vertikalaus kilimo (angl. <i>Rotorcraft: Next Generation High Performance Vertical Lift</i>)	Tyrimų ir technologinis potencialas grindžiamas patentais (US12304616B2, EP4157716B1). Be to, MITA paraiška dėl VTOL bepiločio orlaivio ir NATO SPS projektas demonstruoja tarptautinį bendradarbiavimą bei kryptingą žingsnį į pažangių vertikalaus pakilimo platformų kūrimą gynybos reikmėms. Patentai: US12304616B2; EP4157716B1 Projektai: MITA projekto paraiška „Vertikalaus pakilimo ir nusileidimo (VTOL) bepilotis orlaivis“; NATO SPS MYP	KTU LKA VILNIUS TECH

Fiksuoto sparno orlaiviai (angl. <i>Fixed Wing</i>)	Kuriami ir eksperimentiškai validuojami pažangūs skaičiuojamieji modeliai orlaivių aeroelastingumui bei skrydžio valdymo algoritmams. Publikacijos: DOI: 10.1088/1361-665X/ab0ea2 Projektai: LMT projektas AIRRH-CRAFT; NATO SPS MYP	KTU, LEI (pareikštas interesas termoinžinerijos kryptyje) VILNIUS TECH
--	---	---

3.3. Mokslinio potencialo vertinimas: raketos, reaktyvinės traukos platformos ir šaudmenys (angl. *Missiles & Munitions*)

Srities apibūdinimas. Pastaruoju 20 m. laikotarpiu NATO pagrindinis dėmesys buvo skirtas tiksliai ir didelius nuotolius įveikiančios amunicijos kūrimui, vystymui ir gamybai ir ši dedamoji išlieka labai svarbi vystant NATO gynybinius pajėgumus. Didinant atgrasymą vis labiau didėja poreikis priemonėms, ypač tokioms kaip hipergarsinės raketos, kurios gali įveikti didelius atstumus per labai trumpą laiką ir tiksliai smogti taikiniams jūroje ar sausumoje. Kitas labai svarbus kovos lauko domenas tampa kosmosas ir technologijos bei priemonės taikiniams žemės orbitoje ir artimajame kosmose pašalinti. Amunicija yra tiek praeitų, tiek esamų, galima teigti, ir būsimų karinių konfliktų ir karų pagrindas, todėl žinios bei technologijos, leidžiančios pailginti amunicijos gyvavimo ciklą, technologijos, leidžiančios padidinti jų patikimumą, poveikio efektyvumą, ypač kaštų prasme, bus vienas kritinių elementų vystant gynybinius pajėgumus. Tobulinant šią sritį didelę svarbą turi energetinės medžiagos ir jų gamybos potencialas bei su tuo susiję tyrimai bei inovacijos.

Tai labai tarpdisciplininė ir integruojanti sritis, praktiškai apimanti visas technologinių bei gamtos mokslo kryptis. Dėl to tiems patiems uždaviniams pasiekti gali būti taikomi labai skirtingi sprendimai, o tik pasibaigus inovacijų ciklui paaiškės, kurie sprendimai buvo patys sėkmingiausi. Net jei kai kurie sprendimai mokslo ar naujų žinių požiūriu nepasiteisina, jie gali turėti plačią antrinę taikymo galimybę, pavyzdžiui, priešgaisrinėje saugoje, transporte, energetikoje ir kitose srityse.

Vystant tikslią amuniciją, reikšmingos yra įvairios radarų ir sensorių (jutiklių) technologijos, dirbtinis intelektas, o tam tikrais atvejais ir kvantiniai skaičiavimai. Todėl ši CapTech sritis integruoja kelias technologines sritis ir gali sukurti didelį sinerginį efektą, ypač jeigu žinios ir technologijos bus laisvai prieinamos ir taikomos.

Remiantis universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausos duomenimis, raketų ir amunicijos srities vertinimas pagal TBB pateiktas 3.3.1 lentelėje.

3.3.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas raketų ir amunicijos srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Šaudmenų gyvavimo ciklo valdymas (angl. <i>Munition Life Management</i>)	-	
Nejautrūs šaudmenys (IM) (angl. <i>Insensitive Munitions – IM</i>)	-	

Sprogdikliai ir uždegimo sistemos (angl. <i>Fuse and Ignition Systems</i>)	Sritis turi taikomosios orientacijos potencialą – atliekami MTEP darbai ir matavimo įrenginių kūrimas. Projektas pagal Gynybos technologijų vystymo Lietuvoje 2021–2027 m. programą „Sunkiojo 120 mm minosvaidžio minos greičio matuoklis“ (Nr. 06-07-04.2.1.K-001); Atžalinių įmonių MTEP projektas „120 mm kalibro minosvaidžio minų greičio vamzdžio žiotyse matuoklis“; „Kamikadzių valdymas naudojant AI“ (Gynybos inočekiai 2, Inostartas2).	FTMC VILNIUS TECH
Tiksliai nukreipiami šaudmenys ir raketos (angl. <i>Precision Guided Munition and Missiles</i>)	Taikomieji tyrimai aprėpia tiek medžiagų / energetikos tyrimus (energetinių medžiagų teoriniai darbai), tiek projektines paraiškas praktiškiems sprendimams (skraidančio šaudmens kūrimas, tikslus krovinių pristatymas UAV). Dabartinės paraiškos ir publikacijos rodo potencialą kuriant lokalizuotus, tikslojo valdymo sprendimus tiek kroviniui pristatyti, tiek kovinei ekipuotei. Publikacija: DOI 10.3390/ma14154112 ; MITA paraiška „Skraidančiojo šaudmens „Gyls“ sukūrimas“; MITA / Inovacijų agentūros projektas „Tikslus krovinių pristatymas bepiločiais orlaiviais ryšio slopinimo sąlygomis“ (Nr. 06-07-04-1.1.K-001-02, 2023–2025); EDF projektas EDF-2024-RA-AIR-AAM BEAST.	LKA BPTI VU VILNIUS TECH
Didelės galios ginklų paleidimo ir raketiniai varikliai (angl. <i>High-performance Gun Launch & Missile Propulsion</i>)	Tyrimai apima vidaus balistikos skaitinius modelius, eksperimentinius raketinių variklių tyrimus ir kompozitinių korpusų mechanikos analizes. Publikacijos (daugelis daugiau nei 5 metai) ir įgyvendinti projektai rodo teorinį ir taikomąjį tyrimų pobūdį. Publikacijos: DOI 10.1108/AEAT-07-2018-0177 ; DOI 10.5755/j01.mech.25.3.23742 ; projektai VPI-3.1-ŠMM-10-V-05 „Design, research, implementation and commercialization of the rocket training equipment“ (2013–2015) ir S-MIP-17-94/SV3-0464 „Experimental rocket: design and research“ (2017–2020).	KTU
Bėginis elektromagnetinis ginklas (angl. <i>Railgun Weapon</i>)	Yra paskelbta keletas publikacijų, viena iš jų DOI: 10.3390/s21041293 ; apgintos trys disertacijos: Oliver Liebfried „Elektromagnetinių procesų tyrimas elektromagnetinėse svaityklėse, naudojant milžiniškos magnetovaržos jutiklius“ (http://dspace.vilnius-tech.lt/handle/1/4137), Justinas Račkauskas (2018) „Bėgių tipo atvirojo kanalo elektromagnetinės svaityklės magnetomechaninio efekto tyrimas“ (https://gs.elaba.lt/object/elaba:35042382/35042382.pdf); Vilius Vertelis (2021) „Magnetinio lauko difuzija į metalinius ir superlaidžius cilindrus“ (https://epublications.vu.lt/object/elaba:105584606/).	FTMC VILNIUS TECH
Patobulinti įrankiai ir metodai kvalifikacijai ir saugai užtikrinti (angl. <i>Improved Tools and Methods for Qualification and Safety</i>)	-	
IED (improvizuotieji sprogstamieji įtaisai) aptikimo ir neutralizavimo technologijos (angl. <i>IED — Improvised Explosive Device Detection and Defeat Technologies</i>)	-	

Aukštos kokybės, mažo jautrumo ir REACH reikalavimus atitinkančios energetinės medžiagos (angl. <i>High-performance, Low-sensitivity and REACH-compliant Energetic Materials</i>)	-	
Patobulinta kovinė galvutė ir penetratorius (angl. <i>Improved Warhead and Penetrator Design</i>)		
Pirotechnika klaidinimui ir maskavimui (angl. <i>Pyrotechnics for Decoying and Obscuring</i>)	Dvejopos paskirties technologijos. Disertacija „Apšviečiameji pirotechniniai mišiniai ir jų specifinės savybės“ 2020 m.	VU
Naujos šaudmenų komponentų gamybos technologijos (angl. <i>New Production Technologies for Munition Components</i>)	Publikacijos ir tarptautiniai projektai rodo, kad sritis turi potencialą, dalis rezultatų gali turėti dvejopą paskirtį. Publikacijos: DOI: 10.1016/j.jsamd.2025.100966 ; 10.1007/s42114-024-01035-w ; 10.1016/j.measurement.2024.114147 . Projektai: W911NF-16-2-0069 (US Army, 2016–2019) „Enhanced Absorption in Stopped-Light Photonics Nanostructures“; FLEXMECH-3DP („3D-printable flexible electroactive transducers for soft mechatronics systems“); M-era.Net SV3/1460 „Additive manufactured composite smart structures with embedded fibre Bragg grating sensors“; 3D-CFRP („Additive manufacturing of continuous fibers reinforced polymer composite materials for high performance structural applications“).	VU KTU
Šaudmenų technologijų mokymas ir treniravimas (angl. <i>Education and Training for Ammunition Technologies</i>)	Viena publikacija ir vieni mokymai rodo domėjimąsi šia sritimi, tačiau potencialas nedidelis. Publikacija: DOI: 10.3390/math9040409 Projektai / mokymai: „Bepiločių orlaivių pilotavimas ir įvykio vietų aerofotografinis fiksavimas vykdant specialiąją tranzito schemą“.	LKA VILNIUS TECH

3.4. Mokslinio potencialo vertinimas: medžiagos (angl. *Materials*)

Srities apibūdinimas. Medžiagos nulemia technologinę pažangą: nuo jutiklių parametrų ir energijos kaupiklių talpos iki apsaugos, maskavimo bei struktūrinių elementų. Tapusios strateginėmis (pvz., retųjų žemių pagrindu sukurti didelės galios magnetai), jos daro įtaką tiek pajėgumų vystymui, tiek tiekimo grandinėms. Todėl CapTech medžiagos EDA klasifikacijoje yra horizontali, pajėgumus įgalinanti sritis, apimanti ne tik pačių medžiagų kūrimą, bet ir jų charakterizavimą, gamybą, kokybės užtikrinimą, skaitmeninį projektavimą bei integraciją į sistemas kartu su kitomis CapTech ir TBB sritimis. Toliau tekste pirmiausia pateikiamas bendras tendencijų fonas, išsamiai Lietuvos tyrimų apžvalga bei detalesnis aprašas remiantis EDA CapTech ir TBB struktūra.

Pagrindinės tendencijos, lemiančios gynybos medžiagų sritį:

- Priklausomybės nuo kritinių žaliavų mažinimas: alternatyviosios medžiagos, perdirbimas, žiedišumas, tiekimo grandinių atsparumas ir kt. (ES „Critical Raw Materials“ kryptys).
- DI įgalintas medžiagų kūrimas ir skaitmeninis modeliavimas apima: duomenimis grįstą medžiagų kūrimo spartinimą, skaitmeninius dvynius, automatizuotą charakterizavimą ir kt.
- Biotechnologijų taikymas: bioinspiuotos ir biotechnologiškai gaminamos medžiagos (polimerai, kompozitai, bioinžinerija perdirbimui ir kt.).
- Pažangios gamybos technologijos: 3D spausdinimas, pažangus paviršių apdirbimas, robotizuotas kokybės užtikrinimas ir kt.

Lietuvos medžiagų tyrimų situacijos vertinimas. Lietuva turi tarptautiniu mastu pripažintų mokslinių sričių, tiesiogiai siejamų su anksčiau apibrėžtomis tendencijomis. Nors tiesiogiai gynybai orientuoti projektai kol kas fragmentiški, turimas žmogiškasis ir intelektualinis potencialas leidžia greitai persiorientuoti; pavyzdžiui, VU biochemijos sritis paskutinėje lyginamojoje ekspertinėje ataskaitoje įvertinta aukščiausiu balu. Tuo pat metu nuosekliai vystoma medžiagų srities infrastruktūra: Inovatyvios chemijos centras (INNO-CHEM), Funkcinių medžiagų tvariai energijai, aplinkai ir sveikatai MTI (REFRESH), Mikro-, nanotechnologijų ir analizės atvirosios prieigos centras (MNAC) ir kt. Šios MTI priskiriamos fizinių ir technologijos mokslų analitinės fizikos / chemijos ir medžiagų mokslo ašiai, siejasi su Europos tinklais ir sudaro tvirtą pagrindą pažangioms dangoms, kompozitams, mikro- / nanostruktūroms bei prototipams kurti. Politikos lygmeniu medžiagų tematiką palaiko sumaniosios specializacijos prioritetas „Nauji gamybos procesai, medžiagos ir technologijos“, esantis tarp trijų MTEPI orientyrų. Šios aplinkybės rodo reikšmingą Lietuvos potencialą plėtoti tyrimus šio CapTech apimtyje.

Dabartinių veiklų apžvalga, remiantis TBB klasifikacija, pateikiama 3.4.1 lentelėje.

3.4.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas medžiagų srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Lengvosios konstrukcijos aukštam našumui (angl. <i>Light Weight for High Performance Structures</i>)	Tyrimai fragmentiški, pagrindinis aspektas – kompozitinių medžiagų tyrimai. Pvz., KTU Mechatronikos instituto mokslininkų (R. Daukševičius ir kt., DOI: 10.1088/1361-665X/ada59b) vykdomi moksliniai tyrimai, KU įdirbis kuriant ultralengvas transporto priemones (užsakomieji tyrimai).	KTU KU
Medžiagos ir konstrukcijos apsaugai nuo karinių grėsmių (angl. <i>Materials, Structures for Protection Against Military Threats</i>)	Tiesioginių mokslinių rezultatų, susijusių su šiuo TBB, nėra daug. Svarbus yra BPTI dalyvavimas EDF projekte AGAMI EURIGAMI (European Innovative GaN Advanced Microwave Integration, A. Rinkevičius), apimančiame platų akademinį bei pramoninį partnerių tinklą. Dar viena tema – Atsparių didelės kinetinės energijos balistiniam poveikiui kompozitų kūrimas (CPVA projektas „Tarpdisciplininių tyrėjų kompetencijų stiprinimas nukreipiant jas išmaniųjų apsauginių tekstilės gaminių kūrimui“, sutartis Nr. 01.2.2-CPVA-K-703-02-0019).	BPTI FTMC
Aukštatemp peratūrinės medžiagos (angl. <i>High Temperature Materials</i>)	Tiesioginių darbų, atliekamų šia tematika, nebuvo nurodyta. Glaudžiai susijusios tyrimų tematikos apima oksidų dangų tyrimus (LEI, L. Marcinauskas, DOI: 10.3390/coatings11111289) bei darbus su aukštatemp peratūriniais kompozitais, skirtais šiluminių apsaugų sistemoms (Vilnius Tech, R. Stonys).	LEI Vilnius Tech

Maskavimas ir aptinkamumo mažinimas (angl. <i>Camouflage and Signature Management Technologies</i>)	Matomas potencialas vystyti šį TBB. Tarp sėkmingų rezultatų galima paminėti FTMC dalyvavimą EDF finansuojamuose projektuose ACROSS (Adaptive Camouflage for soldiers and vehicles) bei ACAMSII (Adaptive Camouflage for the Soldier II), tyrimus metamedžiagų srityse (FTMC, Linas Minkevičius, DOI: 10.3389/fphy.2023.1196726); lazerių indukuoto grafeno ant polimerų (FTMC, R. Trusovas, DOI: 10.3390/cryst13071003), potencialą maskuojančių struktūrų bei dangų kūrime (KTU MMI, S. Tamulevičius). Vertas paminėti BPTI dalyvavimas EDA projekte METASTEALTH (METASurfaces for the next generation of STEALTH platforms, A. Rinkevičius) bei VU dalyvavimas NATO SPS projekte „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“ (Y. Gordienko). Taip pat tekstilės taikymas absorbuojant elektromagnetines bangas X, Ku, K ir Ka dažnių ruožuose (nuo maždaug 8 GHz iki 40 GHz), kas turi didelį potencialą kariniuose pritaikymuose, ypač susijusiuose su radarinio atspindžio mažinimu (angl. <i>radar signature reduction</i>), elektronine apsauga ir taktiniu maskavimu. Šie dažnių ruožai yra plačiai naudojami karinėse radarų, ryšių ir valdymo sistemose, todėl jų slopinimas ar maskavimas turi didelę taktinę reikšmę (FTMC).	FTMC KTU BPTI VU
Naujos medžiagos ateities platformoms (angl. <i>Emerging Materials for Future Platforms</i>)	Šiai TBB galima priskirti potencialiai dvejopą paskirtį turinčias technologijas, tokias kaip naujų polimerų bei kompozitų tyrimai, naujų dangų bei medžiagų nusodinimas, atsparumo mikrobiologiniams pažeidimams tyrimas. Tiesioginiai darbai šiuo metu neatliekami.	
Medžiagos, konstrukcijos ir koncepcijos platformų stebėsenai (angl. <i>Materials, Structures & Concepts for Platform Monitoring</i>)	Šioje TBB daug potencialo turi lazerinių technologijų tyrimai, kur yra vystoma tęstinė veikla, vykdančios monolitinių trimačių fotoninių kristalų struktūrų integraciją į mikrolustinius lazerius (VU, D. Gailevičius, DOI: 10.1016/j.optlastec.2024). Veiklos finansuotos LMT projektų lėšomis). Taip pat ankstesniais laikotarpiais buvo vykdomi tyrimai su nuotoliniais nusidėvėjimo jutikliais, dalyvauta FP7 projekte MesMesh (Ultra – thin conductive ceramic mesh to monitor stress and wear on a steel surface, D. Paipulas), suteiktas europinis patentas EP2637014A1, sukurti smūgio bangų jutikliai (V. Stankevič, DOI: 10.1016/S0924-4247(00)00432-5).	VU FTMC
Nauji gamybos, jungimo ir remonto procesai (angl. <i>New Manufacturing, Joining and Repair Processes</i>)	Šiai sričiai galima priskirti pažangią multifotoninę 3D litografiją (VU, M. Malinauskas, DOI: 10.29026/oea.2022.210077 ; 10.29026/oea.2022.210077 ; 10.1002/adem.202300639 ; 10.1038/s43586-025-00386-y). Šioje srityje yra skelbiamos aukščiausio lygio publikacijos, su aukštais cituojamumo rodikliais. Verta paminėti, kad pagal publikacijų tematiką darbai gali būti aktualūs kitiems TBB. Taip pat šiai sričiai galima priskirti darbus kuriant stebėjimo sistemas metalų suvirinimui, naudojant magnetinio lauko impulsus (FTMC, V Stankevic, DOI: 10.3390/S20205925 , 10.3390/S25061640) bei adityvios gamybos pritaikymą dronų gamyboje (VILNIUS TECH, V. Gribniak, DOI: 10.3390/app15137164 ; 10.3390/polym17111452). Minėti pavyzdžiai susiję su įvairiomis technologijomis, apimančiomis taikomojo aspektus.	VU FTMC Vilnius Tech
Paviršių inžinerija maksimaliam tarnavimo laikui ir (ar) atšiaurioms aplinkoms (angl. <i>Surface Engineering for Maximum Lifetime and/or Hostile Environment</i>)	Darbų, tiesiogiai susijusių su šiuo TBB, nėra daug. Netiesiogiai susijęs pavyzdys – oksidų dangų tribologiniai bei atsparumo tyrimai (LEI, L. Marcinauskas, DOI: 10.3390/cryst15050439 ; 10.1016/j.surfin.2023.102763 ; 10.3390/coatings13020408). Taip pat yra atliekami darbai su mikromechaniniu plieno paviršiaus gerinimu (KU, A. Tadžijevs, DOI: 10.1016/j.prostr.2022.12.206 ; 10.1016/j.actamat.2020.05.007 ; 10.1016/j.engfracmech.2021.107609 ; 10.1016/j.ijpvp.2016.10.005).	LEI KU

Pažangi ir išmani tekstilė kario sistemoms ir platformoms (angl. <i>Advanced and Smart Textiles for Soldier Systems and Platforms</i>)	Šiame TBB yra aiškus darbų tęstinumas ir potencialas tolesniems tyrimams. Vykdomi tokių tematikų tyrimai : atsparių didelės kinetinės energijos balistiniam poveikiui kompozitų kūrimas bei išmanios termoreguliacinės sistemos kūrimas ir integravimas į tekstilę (FTMC, D. Kubilienė, EP4074206), atliekami dizaino darbai (VDA). Dėl tematikų galima sinergija su TBB04.	FTMC VDA
Skaitmeninis projektavimas ir medžiagų modeliavimas (angl. <i>Computational Design and Materials Modelling</i>)	Kompiuterinis projektavimas taikomas plačiai, tačiau tiesioginių darbų pavyzdžių nėra daug. Kaip vienas iš pavyzdžių gali būti paminėtas darbas su skaitmeniniais dvyniais (FTMC, I. Morkvėnaitė-Vilkončienė), skaitinis modeliavimas (KTU, P. Griškevičius; KU, A. Tadžijėvas), matematinio modelio, aprašančio išmanios termoreguliacinės sistemos apsauginį gaminį, kūrimas ir kt. Gali būti integruojama į kitas tematikas.	FTMC KTU KU

3.5. Mokslinio potencialo vertinimas: Informacinės ir ryšių technologijos (išskyrus kibernetinį saugumą) (angl. *Information*)

Srities apibūdinimas. Informacijos sritis (angl. *Information*) apima keletą tematikų, kurios skirtinguose kontekstuose skirtingai grupuojamos.

Remiantis NATO STO „Science & Technology Trends 2023-2043“:

1. Duomenys: didieji duomenys, informacinės ir ryšių technologijos (IRT) (Data: Big data, Information and Communication Technologies).
2. Dirbtinis intelektas (Artificial Intelligence).
3. Robotika ir autonominės sistemos (Robotics and Autonomous Systems, RAS).
4. Kvantinės technologijos (Quantum).

Europos gynybos agentūros pajėgumų žemėlapyje (EDA CapTech) žvelgiama ne tiek per technologijų, kiek per taikymų sritį, todėl IRT pajėgumai išsibarsto per skirtingas sritis dėl savo horizontalaus taikymo.

Taip pat, žvelgiant į sritis (angl. *domains*), NATO ir EDA išskiria kibernetinę erdvę (angl. *cyberdomain*) kaip atskirą sritį, po kuria pakliūva tik kibernetinio saugumo aspektai.

Lietuvoje IRT sritis tiesiogiai išskiriama keliuose vietose:

1. Žvalgybos informacijos rinkimo ir pajėgumo:
 - 1.1. Žvalgybinių bepiločių orlaivių sistemos;
 - 1.2. Sausumos stebėjimo radarų sistemos.
2. Kitų sausumos pajėgumų:
 - 2.1. Elektromagnetinės kovos ir stebėjimo sistemos.
3. Integruotos oro erdvės gynybos ir stebėjimo pajėgumo:
 - 3.1. Vidutinio siekio radarai.
4. Jūrinės aplinkos suvokimo pajėgumo:
 - 4.1. Informacijos perdavimo įranga (ryšių įranga, informacinės sistemos ir kt.);
 - 4.2 Informacijos rinkimo įranga (sensoriai, jutikliai ir kt.).
5. Ilgojo laikotarpio prioritetinės naujos gynybos technologijos kariniams tikslams:
 - 5.1. Dirbtinis intelektas;
 - 5.2. Autonominės sistemos.

Žinoma, beveik visose išvardytose srityse daugiau ar mažiau naudojami IRT sprendimai, bet dažniausiai tai jau esami klasikiniai sprendimai.

Taip pat pateikiami ir kiti planai (GŠ – dėl Lietuvos gynybos pramonės ir inovacijų kryptų vystant Lietuvos kariuomenės pajėgumus / g-723; galimos Lietuvos gynybos pramonės ir inovacijų diegimo kryptys vystant Lietuvos kariuomenės pajėgumus 5 metų perspektyvoje), kur IRT sektoriui tiesiogiai tinkamos kryptys yra šios:

1. Bepiločių sistemų vystymas oro, jūrų, sausumos domenuose;
2. Kovos su bepilotėmis sistemomis (K-BOS) priemonių vystymas;
3. Duomenų kaupimo ir valdymo sistemų vystymas.

Papildomai išskiriama:

1. Integruoti nuotolinio valdymo sprendimai ore, sausumoje ir jūroje:
 - 1.1. Sausumos, oro ir jūrų taikinių aptikimo sensoriai ir jų renkamos informacijos įtraukimas į vieną sistemą;
 - 1.2. Simulatoriai karių rengimui.
2. Kova su priešiškomis bepilotėmis sistemomis:
 - 2.1. Sistemos, gebančios aptikti priešišką veiklą ir integruoti surinktą informaciją į vieną operacinį paveikslą;
 - 2.2. Sprendimai, leidžiantys atskirti savo bepilotes sistemas nuo priešiškų;
 - 2.3. Sistemos, gebančios aptikti priešišką veiklą ir integruoti surinktą informaciją į vieną operacinį paveikslą.

Mokslinis informacinių technologijų potencialas yra pasklidęs per keletą institucijų. Nemažai bendro pobūdžio tyrimų vykdo daugelis MSI, tačiau gynybos sektoriaus tyrimų apimtis gana ribota. Pagal sritis skirtingų institucijų aktyvumas pateiktas lentelėje 3.5.1.

3.5.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas informacinių technologijų srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Management and Processing Information from Heterogeneous Information Sources	Publikacijos ir projektai rodo nuosekliai vystomą tyrimų kryptį, orientuotą į informacijos apdorojimą iš įvairių šaltinių, ypatingą dėmesį skiriant dezinformacijos atpažinimui, analizės įrankių kūrimui ir sintetiniams socialinių tinklų duomenų generavimui. Publikacijos: DOI: 10.1109/ICMCIS64378.2025.11047922; 10.1007/978-3-031-92898-7_10; 10.15388/DAMSS; 10.1109/ICMCIS59922.2023.10253590; 10.22364/bjmc.2022.10.3.10; 10.22364/bjmc.2017.5.3.04 Projektai • Secure Digital Military Mobility System (EDF-2021-PROTMOB-D-2 SDMMMS, 101103172) • Nacionalinės informacinio poveikio atpažinimo ir analizės ekosistemos (NAAS) sukūrimas • Atvirų duomenų šaltinių pagrindu atliekama automatizuota NVS ir ES Rytų partnerystės šalių ekonominės ir politinės situacijos analizė (LMT, REP-9/2015). Komentaras: Sritis labai persidengia su 71 Information Process Enhancement by using AI and Big Data, todėl dalis projektų ir publikacijų paminėta abiejuose punktuose. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	VDU, LKA, BPTI, MRU
Coalition Network Security and Protection and Interaction with commercial technologies	Viena publikacija: https://doi.org/10.15158/mg8r-0h12. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	VDU

Cognitive Radio	Publikacijos rodo tyrimus pažangių ryšių technologijų, dirbtinio intelekto ir tinklų efektyvumo srityje, orientuojantis į 5G komunikacijos iššūkius bei signalų aptikimo ir kontekstinės analizės metodus. Publikacijos: DOI: 10.1109/ISOC47750.2019.9078534; 10.23919/URSI.2018.8406715; 10.1109/ACCESS.2021.3119524 Projektas: P-LL-18-204 393172 Išmanus radijo stebėsenos ir valdymo algoritmas ateities bevielams tinklams.	VDU, BPTI
Internet of Things (IoT) for Defence	Kompetencijos gynybos srityje nėra aiškios. Komentaras: MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Tactical Cloud Infrastructure for C4ISR System	Blokui priskirtas tik vienas projektas: NATO SPS project 6032 „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Information Process Enhancement by using AI and Big Data	Publikacijos ir projektai rodo nuosekliai vystomą tyrimų kryptį. Nurodyta 10 publikacijų, dalis jų kartojasi kaip ir „Management and Processing Information from Heterogeneous Information Sources“ temoje. Publikacijos: DOI: 10.15388/20-INFOR404; DOI: 10.15388/21-INFOR457; DOI: 10.1109/ICMCIS64378.2025.11047922; DOI: 10.1007/978-3-031-92898-7_10; DOI: 10.1109/ICMCIS59922.2023.10253590 DOI: 10.22364/bjmc.2022.10.3.10; DOI: 10.22364/bjmc.2017.5.3.04 Projektai • EDIDP-ACC-2020, CARMENTA • EDF-2024-LS-DA-SME-NT SVDC • NATO SPS project 6032 „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“ • Propaganda and disinformation research: machine learning-based automatic recognition, impact and societal resilience • Nacionalinės informacinio poveikio atpažinimo ir analizės ekosistemos (NAAS) kūrimas • Remiantis atvirų duomenų šaltiniais atliekama automatizuota NVS ir ES Rytų partnerystės šalių ekonominės ir politinės situacijos analizė (LMT, REP-9/2015) • EnergyKeeper (Horizon2020),	VU, VDU, MRU, LKA, LEI, BPTI
Long Range Communications	Edukacija ir kompetencijos vystymas: KTU Radijo klubas, kuris skaičiuoja daugiau nei 60 metų veiklos, yra daugkartinis Europos ir pasaulio radijo sporto pirmenybių dalyvis, šiose pirmenybės kvalifikuojamas tarp TOP10 komandų. 1991 m. sausio 13-iosios įvykių metu užtikrino informacinį ryšį su JAV per suorganizuotą radijo tinklą. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	KTU
Electromagnetic Support Measures (ESM) for Communications	Kompetencijos gynybos srityje nėra aiškios. MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Software Defined Networking	Kompetencijos gynybos srityje nėra aiškios. MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	

Įvertinant, kad ne visos institucijos pateikė tikslią informaciją, taip pat nematoma duomenų apie finansuotus projektus, matyti, kad tam tikri gynybos tematikos tyrimai Lietuvoje jau atliekami virš 10 metų.

Vertinant atskiras TBB potemes, reikėtų turėti omenyje, kad viena publikacija ar projektas gali dengti kelias potemes, todėl rekomenduojama į visą sritį žvelgti bendrai, per daug neakcentuojant atskirų potemių.

Atsižvelgiant į tai, kad dirbtinis intelektas yra išskirtas kaip viena iš aktualių temų Lietuvos gynybos pajėgumams stiprinti, galima pastebėti, kad ir tyrimų šia tematika atliekama gana daug.

Verslo dalyvavimas: dalis IT įmonių, tokių kaip „Novian Pro“, „Baltic Amadeus“, „Rippl“, „Elitnet“, „NT Service“, „Fima“ turi tam tikrą įdirbį šioje srityje, dalis jų dalyvauja ir EDF projektuose.

Geroji praktika

Kaip gerąją praktiką šioje tyrimų srityje galima išskirti BPTI dalyvavimą Europos gynybos fondo (EDF) finansuojamame projekte EDF-2021-PROTMOB-D-2 SDMMMS Secure Digital Military Mobility System (SDMMMS). Projektas skirtas kurti saugią skaitmeninę sistemą, skirtą karinių judėjimų leidimų prašymų ir patvirtinimo procesui visoje Europos Sąjungoje. SDMMMS sprendimas leidžia efektyvinti karinių judėjimų procesus, užtikrinti saugų informacijos apsikeitimą ir didinti ES bei NATO suderinamumą, tuo pačiu stiprinant Europos Sąjungos gebėjimą greitai reaguoti į geopolitines grėsmes. BPTI projekte dalyvauja kaip technologinis partneris, atsakingas už IT sprendimų kūrimą ir integraciją. Institutas prisideda prie federuotos sistemos architektūros įgyvendinimo, užtikrina jos pritaikomumą nacionaliniams reikalavimams, kuria modulinis sprendimas, leidžiantis saugiai keistis duomenimis tarp šalių, dalyvauja kuriant prototipus, juos testuojant ir integruojant sistemą su kitų partnerių moduliais bei įgyvendina saugumo ir duomenų valdymo sprendimus, kad kiekviena nacionalinė institucija atitiktų saugumo reikalavimus ir galėtų efektyviai valdyti duomenis. BPTI koordinuoja vartotojų sąsajos kūrimą bei sistemos saugumo testavimą, užtikrindamas, kad galutinis sprendimas būtų patogus naudotojams, saugus ir tinkamas integracijai į federuotą architektūrą bei nacionalinius lygmenis.

Apibendrinimas

IRT srityje dirbama nemažai, galima išskirti LKA, VDU ir BPTI. Tyrimai vykdomi VU. Kitos institucijos tik deklaravo apie vykdomus tyrimus, tačiau konkrečios informacijos nepateikė. Svarbu paminėti, kad tyrimai atliekami ne tik universitetuose ir mokslinių tyrimų institutuose, kompetencijų yra ir daugiau, tačiau jų nematyti pateiktuose dokumentuose.

Galima daryti išvadą, kad detalus vertinimas pagal TBB nelabai prasmingas, nes gauta informacija naudojant apklausą yra gana bendra, priskirta labai laisvai; verslo pateiktą informaciją apie vykdomus tyrimus yra sunku priskirti kuriai nors TBB.

3.6. Mokslinio potencialo vertinimas: kibernetinis saugumas (angl. *Cyber R&T*)

Srities apibūdinimas. Kibernetinio saugumo sritis labiau liečia įvairius aspektus, susijusius su kibernetiniu saugumu. Lietuvoje dažniausia ši sritis siejama su informacinių technologijų tematika (TBB 65-74). Rekomenduojama tolesnėse analizėse ir vertinimuose šias sritis sujungti.

Toliau 3.6.1 lentelėje pateikiami universitetų ir mokslinių tyrimų institutų duomenys. Iš IT verslo vieni iš aktyviausių šioje tematikoje yra „NRD CS“ ir „NT Service“. Pažymėtina, kad dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.

3.6.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas kibernetinio saugumo srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Cyber defence Situation Awareness	Daug mokslinės produkcijos turinti sritis – priskirtos net 23 publikacijos, kurios aprėpia tiek technologinius, tiek socialinius-pilietinius kibernetinio saugumo aspektus. Temoje nurodyti 9 projektai. Temų įvairovė rodo stiprų tarpdiscipliniškumą. Publikacijos: 10.34190/eccws.24.1.3624; 10.3726/b22448; 10.1007/978-3-031-48057-7_27; 10.1016/j.heliyon.2023.e12808; 10.1016/j.cose.2025.104494; 10.1007/s10462-024-10893-1; 10.1016/j.csi.2024.103931; 10.15388/DAMSS.15.2024; 10.15388/LMITT.2025.3; 10.15388/DAMSS.14.2023; 10.1109/JSYST.2023.3281079; 10.1016/j.ict.2024.09.008; 10.3390/sym16050510; 10.1007/978-3-031-48057-7_27; 10.1177/21582440231156367; 10.5755/j01.ppaa.23.3.35169; 10.3390/math12081263; 10.4018/JCIT.368220; 10.3849/cndcgs.2024.417; 10.46354/i3m.2024.dhss.003. Projektai 1. EDF projekto paraiška „CYBILLA – Cyber Integrated Tool for Battlespace Awareness“ 2. Baltijos šalių ir Vokietijos aukštųjų mokyklų biuro kvietimo projekto paraiška „Kibernetinio saugumo suvokimo stiprinimas: nematoma skaitmeninių pėdsakų galia“ (angl. <i>Increasing Security-Awareness: the Invisible Power of Digital Traces</i>) 3. Baltijos tyrimų programos projektas Nr. (1.78) SU-55 „Kibernetinio saugumo kompetencijų gerinimas (ADVANCES)“ 4. LMT reikminių tyrimų projektas Nr. S-REP-21-2 „Nacionalinio kibernetinio saugumo kompetencijų žemėlapis kūrimas (CIBERSEK)“ 5. EDF-2022-DA-CYBER-CSIR FACT 6. EDF-2021-CYBER-R EU-GUARDIAN 7. EDIDP-CSAMN-2020 CYBER4DE 8. „Valdymo ir kontrolės sistemos, pagrįstos priešišku mašininiu mokymusi, kūrimas kibernetiniam saugumui gerinti ir įgūdžiams tobulinti // Development of Adversarial Machine Learning-Enhanced Command and Control Framework for Cybersecurity Improvement and Skill Proficiency (No. S-MIP-24-116, 2024–2027)“, finansuoja Lietuvos mokslo taryba 9. SAFE4SOC, DIGITAL-ECCC-2022-CYBER-B-03-SOC 10. DIGITAL-ECCC-2022-CYBER-B-03-SOC.	VU, VDU, MRU, KTU, LKA, LEI, BPTI

Cognitive Science with cyber implications	Daug mokslinės produkcijos turinti sritis – priskirtos net 39 publikacijos, kurios aprėpia tiek kibernetinio saugumo edukaciją ir kompetencijų vertinimą, žmogiškųjų veiksnių reikšmę, tiek ir techninius metodus. Temoje nurodyti 6 projektai. Temų įvairovė rodo stiprų tarpdiscipliniškumą. Publikacijos: 10.1007/978-3-031-87880-0_8; 10.1007/978-3-031-94855-8_14; 10.1016/j.csi.2024.103962; 10.4018/JCIT.368220; 10.1007/978-3-031-63223-5_20; 10.15388/DAMSS.15.2024; 10.34190/eccws.23.1.2254; 10.62036/ISD.2024.34; 10.1007/s10758-024-09769-8; 10.34190/eccws.23.1.2141; 10.3389/feduc.2023.1277282; 10.1007/978-3-031-35017-7; 10.34190/eccws.22.1.1145; 10.1109/ITMS59786.2023.10317742; 10.1007/978-3-031-35998-9_38; 10.1007/978-3-031-48057-7_25; 10.1177/21582440231156367; 10.1016/j.heliyon.2023.e12808; 10.3389/feduc.2022.998335; 10.1007/978-3-031-19679-9_8; 10.3389/feduc.2022.958405; 10.1109/DASC/PiCom/CBDDCom/Cy55231.2022.9927931; 10.1016/j.jksuci.2019.08.004; 10.1093/cybsec/tyac001; 10.3390/app12020894; 10.3390/bs11110152; 10.1007/978-3-030-78114-9_29; 10.1007/978-3-030-78114-9_23; 10.34190/EWS.20.034; 10.1016/j.cose.2019.101607; 10.1016/j.procs.2016.07.288. Projektai 1. Cyberactioning, European Union under Grant Agreement No 101123445, https://cyberactioning.eu/ 2. Innovative Approach to Kid's Cybersecurity Education: Empowering and Inspiring Educators for the Next Generation , KidCY , Erasmus + KA220-HED 3. Increasing Security-Awareness: the Invisible Power of Digital Traces, Baltijos šalių ir Vokietijos 4. Advancing Human Performance in Cybersecurity, ADVANCES, https://cs.vu.lt/projects/adv/projects-advances/compiled/home.html 5. Kibernetinio saugumo kompetencijų žemėlapių kūrimas, LMT reikminis tyrimas, https://cs.vu.lt/projects/P-REP-21-2/ 6. Naujos kartos Honeygot kūrimas, GRA pirkimas VU (L. Bukauskas).	VU, VDU, MRU, KTU, LKA, LEI, BPTI
Exploring convergence opportunities between Cyberoperations and Electronic Warfare	-	
Cross-cutting cyberdefence for land, maritime, air and space	Šiai tarpdisciplininei tematikai priskirta yra viena publikacija DOI: 10.1007/978-3-031-16815-4_14 ir vienas „Horizon 2020“ projektas Nr. 2944009 SPARTA (Strategic Programs for Advanced Research and Technology in Europe).	MRU, LKA, KTU
The protection of military communications and information systems	Viena publikacija DOI: 10.1007/978-3-031-16815-4_14 . Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	MRU
Quantum computing and cryptography with cyber implications	Viena publikacija konferencijų medžiagoje. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Autonomous cyber response capabilities	Viena publikacija DOI: 10.3390/info14090481 , projektas SAFE4SOC, DIGITAL-ECCC-2022-CYBER-B-03-SOC. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	VDU, MRU

Modelling and Simulation for cyber defence	Modeliavimo ir simuliacijų taikymo kibernetinėje gynyboje kryptis, orientuota į rizikos valdymą, informacinių kovų modeliavimą bei sprendimų priėmimo metodų tobulinimą. Publikacijos: 10.3390/info14120639; 10.3390/math12081263; —; 10.3390/sym16050510. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	MRU, LKA
--	---	----------

Apibendrinimas

Kaip matoma, kibernetinio saugumo srityje dirbama gana daug. Šioje srityje kai kuriais atvejais civilinis ir karinis taikymai praktiškai nesiskiria, nes gali būti saugoma strateginė civilinė infrastruktūra, aktuali ir kariniams tikslams.

Vertinant mokslinį potencialą, reikėtų atsižvelgti, kad kibernetinio saugumo tematikoje TBB sritys labai persidengia ir atskira jų analizė nėra tikslinga, nes tas pačias publikacijas ar projektus galima priskirti keliems TBB, o kartais ir juos perdengti su Information TBB sritimi.

Cyber R&T kompetencijos telkiamos keliuose centruose, kur daug dirbama Cyber srityje: LKA, VU, KTU (pritrūko detalios informacijos), BPTI (pateikiamos tik nuorodos į kelis projektus). Taip pat matoma, kad tyrimai vykdomi MRU ir VDU. Epizodiškai tyrimai daromi ir kitur. VILNIUS TECH dirbama Cyber srityje, bet informacijos stokojama.

Detalus vertinimas pagal TBB nelabai prasmingas, nes surašyta gana bendrai, priskirta labai laisvai, verslo atveju išvis nelabai aišku.

3.7. Mokslinio potencialo vertinimas: antžeminės sistemos (angl. *Land Systems*)

Srities apibūdinimas. Pagrindinis CapTech Land Systems tikslas – padėti dalyvaujančioms valstybėms (pMS) kurti ateities sausumos sistemų technologijas ir tobulinti esamas sausumos sistemas. Šiuo požiūriu visi CapTech Land nariai atlieka svarbų vaidmenį nustatydami mokslinių tyrimų prioritetus, identifikuodami technologines spragas ir prisideddami prie veiksmų strategijų formavimo. Šitaip užtikrinamas išsamus ir daugiaplanis požiūris į iššūkius, poreikius ir galimybes, susijusias su bendromis sausumos pajėgų sistemomis.

CapTech Land savo veiklą sutelkia į mokslinių tyrimų ir technologijų (R&T) veiklas, skirtas:

1. sausumos platformoms (valdomosioms ir autonominėms) tobulinti, integruojant sistemas (įskaitant C4I, energijos generavimą ir valdymą, ginkluotės sistemas, taikinių nustatymo sistemas, mobilumą ir kt.);
2. kario sistemoms (įskaitant sąveiką su autonominėmis sistemomis);
3. sausumos pajėgų apsaugai (įskaitant kovą su improvizuotaisiais sprogstamaisiais įtaisais – C-IED);
4. karinėms stovykloms tobulinti.

Siekiant apimti visus svarbius technologinius aspektus, susijusius su sausumos sistemomis, CapTech grupuoja technologijas į technologinius statybos blokus (angl. *TBB – Technology Building Blocks*), kurie dažnai yra tarpusavyje susiję bei priklausomi vieni nuo kitų.

Šiuo metu CapTech Land TBB yra šie:

- TBB01 – sausumos sistemų architektūra ir integracija
- TBB02 – energijos generavimas, kaupimas ir valdymas sausumos sistemoms
- TBB03 – aktyvi ir pasyvi sausumos sistemų apsauga
- TBB04 – sausumos operacijų logistika
- TBB05 – autonominių sistemų kūrimas, valdomųjų ir autonominių sistemų sąveika

TBB06 – taikinių / grėsmių atpažinimas, nustatymas ir taikymas

TBB07 – įrangos būklės ir naudojimo stebėseną, savistaba ir saviremontas

TBB08 – naujos vartotojo sąsajos kario ir sistemų integracijai / valdymui

TBB09 – mobilumas ir kontrmobilumas

TBB10 – ginkluotės sistemų integracija

Kiekvienam iš šių TBB yra parengtas specialus veiklos planas (angl. *roadmap*), kuriame pateikiami įvairių veiklų aprašymai kaip galimi sprendimai technologinėms spragoms užpildyti artimiausiais metais. Iš viso CapTech Land TBB veiklos planuose aprašytos **142 veiklos**.

Atlikus universitetų ir mokslo tyrimo institutų apklausą, rastų tyrimų suvestinė, tinkanti antžeminėms sistemoms, pateikiama žemiau, 3.7.1 lentelėje. Dėl apklausos metodikos platumo tyrimai pateikiami vienoje bendroje lentelėje.

3.7.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas antžeminių sistemų srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
TBB01 – sausumos sistemų architektūra ir integracija (angl. <i>Land Systems Architecture & Integration</i>)	Publikacijos ir aktyvus dalyvavimas EDF projektuose, tyrimai apima dronų ir stacionarių sistemų integraciją bei geografinių duomenų taikymą. Tyrimų temos: Dronų dėžės; Stacionarios pasienio apsaugos sistemos; EDF projektai: EDF-2024-DA-GROUND-AIFV AURIGA EDF-2023-DA MARTE EDF-2022-DA LATACC EDF-2021-GROUND-D-2 COMMANDS Publikacijos DOI: 10.1007/978-3-031-25863-3_52 ; DOI: 10.1080/01629778.2021.1969421 .	VILNIUS TECH, BPTI, LAMMC, LEI
TBB02 – energijos generavimas, kaupimas ir valdymas sausumos sistemoms (angl. <i>Power generation, storage, and management for Land Systems</i>)	Dalyvavimas tarptautinėse H2020 programose, technologijų publikacijos Q1–Q3 žurnaluose. Tyrimų temos: Baterijų valdymo ir energijos keitimo sistemos. Projektai: NATO SPS MYP; H2020 (EnergyKeeper, PLEEC, DEMI); SAHP-PVT technologijos; Microstructuring luminescent materials. Publikacijos ir kiti projektai: Laser 3D micro-/nano-structurization of luminescent materials, Adv. Opt. Mater. (2025), DOI: 10.1002/adom.202500316 .	VILNIUS TECH, LEI, VU
TBB03 – aktyvi ir pasyvi sausumos sistemų apsauga (angl. <i>Passive and active protection for Land Systems</i>)	Nišiniai tyrimai kraštovaizdžio planavime ir fizikinėje sensorių srityje. Tyrimų temos: Kraštovaizdžio planavimas ir maskavimas; gamtinės kliūtys; 0.1-9 THz sensors.	LAMMC, FTMC
TBB04 –sausumos operacijų logistika (angl. <i>Logistics for Land operations</i>)	Gausus publikacijų skaičius (Springer, MDPI, Taylor & Francis), tarptautinės konferencijos, praktinis pritaikomumas karinei logistikai. Tyrimų temos: Tiekimo grandinių optimizacija; Sandėliavimo paslaugų pritaikymas kariuomenei; Reverse logistics; Miškų ir dirvožemių tinkamumo vertinimas; Humanitarinių krizių logistika. Publikacijos: DOI: 10.1007/978-3-031-25863-3_50 ; DOI: 10.1007/978-3-031-25863-3_52 ; DOI: 10.1007/978-3-031-52652-7_48 ; DOI: 10.1007/978-3-031-52652-7_49 ; DOI: 10.3390/su16114569 ; DOI: 10.3849/cndcgs.2024.612 .	VILNIUS TECH, LKA, LSMU, MRU, LAMMC

TBB06 – taikinių / grėsmių atpažinimas, nustatymas ir taikymas (angl. <i>Target/Threat recognition, identification and targeting</i>)	Stiprus AI tyrimų komponentas tyrimuose, EDF projektai, daug publikacijų apie objektų atpažinimą. Tyrimų temos: AI objektų sekimas (transformeriai); Signalų ir vaizdų apdorojimas. Projektai: VECTOR EDF projektas; Doplerio radaras ir giliojo mokymosi taikymai; Dirvožemio savybių tyrimai. Publikacijos ir projektai: Sensors (2022) DOI:10.3390/s22093456; IJDATICS (2020); CEUR-WS (2019).	VILNIUS TECH, LAMMC, VDU
TBB07 – įrangos būklės ir naudojimo stebėseną, savistaba ir saviremontas (angl. <i>Health and Usage Monitoring for equipment, self-monitoring and self-repairing</i>)	Plėtojami robotikos ir monitoringo technologijų tyrimai, tarptautiniai projektai. Tyrimų temos: Elektros, elektronikos ir mechatroninių sistemų stebėseną. Projektai: Baltic Research project (LMT), H2020 AI4DI, AI4CSM); Publikacijos DOI:10.1364/OME.555578.	VILNIUS TECH, FTMC
TBB08 – naujos vartotojo sąsajos kario ir sistemų integracijai / valdymui (angl. <i>Novel User Interfaces for Soldier – Assets integration/control</i>)	Tyrimai mokymams Tyrimų temos: Lazerinė pratybų sistema Lietuvos kariuomenėje; Kolektyvinių treniruočių gerinimas. Publikacija DOI:10.3849/cndcgs.2024.257.	LKA
TBB09 – mobilumas ir kontrmobilumas (angl. <i>Mobility and Counter-Mobility</i>)	Nišiniai tyrimai, orientuoti į geografinius tyrimus. Tyrimų temos: Mobilumo modeliavimo sprendimai; Šlapynių kartografavimas kontrmobilumui. Publikacijos ir projektai: nėra.	LKA, GAMTC
TBB10 – ginkluotės sistemų integracija (angl. <i>Weapon system integration</i>)	Tyrimai skirti tiek technologiniams, tiek politiniams/ekonominiams sprendimams Tyrimų temos: Mažosios ginkluotės modernizacija; Ginkluotės įsigijimo studijos Publikacijos:DOI:10.1109/ICMT65201.2025.11061283; DOI:10.1080/01629778.2021.1969421.	LKA
TBB01 – sausumos sistemų architektūra ir integracija (angl. <i>Land Systems Architecture & Integration</i>)	Tarptautiniai EDF projektai, tyrimai apima dronų ir stacionarių sistemų integraciją bei geografinių duomenų taikymą, kartoja su TBB01. Tyrimų temos: Dronų dėžės; Stacionarios pasienio apsaugos sistemos; EDF projektai (AURIGA, MARTE, LATACC, COMMANDS); Pelkių / durpžemių ribų identifikavimas. Publikacijos DOI:10.1007/978-3-031-25863-3_52; DOI:10.1080/01629778.2021.1969421.	VILNIUS TECH

Apibendrinimas

Pagal atliktą mokslo potencialo analizę, universitetų ir mokslinių tyrimų institutų įdirbis antžeminių sistemų srityje yra labai nevienodas. Pastebėta, kad teikiamų paraiškų (negavusių finansavimo) kaip egzistuojančių kompetencijų ir mokslo resursų vertinimas yra sąlyginis, nors darbų šioje srityje pakanka.

3.8. Mokslinio potencialo vertinimas: komponentai (angl. Components)

Srities apibūdinimas. Komponentai ir moduliai yra viena iš svarbių EDA įvardytų technologinių pajėgumų grupių (angl. *The Capability Technology group (CapTech) Technologies for Components and Modules (TCM)*). CapTech TCM apima MTEP veiklas komponentų ir modulių technologijų srityje, kurie yra esminiai daugelio gynybos taikymų elementai, ir jų vystymas prisideda prie strateginio Europos savarankiškumo ir autonomijos (<https://eda.europa.eu/what-we-do/all-activities/activities-search/captech-components>).

Per pastaruosius dešimtmečius elektronikos, ypač puslaidininkių, pramonė patyrė tiek geografinę koncentraciją, tiek stiprų medžiagų ir komponentų tiekimo grandinės suskaidymą, įtraukiant labai specializuotus tiekėjus. Tuo pačiu metu, skatinant konkurencijos pasaulinėje rinkoje, įvyko reikšmingos technologinės inovacijos, kurias lėmė intensyvios investicijos į mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą (MTEP). Ne taip seniai patirtas komponentų trūkumas išryškino pasaulinę priklausomybę šioje srityje. Komponentų technologijos, kurios yra naudojamos daugelyje prietaisų, pavyzdžiui, mobiliuosiuose telefonuose ar automobiliuose, yra gana gerai žinomos. Tačiau gynybos pajėgumai priklauso nuo komponentų ir susijusių technologijų, naudojamų įterptinėje elektronikoje. Šiame kontekste Europos gynybos bendruomenė vis labiau pripažįsta technologijų prieinamumo, prieigos prie jų ir nuolatinio tobulinimo svarbą. Pagrindinių technologijų, priklausančių nuo elektronikos tiekimo grandinės, kurią naudoja kitos suderinamos pramonės šakos, plėtra gali duoti papildomos naudos gynybos pramonei, pavyzdžiui, konkurencingumo srityje. Tai reikalauja glaudesnio bendradarbiavimo su visomis suinteresuotosiomis šalimis (tiek vyriausybės lygiu, tiek mokslo institucijoms, pramonei bei susijusioms agentūroms). MTEP kontekste EDA išskiria tokias CapTech TCM TBB (angl. *Technology building blocks*) sritis:

1. RF (radijo dažnio) fotonika (angl. *RF (radio frequency) photonics*).
2. IR (infraraudonųjų spindulių) vaizdinimo detektoriai ir šaltiniai (angl. *IR (Infrared) imaging Detector & Sources*).
3. Terahercų detektoriai ir šaltiniai (angl. *Terahertz detectors & sources*).
4. Mikrobangų galia (angl. *Microwave Power*).
5. RF siųstuvų-imtuvų moduliai (angl. *RF Transceiver modules*).
6. Pažangių antenų komponentai (angl. *Enabling Components for Advanced Antennas*).
7. ADC (analoginis-skaitmeninis keitiklis) ir DAC (skaitmeninis-analoginis keitiklis) (angl. *ADC (Analog-to-Digital Converter) and DAC (Digital-to-Analog Converter)*).
8. Signalų generavimas ir atraminis laikas (angl. *Signal Generation and Time Reference*).
9. Sistema luste (angl. *System-On-Chip*).
10. Aukštosios įtampos SiC įrenginiai ir susiję energijos kaupikliai impulsinės galios taikymams (angl. *High voltage SiC devices and related energy storage for pulsed power applications*).
11. Gynybos kritinių technologijų tiekimo grandinė (angl. *Defence critical technologies supply chain*).
12. Pažangios pakuotės, PCB (spausdintinės plokštės) ir aušinimo valdymo technologijos (angl. *Advanced Packaging, PCB (printed circuit boards) and Thermal Management Technologies*).

Reikia pažymėti, kad Lietuvos gynybos tyrimų mokslinis potencialas daugelyje šių komponentų kūrimo ir vystymo sričių yra žymus ir vertinamas pasauliniu lygiu, ką demonstruoja vykdyti / vykdomi projektai ir publikacijos (didžioji tyrimų dalis vykdoma VU, VILNIUS TECH, KTU, FTMC, LEI, LKA, BPTI). 3.8.1 lentelėje pateikti atrinkti pavyzdžiai pagal vykdytą Lietuvos universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausą.

3.8.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas komponentų srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
RF (radijo dažnio) fotonikos (angl. <i>RF (radio frequency) photonics</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Difrakcinė optika (doi.org/10.1364/OE.521532), naudojantis metamedžiagomis sukurta difrakcinė optika (doi.org/10.1021/acsphotonics.4c01329), naudojant silicij pagamintos bangų plokštelės, poliarizatoriai, spindulių skirstytuvai, įvairūs lęšiai, optoelektroniniai šaltiniai ir detektoriai, išmanieji optoelektroniniai paviršiai sub-THz telekomunikacinėms linijoms („EIC Pathfinder Open 2025“ kvietimo paraiška “OISC-THz” Nr. 101257974).	FTMC, VU, VILNIUS TECH, KTU, LKA, BPTI
IR (infraraudonųjų spindulių) vaizdinimo detektoriai ir šaltiniai (angl. <i>IR (Infrared) imaging Detector & Sources</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Itin didelio intensyvumo vidutinio IR ruožo lazeriniai šaltiniai cheminių ginklų aptikimo LIDARams (https://doi.org/10.1117/12.2579414), Optiniai komponentai, skirti iki 5 μm bangos ilgiui (https://doi.org/10.1364/OIC.2019.TD.4), Plataus diapazono infraraudonųjų spindulių detektoriai, NIR šaltiniai: šviesos diodai, lazeriniai diodai (https://doi.org/10.3390/mi16050506), VECSEL, puslaidininkiniai fotodetektoriai, veikiantys regimųjų ir artimųjų infraraudonųjų spektrų srityse, Femtosekundinių didelio pasikartojimo dažnio ir didelės vidutinės galios lazerių šviesos šaltinių vystymas regimojoje ir infraraudonojoje spektro srityse (DOI: 10.1016/j.optlastec.2025.113261 ; mokslinių tyrimų projektas pagal US Air Force Office of Scientific Research program, projekto pavadinimas: „Towards very high average power and high repetition rate tunable femtosecond laser systems“ nuo 2025 m.); Vidinių erdvių filtrų ir didelio atsparumo medžiagų gamybos technologijų taikymas kuriant naujos kartos kompaktiškus, didelės galios, vienmodžius infraraudonųjų (IR) spindulių lazerinius šaltinius, skirtus pažangioms taikymo sistemoms (fotoninių kristalų mikrolusto lazeris DOI: 10.1038/srep34173 ; Projektas Nr. 09.3.3- LMT-K712-17- 0016, „Naujos kartos mikrolustiniai lazeriai su integruotomis fotoninėmis mikrostruktūromis“, Lietuvos mokslo taryba, 2020–2023.); IR sistemų projektavimas ir gamyba objektams aptikti, taršos automatizuotai stebėsenai.	FTMC, VU, VILNIUS TECH, KTU, LKA
Terahercų detektoriai ir šaltiniai (angl. <i>Terahertz detectors & sources</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: GaN pagrįsti plazmoniniai THz šaltiniai ir detektoriai (HORIZON-MSCA-SE-2024 projektas HERMES, Articles: https://doi.org/10.1063/5.0014977), Elektromagnetinės spinduliuotės jutikliai nuo milimetrinių bangų iki terahercų dažnių (DOI: 10.1109/IRMMW-THz50926.2021.9566975 , DOI: 10.24425/opelre.2023.144599 ; DOI: 10.3390/app11010412); Kompaktiški ir spartūs teraherciniai detektoriai ir šaltiniai (2018–2019 m. ESA projektas Nr. 4000122246/17NL/SC „Directive transistor-based THz detectors (THzFET)“; 2019–2020 m. MITA projektas pagal TPP programą Nr. TPP-03-045 „Didelio kryptingumo elektroninis 250 GHz spinduliuotės šaltinis“; DOI: 10.1109/IRMMW-THz60956.2024.10697756).	FTMC, VU, LKA
Mikrobangų galia (angl. <i>Microwave Power</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Didelės galios mikrobangų jutikliai (DOI: 10.1109/ICEAA.2011.6046324 ; Tyrimų ir technologijų organizacijos prie NATO Sistemų koncepcijos ir integracijos komiteto inicijuotas projektas SCI-294 „Radijo dažnių nukreiptos energijos ginklų poveikio tyrimas ir demonstracija elektronines uždegimo sistemas naudojančioms automobiliams valtims ir nepilotuojamiems orlaiviams“, 2016–2020 m.); Mikrobangų energijos surinkimas iš aplinkos įvairių jutiklių maitinimui (NATO Mokslo taikai ir saugumui programa, projektas G6002 „3D metamedžiagos energijos surinkimui ir elektromagnetiniam jutimui“ 2023–2026 m.); GaN pagrįsti elektroniniai ir fotolaidūs jungikliai impulsiniams didelės galios ir aukštojo dažnio taikymams, apsaugos nuo viršįtampių ribotuvai, saugikliai nuo elektromagnetinio impulso (EMI).	FTMC, VU, VILNIUS TECH

RF siųstuvų-imtuvų moduliai (angl. <i>RF Transceiver modules</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Didelės spartos ir galios (ne mažiau kaip 2 W) skaitmeninė duomenų perdavimo sistema; Bepiločių orlaivių (UAV) daugiakanaliai ilgo nuotolio siųstuvai-imtuvai.	VILNIUS TECH, BPTI
Pažangių antenų komponentai (angl. <i>Enabling Components for Advanced Antennas</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Antenų struktūrų projektavimas; Difrakcinė optika ir peteliškės formos (angl. <i>bow-tie</i>) antenos integracija (https://doi.org/10.3390/s25010229), RF antenos, suformuotos ant polimerinių paviršių (https://doi.org/10.3390/s22145343); D-ruožo (151–164 GHz) telekomunikacinės sistemos su išmaniaisiais atspindinčiais paviršiais (angl. <i>RIS</i>), bėgančiosios bangos vamzdeliais (TWT), aukštadažniais imtuvais (2022–2024 m. LMT projektas Nr. P-MIP-22-316 „Terahercų dažnių juostos įrenginiai su elektriškai valdomais metapaviršiais“, „Europos horizontas“ priemonės „HORIZON-JU-RIA“ paraiška 2024 m. kvietimui, „6G-ORBIS“ Nr. 101192683); Labai aukštų dažnių antenų (UHF) projektavimas ir kūrimas.	FTMC, VU, VILNIUS TECH, KTU, LKA
ADC (analoginis-skaitmeninis keitiklis) ir DAC (skaitmeninis-analoginis keitiklis) (angl. <i>ADC (Analog-to-Digital Converter) and DAC (Digital-to-Analog Converter)</i>)	Kaip atskirų komponentų kūrimas, šie tyrimai šiuo metu Lietuvoje nėra vystomi, tačiau kuriant sudėtingesnes sistemas, yra naudojami kitų šalių kūrėjų ir gamintojų ADC ir DAC.	
Signalų generavimas ir atraminis laikas (angl. <i>Signal Generation and Time Reference</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis tematikomis: Įtampa kontroliuojami aukštųjų dažnių osciliatoriai (https://doi.org/10.3390/s21175795).	FTMC
Sistema ant lusto (angl. <i>System-On-Chip</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Integruotos nanofotoninės gardelės, skirtos patobulintiems daugiaspektriams vaizdinimo ir naktinio matymo prietaisams (NATO-SPS, 2016-2020, 985048 projektas „Nanostructures for Highly Efficient Infrared Detection“) Pažangių sistemų luste (SoC) ir sistemų pakuotėje (SoP) sprendimų projektavimas ir kūrimas, sutelkiant dėmesį į skaitmeninių, analoginių ir RF funkcijų integravimą į kompaktiškas, aukštos kokybės platformas (projektai su Taivano universitetais NSYSU, TAIWAN TECH ir TAIPEI TECH: 2025-2026. „Development of Watt-level GaN Power Amplifiers and CMOS PLLs“, 2024-2026. „High Frequency, Low Phase Noise VCO and Programmable Frequency Divider Using 90-nm CMOS Process for X-band Phase-Locked Loop Applications“, 2025-2026, „PVT Tolerant Programmable-Gain Capacitive Feedback Transimpedance Amplifier for Broadband Time-Domain Optical Reflectometer Systems“); BiCMOS technologijos subteraherciniams šaltiniams (DOI: 10.1109/IRMMW-THz60956.2024.10697811).	FTMC, VU, VILNIUS TECH, LKA

Aukštosios įtampos SiC įrenginiai ir susiję energijos kaupikliai impulsinės galios taikymams (angl. <i>High voltage SiC devices and related energy storage for pulsed power applications</i>)	SiC komponentai, susiję su impulsinės galios taikymais, yra naudojami bendradarbiaujant su užsienio partneriais bei kuriant impulsinės galios generatorius.	FTMC, VILNIUS TECH
Gynybos kritinių technologijų tiekimo grandinė (angl. <i>Defence critical technologies supply chain</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis tematikomis: Tiekimo grandinė ir inovacijos (DOI:10.14807/ijmp.v12i8.1490; DOI:10.1080/13537121.2021.1968693; DOI: 10.1080/09662839.2020.1843437).	FTMC, LKA
Pažangios pakuotės, PCB (spausdintinės plokštės) ir šilumos valdymo technologijos (angl. <i>Advanced Packaging, PCB (printed circuit boards) and Thermal Management Technologies</i>)	Moksliniai tyrimai vykdomi tokiomis pagrindinėmis tematikomis: Integruotos nanofotoninės gardelės, skirtos patobulintiems daugiaspektriams vaizdinimo ir naktinio matymo prietaisams (NATO-SPS, 2016-2020, 985048 projektas „Nanostructures for Highly Efficient Infrared Detection“). Efektyvių miniatiūrinių elektroninių komponentų aušinimo metodų kūrimas (https://doi.org/10.1063/5.0220609)	FTMC, VU, VILNIUS TECH, KTU, LEI

Yra nemažai pavyzdžių, kurie parodo gerąją praktiką, kaip iš mokslinių tyrimų rezultatų pavyko sukurti inovatyvius produktus. Europos radijo dažnio (RF) komponentų, pagamintų iš galio nitrido, tiekimo grandinė yra sėkmingo ir reikšmingo daugelį metų trukusių koordinuotų pastangų rezultato pavyzdys. Veikla šioje srityje tebesitęsia, todėl galima tobulinti sistemų veikimą ir mažinti galimas priklausomybes nuo kitų pasaulio šalių tiekėjų. Pvz., Lietuvos mokslininkai (VU ir FTMC) su užsienio partneriais kuria CMOS technologijomis paremtus lauko tranzistorių (FET) pagrindu veikiančius THz detektorius (TeraFET), kuriuose naudojami didelio elektronų judrio AlGaIn/GaN bei silicio CMOS FET-ai.

Dar vienas iš pavyzdžių – mikrobangų galios jutikliai. FTMC Mikrobangų laboratorijos mokslininkai sėkmingai išvystė produktą, paremtą karštųjų elektronų efektu puslaidininkiuose, iki TRL8 lygio. Viskas prasidėjo nuo fundamentinių tyrimų, kai buvo nagrinėjami elektronų įkaitimo reiškiniai puslaidininkiuose ir jų įtaka varžai, kas atvėrė galimybes šį efektą panaudoti didelės galios mikrobangų (DGM) signalams matuoti (Dagys, M., Kancleris, I., Simniskis, R., Schamiloglu, E., & Agee, F. J. (2001). The resistive sensor: A device for high-power microwave pulsed measurements. IEEE Antennas and Propagation magazine, 43(5), 64-79, DOI: 10.1109/74.979368). Šie principai leido sukurti rezistorinius jutiklius, galinčius patikimai veikti ekstremaliosiomis sąlygomis, be perkrovos pažeidimų ir su didelėmis signalo įtampomis. Vėliau laboratorijoje buvo pradėti gaminti realūs prietaisai, kurie buvo ne tik sėkmingai ištestuoti lauko sąlygomis, bet ir tapo vienu iš patvariausių bei patikimiausių metodų DGM impulsų diagnostikoje Lietuvoje ir pasaulyje. Šiandien tokie jutikliai išlieka aktualūs – ypač sparčiai tobulėjant bepiločių orlaivių technologijoms ir didėjant jų autonomijai, kai tradiciniai trikdžių metodai tampa nebeefektyvūs. Todėl vis daugiau dėmesio vėl krypta į DGM efektus, o tikslūs, patvarūs ir atsparūs jutikliai yra kritiškai svarbūs norint ne tik tyrinėti didelės galios mikrobangų poveikį elektroninei įrangai, bet ir patikimai išmatuoti DGM kuriamus laukus.

Apibendrinimas

Lietuvoje Komponentų ir modulių technologinių pajėgumų grupės mokslinis potencialas yra žymus tiek nacionaliniu, tiek ir tarptautiniu mastu. Iš 12-os TBB MTEP veiklos vykdomos 10-yje sričių, iš kurių reikėtų paminėti tokias: RF fotonika, IR vaizdinimo detektoriai ir šaltiniai, terahercų detektoriai ir šaltiniai, mikrobangų galia, pažangių antenų komponentai. Taip pat sparčiai vystomas sistemų luste projektavimas ir kūrimas, sutelkiant dėmesį į skaitmeninių, analoginių ir RF funkcijų integravimą į kompaktiškas, aukštos kokybės platformas. Atskirai komponentų CapTech srityje reiktų išskirti įvairius jutiklius, kurie nuskaito aplinką, aptinka pavojus ir galimybes bei užtikrina, kad kariai galėtų greitai ir tiksliai reaguoti. Jutikliai pagerina sprendimų priėmimą ir suteikia realaus laiko situacijos suvokimą. Moksliniai tyrimai šiose srityse gali būti panaudoti ateities prototipų gynybos technologijoms kurti, todėl labai svarbu paskatinti ir paremti tokius tyrimus Lietuvoje.

3.9. Mokslinio potencialo vertinimas: energetika (angl. *Defence energy*)

Srities apibūdinimas. Saugumo ir gynybos energetika laikoma vienu svarbiausių veiksmų, užtikrinančių veiksmingas karines operacijas. Verta pastebėti, kad karinė energetika – tai horizontalusis karinių pajėgumų veiksnys, apimantis visas kariuomenės rūšis, įvairios paskirties karines platformas, karinę infrastruktūrą ar grupinį ir individualų karinės energijos taikymą. Karinės energijos sritys dažniausiai apima elektros energiją, šilumos energiją, cheminę energiją, energiją, gaunamą iš tradicinių ir atsinaujinančiosios energijos šaltinių. Kai kurios šalys į karinę energiją įtraukia ir branduolinę energiją.

Saugumo ir gynybos energetikos srities tyrimai daugiausia skirti karinės energijos suvartojimui mažinti, energetiniam saugumui didinti ir tvariems bei alternatyviems energijos šaltiniams integruoti į karines operacijas ir karinę infrastruktūrą. Susijusios sritys taip pat apima išmaniųjų energijos ir atsinaujinančiosios energijos sistemų kūrimą dislokuotoms pajėgoms, karinių transporto priemonių elektrifikavimą, energiją taupančios infrastruktūros kūrimą ir kt.

Apžvelgiant į pagrindines tyrimų sritis, verta paminėti EDA ir NATO prioritetines tyrimų sritis. EDA yra įvardijusi šias pagrindines prioritetines sritis, turinčias didelį tyrimų potencialą: alternatyvieji degalai ir varomosios sistemos, energijos kaupimas, variklių ir elektros energijos paskirstymo sistemų efektyvumą didinančios technologijos, energijos vadybos technologijos, atsinaujinantieji šaltiniai, aplinkosaugos technologijų pritaikymas gynyboje, energijos surinkimas iš aplinkos. Turimo potencialo Lietuvoje pagal šias kryptis vertinimas pateiktas 3.9.1 lentelėje.

3.9.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas energetikos srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Alternatyvieji degalai ir varomosios (angl. <i>propulsion</i>) sistemos	Alternatyviųjų degalų tyrimai ir plėtra apima šias technologijas ir su jomis susijusius tyrimus: i) sintetinius degalus, suderinamus su esamais kariniais varikliais ir karinėmis platformomis; ii) biodegalus, iii) vandenilio ir amoniako degalus; iv) mišrius sprendinius, t. y. tradicinių ir atsinaujinančiųjų degalų mišinius, skirtus laipsniškam karinės technikos ir karinių platformų pritaikymui. Pagrindiniai techniniai iššūkiai: i) atsparumas šalčiui; ii) ilgalaikis saugojimas; iii) suderinamumas su esamomis logistikos grandinėmis; iv) atitikties NATO vienodo kuro politikai. Varomosios (angl. <i>propulsion</i>) sistemos apima naujoviškas varomųjų technologijų kryptis sausumos, jūrų, oro bei nepilotuojamiems kariniams įrenginiams: i) hibridines elektrines sistemas; ii) visiškai elektrines pavares, skirtas mažiems bepiločiams orlaiviams, autonominiams povandeniniams aparatams, trumpojo nuotolio sausumos transportui; ii) vandenilio kuro elementus, susijusius su tyliu veikimu; iv) pažangias, didesnio efektyvumo turbinas; v) lengvųjų medžiagų taikymu variklių komponentų gamyboje, siekiant didesnio efektyvumo.	KTU, KU, FTMC, LEI

	Pagrindiniai techniniai iššūkiai yra susiję su: i) efektyvumu ir našumu; ii) aplinkosauga; iii) medžiagomis ir inžineriniais sprendimais; iii) integracija į turimas sistemas ar platformas.	
Energijos kaupimas: elektros, elektrocheminė, mechaninė, šiluminė energija.	Tyrimai ir plėtra apima šias technologijas ir su jomis susijusius tyrimus: i) elektros energijos kaupimas: superkondensatoriai, aukštosios įtampos superkondensatorių sistemos, skirtos greitam energijos atidavimui; ii) elektrocheminis kaupimas: pažangūs ličio jonų, kietojo elektrolito, kitos alternatyvos ličio jonų elementams; kuro elementai; iii) mechaninis kaupimas: smagračiai, suslėgto oro kaupimas; iv) terminiai sprendiniai: fazės pokyčio medžiagos, aukštos temperatūros šiluminės baterijos, šilumos akumuliavimo sprendiniai. Pagrindiniai techniniai iššūkiai: i) didelio energijos tankio ir padidinto saugumo akumuliatorių sprendiniai; ii) greito įkrovimo ir iškrovimo technologijos; iii) mikrotinklų (angl. <i>microgrids</i>) valdymo sistemos; iv) standartizavimas ir sąveikumas tarp NATO šalių.	VU, LEI, KTU
Variklių ir elektros energijos paskirstymo sistemų efektyvumą didinančios technologijos.	Tyrimai ir plėtra apima: i) variklių efektyvumą; ii) energijos (elektros) paskirstymo sistemas; iii) šiluminės energijos valdymą ir naudojimą. Pagrindiniai techniniai iššūkiai: i) aukšto šiluminio naudingumo variklių kūrimas, įskaitant hibridinius sprendimus; ii) išmaniųjų energijos valdymo sistemų ir mikrotinklų valdymo algoritmų plėtra; iii) atliekinės šilumos surinkimo ir konversijos technologijos; iv) atitiktis NATO standartams, užtikrinant sąveikumą tarp valstybių narių.	FTMC, KTU, VGTU
Energijos vadybos technologijos: inovatyvios ir efektyvios sistemos.	Tyrimai ir plėtra apima: i) išmanius energijos valdymo tinklus; ii) integruotas valdymo platformas; iii) dirbtinio intelekto algoritmus; iv) modulinės sistemos; v) kibernetinį saugumą. Pagrindiniai iššūkiai: i) išmaniųjų mikrotinklų kūrimas karinei infrastruktūrai, įskaitant dislokuotas (angl. <i>deployed</i>) stovyklas; ii) dirbtinio intelekto pagrindu veikiančios energijos balansavimo ir optimizavimo technologijos ir jų pritaikymas prie gynybos reikalavimų; iii) greito diegimo ir nuotolinio valdymo sprendinių poreikis; iv) NATO standartų atitiktis ir sąveikumas tarp valstybių narių; v) kibernetinės gynybos priemonės energijos infrastruktūrai.	FTMC, LEI, KU, LKA, MRU
Atsinaujinantieji šaltiniai: saulės energijos panaudojimas elektros ir šilumos gamybai.	Tyrimai ir plėtra apima: i) fotovoltinius sprendinius, aukšto efektyvumo saulės modulių (monokristaliniai, daugiasluoksniai, lanksčios plėvelės), integruotus saulės elementus, sistemas, pritaikytas transporto priemonėms, palapinėms, dronams; ii) terminius sprendinius (saulės kolektoriai karštam vandeniui ruošti ir šiluminiam procesams palaikyti; iii) koncentruotas saulės energijos (CSP) sistemas šilumai ar elektros energijai gaminti; iv) hibridines sistemas – saulės energijos derinimas su vėjo, baterijų ar dyzelinių generatorių sistemomis; iv) energijos kaupimą, integraciją su baterijomis, šiluminėmis saugyklomis ar vandenilio gamyba. Pagrindiniai iššūkiai: i) didelio efektyvumo ir ilgaamžių saulės modulių, atsparių smėliui, dulkėms ir ekstremalioms temperatūroms, kūrimas; ii) mobilių, greitai dislokuojamų saulės energijos sistemų, skirtų karinėms operacijoms, kūrimas; iii) hibridinių fotovoltinių–baterijų–vandenilio energijos sistemų kūrimas; iv) standartizavimas ir sąveikumas; v) kibernetinės apsaugos sprendiniai, skirti fotovoltinėms ir mišrioms sistemoms.	VU, FTMC, LEI, KTU

Aplinkosaugos technologijų taikymas gynyboje: vanduo ir nuotekos.	Tyrimai ir plėtra apima: i) vandens gavybos sprendinius, tokius kaip vandens gamyba iš oro; ii) pažangias gilaus gręžimo ir filtravimo sistemas; iii) vandens valymą ir dezinfekavimą – mobilius atvirkštinio osmoso sprendinius ir įrenginius, nanofiltraciją, ultravioletinius ir kitus pažangius procesus; iv) jūros vandens gėlinimą, reikalaujantį mažai energijos; v) nuotekų valymą ir pakartotinį naudojimą, apimantį biologinius reaktorius, membranines sistemas, cheminį valymą, pilkojo vandens perdirbimą gėrimui ar techniniam naudojimui; vi) elektros energijos integraciją, t. y. saulės, vėjo ar hibridinių energijos šaltinių panaudojimą vandens ir nuotekų technologijoms. Pagrindiniai iššūkiai: sprendinių pritaikymas pagal gynybos keliamus reikalavimus.	VG TU
Energijos surinkimas iš aplinkos (angl. <i>energy harvesting</i>)	Tyrimai ir plėtra apima: i) mechaninės energijos surinkimą; ii) šiluminės energijos surinkimą; iii) Saulės energiją; iv) biologinę / cheminę energiją. Pagrindiniai iššūkiai: i) daugiašalis energijos surinkimo sprendinių derinimas (vibracija, saulė, šiluma); ii) energijos kaupimo ir konversijos sistemų integracija; iii) standartizacija ir NATO sąveikumo reikalavimų įgyvendinimas; iv) kibernetinis energijos valdymo ir duomenų perdavimo sistemų saugumas.	VU, FTMC, KU, KTU
Vėjo energija	Tyrimai ir plėtra apima: i) karinės vėjo turbinų sistemas; ii) hibridines energijos sistemas; iii) energetinio valdymo sprendimus; iv) aplinkos sąlygų pritaikymą; v) nešiojamąsias mobiliųjų sprendinių technologijas. Pagrindiniai iššūkiai: i) didelio efektyvumo ir ilgaamžių sprendinių, atsparių smėliui, dulkėms ir ekstremalioms temperatūroms, kūrimas; ii) mobilių, greitai dislokuojamų vėjo energijos sistemų, skirtų karinėms operacijoms, kūrimas; iii) hibridinių fotovoltinių–baterijų–vėjo–vandenilio energijos sistemų kūrimas; iv) standartizavimas ir sąveikumas; v) kibernetinės apsaugos sprendiniai, skirti vėjo ir mišrioms sistemoms.	LEI, KTU
Energetikos ir aplinkosaugos technologijų sistemų integravimas	Tyrimai ir plėtra apima: i) energijos valdymo sistemas: mikrotinklus, realaus laiko energijos paskirstymą, hibridines energijos sistemas; ii) aplinkosaugos technologijas: atliekų perdirbimą, vandens ir oro valymo sistemas, CO₂ emisijų mažinimo integravimą; iii) valdymo sistemų integraciją, apimančią priežiūrą, jutiklių tinklus, automatizuotą valdymą ir duomenų analizę. Pagrindiniai iššūkiai: sprendinių pritaikymas pagal gynybos keliamus reikalavimus.	KTU, LEI
Aplinkosaugos technologijų pritaikymas gynybai: energijos iš atliekų technologijos	Tyrimai ir plėtra apima: i) atliekų termocheminį apdorojimą; ii) biologines technologijas; iii) integraciją su kitomis energijos sistemomis; iv) modulinį sistemų, tinkančių karinei operacinei aplinkai, sprendiniai. Pagrindiniai iššūkiai: i) efektyvumas; ii) integracija su tinklais ir hibridinėmis energijos sistemomis; iii) standartizavimas ir NATO sąveikumo užtikrinimas; iv) kibernetinės apsaugos ir gynybos sprendiniai energijos valdymo ir perdirbimo sistemoms; v) biologinių procesų ir mikroelementų naudojimas energijos gamybai iš organinių atliekų.	LEI, KTU

Kaip matyti iš pateiktos lentelės, EDA yra numachiusi labai plačią energetikos tyrimų erdvę, tačiau, analizuojant 2025 m. Europos gynybos fondo finansuojamus projektus, galima išskirti tik šias tris pagrindines inovacijų sritis:

Išmanieji tinklai ir mikrotinklų atsparumas. Karinėms bazėms ir operaciniams objektams dažnai reikalingi savarankiški energijos šaltiniai atokiose ar konfliktų zonose. EDF 2025 remia projektus, kuriančius išmanius tinklus ir mikrotinklus, užtikrinančius stabilų ir saugų energijos paskirstymą net ekstremaliomis sąlygomis.

Atsinaujinančiųjų energijos šaltinių integracija gynyboje. Tradiciškai gynyba priklauso nuo iškastinio kuro, tačiau tvarumo tikslai skatina naudoti saulės, vėjo ir biokuro energiją. EDF 2025 remia tyrimus, integruojančius į karines energijos sistemas atsinaujinančius šaltinius, kurie mažina priklausomybę nuo pažeidžiamų tiekimo grandinių ir mažina ekologinį pėdsaką.

Baterijų ir vandenilio technologijos. Energijos kaupimas išlieka kritiniu iššūkiu karinėse ir civilinėse sistemose. EDF 2025 remia naujos kartos baterijų technologijas ir vandenilio energijos sprendimus, užtikrinančius patikimą ilgalaikę energiją mobilioms ir stacionarioms karinėms operacijoms.

Geroji praktika: NATO SPS projektų energijos ir tvarumo srityje apžvalga

Šiuo metu vykdomi ar neseniai užbaigti NATO SPS (angl. *Science and Security Programme*) projektai, sutelkti į energetinį saugumą ir su juo susijusius tyrimus, taip pat didelis dėmesys skiriamas aplinkai ir su ja susijusių nelaimių valdymui. Didelis dėmesys yra skiriamas atsinaujinančiųjų energijos šaltinių (saulės) generacijos efektyvumo tobulinimui, taip pat tyrimams, susijusiems su elektros energijos kaupimu ir alternatyvų ličio baterijoms paieškai. Taip pat verta atkreipti dėmesį ir tyrimus, kurie susieti su poveikio aplinkai mažinimu ir atsparumo didinimu.

3.10. Mokslinio potencialo vertinimas: optronika (angl. *Optronics*)

Srities apibūdinimas.

EDA klasifikacija. Remiamasi Europos saugumo gynybos agentūros (EDA) apibrėžimu CapTech Electro Optical Sensors Technologies (EOST), taip pat vadinama CapTech „Optronics“ misija – remti dalyvaujančias valstybes nares mokslinių tyrimų ir technologijų (MTT) iniciatyvose optronikos srityje, reaguojant į sutartus gynybos pajėgumų poreikius ir siekiant kurti bendrus MTT projektus.

- „CapTech Optronics“ skatina ir valdo pagrindinių technologijų mokslinių tyrimų ir technologijų plėtros veiklą šiose technologijų srityse:
- Pasyviųjų / aktyviųjų daugiaspektrių / hiperspektrinių vaizdo gavimo sistemų projektavimas ir analizė;
- Optinių signalų ir vaizdų gerinimas ir apdorojimas;
- Optinių (EO / IR) signalų matavimo ir slopinimo, mažinimo technologijos;
- Kryptinės energijos technologijos, įskaitant didelės energijos lazerinius ginklus;
- Aplinkos modeliavimas ir sistemos veikimo prognozavimas;
- EO priešpriešinių priemonių sistemos;
- Duomenų sujungimas ir sistemų integracija;
- Kvantinė optika.

Optronikos srities tematikos paprastai atitinka gan žemą 2–5 TRL lygį ir yra skirtos šioms gynybos funkcijoms atlikti:

- Žvalgyba, stebėjimas, taikinių paieška ir žvalgymas sausumoje, jūroje, kosmose ir ore;
- Savo pajėgų ir nekovojančių asmenų apsauga (kovos su savadarbiais sprogstamaisiais įtaisais, signalų mažinimas, EO priešpriešinės priemonės);
- Gynyba nuo balistinių raketų (BMD);
- Žemės stebėjimas ir kosminės / jūrinės situacijos vertinimas;
- Cheminio, biologinio, radiologinio ir branduolinio (CBRN) poveikio nuotolinis aptikimas.

Pabrėžiama, kad šios optronikos technologijos turi didelį potencialą tiek dvejopo naudojimo tyrimams, tiek tolesnio bendradarbiavimo su kitomis EDA CapTech programomis (radarai, komponentai, medžiagos, navigacija ir kontrolė, informacija ir oro, žemės, jūrų ir šaudmenų sistemos) vertinimui. Remiantis aktualia (2019 m.) Optronics CapTech strategine mokslinių tyrimų darbotvarke (SRA), pagrindiniai operaciniai ir techniniai uždaviniai trumpalaikiu ir vidutinės trukmės laikotarpiu (nuo 0 iki 5 metų ir nuo 5 iki 10/15 metų) yra šie:

- Naujų algoritmų (daugiausia dirbtinio intelekto ir mašininio mokymosi) tobulinimas ir kūrimas sudėtingų tikslų (mažų, greitų, mažai kontrastingų, užmaskuotų, blogo matomumo sąlygomis) aptikimui, klasifikavimui ir sekimui naudojant aktyviuosius ir pasyviuosius jutiklius, taip pat mieste ar užstatytose vietovėse.
- Aktyvieji ir pasyvieji jutikliai autonominėms transporto priemonėms ir žemės stebėjimui iš oro platformų, taip pat pagrįsti kvantinėmis technologijomis.
- Pažanga adaptyvios optikos, laisvos formos lęšių, metalėšių ir metaoptikos srityje.
- Jutiklių ir skaičiavimo įrenginių įtraukimas į mažas platformas (tiek kariniam personalui, tiek autonominėms transporto priemonėms) ir optimizuotų pagal dydžio, svorio, galios ir kainos (SWAP-C) sistemų technologijas.
- Specializuota vaizdo apdorojimo įranga.
- Modeliavimo ir imitacinio modeliavimo technologijos, leidžiančios mokytis ir tobulinti aptikimo ir identifikavimo sistemas, kūrimas.
- Pagerintas matymas sudėtingoje / blogo matomumo aplinkoje, taip pat naudojant papildytą ir virtualią realybę.
- Naujos ginklų ir priešpriešinių priemonių technologijos, įskaitant priešpriešines priemones ir metano / helio (ME/HE) lazerinius ginklus, turint omenyje nešiojamųjų priešlėktuvinės gynybos sistemų (MANPADS) ir nuotoliniu būdu valdomų orlaivių (RPAS) populiarėjimą.
- Specifikacijų ir kvalifikacijos metodų raida.
- Didesnės operatoriaus paramos plėtra.
- Naujų kamerų sistemų, pvz., hiperspektrinių kamerų, beobjektyvių EO sistemų, kompiuterinio vaizdo gavimo, panoraminių EO sistemų, neuromorfinės kameros, netiesioginio matomumo (NLOS) kameros, kūrimas.
- EO / radaro integracija.

Kadangi technologijos šioje srityje vystosi labai sparčiai, ypač civilinėse srityse, kurios taip pat gali būti naudojamos kariniams tikslams, buvo nustatyta būtinybė atnaujinti SRA, ir šiuo metu yra prieinama 2019 m. versija. Atnaujinta SRA bus sutelkta į artimiausius 5–10 metų, kuriuos apibūdins CapTech mokslinių tyrimų ir technologijų investicijų projekto gairės.

NATO klasifikacija. NATO klasifikacijoje „Optronika“ pakliūva į elektronikos ir elektromagnetikos (E&EM) bei kvantinių technologijų temas.

Elektronika – tai technologijos šaka, susijusi su elektroninių prietaisų ir sistemų projektavimu, gamyba ir veikimu. Šie prietaisai ir sistemos apima tranzistorius, diodus, integrinius, grandynus, lazerius, optinius skaidulas ir kitus komponentus, kurie naudoja elektronų srautą įvairioms užduotims atlikti, pvz., skaičiavimams, ryšiui ir valdymui.

Elektromagnetika, kita vertus, yra fizikos šaka, kuri tiria elektros ir magnetinius laukus (EMF) bei jų sąveiką su įkrautomis dalelėmis. Elektromagnetika yra svarbi daugelyje elektronikos sričių, įskaitant antenų, spinduliuotės ir perdavimo linijų, mikrobangų, infraraudonųjų rentgeno ir gama spindulių bei elektromagnetinio suderinamumo projektavimą ir veikimą.

Naujos kartos kvantinės technologijos naudoja kvantinę fiziką ir susijusius reiškinius atominio ir subatominiu mastu, ypač kvantinį susipynimą ir superpoziciją. Šie reiškiniai padeda pasiekti reikšmingų technologinių pasiekimų, visų pirma kriptografijos, skaičiavimo, tiksliosios navigacijos ir laiko matavimo, jutimo ir vaizdo gavimo, ryšių ir medžiagų srityse.

Atskirai yra išskiriami šie lazerių ir fotonikos **tematikos iššūkiai**:

- Patobulinta optinė signalizacija: informacijos judėjimas tarp mazgų riboja vis labiau paplitusių ir lygiagrečių skaičiavimo sistemų privalumus. Atliekami moksliniai tyrimai, siekiant sukurti naują mikroelektroniką, sklandžiai integruojančią fotoniką su elektronika, taip dvigubai padidinant pralaidumą, energijos efektyvumą, kanalų tankį ir jungčių tarpusavio ryšį. Atsižvelgiant į konkrečią taikymo sritį, šis fotoninis įvesties / išvesties sprendimas tiriamas lauke programuojamų vartų matricų (FPGA) ir kitų integrinių grandynų, plačiai naudojamų jutikliuose ir RF sistemose, atžvilgiu.

- Neuromorfinė fotonika: naudojant biomimetinį neuromorfinį fotoninį dizainą (pvz., skaičiavimus šviesa), gali būti sukurti specializuoti AI / ML lustai, kurie žymiai padidintų skaičiavimo užduočių, tokių kaip vaizdo atpažinimas, kalbos apdorojimas, mašininis mokymasis, modelių atitikimas ir kt., efektyvumą ir našumą.
- Optomagnetika: sujungia fotonų sukinio sąveiką kietųjų kūnų sistemose per optines ir mikrobangų erdmes. Šis silicio fotonikos, elektronikos ir spintronikos derinys atveria daug naujų taikymų jutikliuose ir kvantiniuose skaičiavimuose, pvz., magnonų tarpininkaujami mikrobangų-optiniai keitkliai kvantinių skaičiavimų taikymams arba hibridiniai kietųjų kūnų spintronei-fotoninei sąsajai.
- Topologinė fotonika: Besivystanti tyrimų sritis yra geometrinių ir topologinių koncepcijų naudojimas šviesos elgesio projektavimui ir kontrolei. Topologinis izoliatorių atradimas (pvz., medžiagos, kurios yra izoliatoriai savo viduje, bet leidžia elektronams tekėti palei jų paviršių) leido manipuluoti ir kurti naujas šviesos būsenas su įspūdingomis ir potencialiai praktinėmis savybėmis. Šie efektai gali būti realizuoti kristaluose, metamedžiagose bei kvazikristaluose.

Lazeriai taip pat teikia nemažai technologinių staigmenų, ypač kaip svarbūs fotonikos ir ryšių elementai. Pavyzdžiui, kompaktiškos spinduliuojančios fotonikos, nanolazerių ir kompaktinių SWaP-C sistemų plėtra yra keletas sričių, į kurias verta atkreipti dėmesį.

- Kompaktiška spinduliuojanti fotonika: tyrimais siekiama sukurti didelio galingumo ir didelio optinio intensyvumo lazerius, tinkamus mobiliesiems įrenginiams (pvz., labai mobilioms autonominėms sistemoms). Siekiant išspręsti pagrindines SWaP-C problemas, tiriamos integruotos fotonikos ir stiprinimo technologijos bei novatoriškos šilumos valdymo strategijos.
- Nanolazeriai (lazeriai luste): aktyviai kuriamos efektyvios superkompaktinės lazerių technologijos, siekiant jas pritaikyti naujos kartos optiniuose lustuose, optinėse skaičiavimo sistemose, jutikliuose ir ryšiuose. Vienas iš pavyzdžių – superefektyvus fotoninis kristalas bangolaidis, kuris yra kur kas mažesnis nei kiti panašūs sprendimai. Kitas DARPA projektas – „Lazeriai universalioms mikroskalės optinėms sistemoms (LUMOS)“ siekia integruoti lazerio šaltinius į integruotą silicio fotoniką – „lazeriai luste“. Toks paketas leis sukurti kompaktiškas ir patikimas padėties nustatymo, navigacijos ir laiko nustatymo sistemas (PNT) ryšiams, 3D vaizdams ir kvantinėms technologijoms.
- Laisvos erdvės optika: Laisvos erdvės optinės sistemos paprastai remiasi dideliais, brangiais ir tiksliais optiniais komponentais, o tai daugeliu atvejų riboja jų pritaikomumą. Tačiau DARPA atlieka tyrimus, siekdama išspręsti SWaP-C ir našumo problemas, kad būtų galima išplėsti taikymo sritis šviesos aptikimui ir nuotolio matavimui (LiDAR), lazeriniam ryšiui, lazeriniam apšvietimui, navigacijai ir 3D vaizdams. Vienas iš pavyzdžių – kita DARPA programa – yra Modulinių optinės apertūros blokų (MOABB) programa, kurioje tiriamas mastelio keičiamos optinės fazinės matricos sistemos, naudojančios milimetro dydžio optinius blokus, naudojimas, leidžiantis valdyti spindulį be mechaninių komponentų, potencialiai sumažinti dydį ir svorį šimteriopai ir padidinti valdymo greitį tūkstantį kartų.

Universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausos rezultatai

Iš apklausos ir mokslinės literatūros duomenų analizės matome, kad Lietuvos mokslo įstaigos turi įdirbio ir net pasaulinio pripažinimo civilinės paskirties tematikose, kurios gali būti pritaikytos ir gynybos srityje.

Plačiausiai atstovaujama yra lazerių, lazerinių komponentų, sistemų ir kitų fotoninių įrenginių tematika. Šioje srityje Lietuvoje veikia itin aukštą pridėtinę vertę generuojanti pramonė (Lietuvos Lazerių asocijose yra virš 60 įmonių, vienijančių per 2 000 darbuotojų). Dauguma produkcijos yra išvystyta dėl ilgalaikių MTEP veiklų, todėl mokslinis potencialas irgi yra vystomas iš esmės dviejose mokslo institucijose – Vilniaus universitete (VU) ir Fizinių technologijų mokslo centre (FTMC). Kita vertus, reikia pažymėti, kad didžioji dalis kuriamų gaminių yra išskirtinai civilinės paskirties ir persiorientavimui į gynybos poreikius reikia laiko bei resursų (3.9 lentelė).

Antra perspektyvi sritis ir ilgalaikis įdirbis yra pastebimas puslaidininkių fotonikos tematikoje. Vėlgi VU ir FTMC mokslininkai daugiau nei 50 metų vysto modernių puslaidininkių tematikas, kurios apima platų

elektromagnetinės spinduliuotės ruožą – nuo jonizuojančiosios spinduliuotės detektorių, ultravioletinės, regimosios ir infraraudonosios šviesos iki terahercų ruožo ar radijo bangų. Šiose tematikose nėra daug pramonės partnerių ir tokios patikimai veikiančios ekosistemos kaip lazerių srityje. Dauguma tyrimų yra vykdoma žemo TRL lygio mokslinėse laboratorijose.

Reikia išskirti duomenų (įskaitant vaizdų ir hiperspektrinius) tyrimus. Šioje srityje dirba didžioji dalis apklaustų mokslo įstaigų, analizuojami duomenys nuo hiperspektrinių vaizdų, rentgeno tomogramų, klimato parametrų iki dirbtinio intelekto algoritmų ir įterptinių sistemų. Detalesnė kiekvieno TBB apžvalga yra pateikiama 3.10.1 lentelėje

3.10.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas optronikos srityje, remiantis apklausos rezultatais ir duomenimis, gautais iš mokslo institucijų.

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Hyperspectral/ multispectral Imaging System	Gan daug duomenų, puslaidininkiai, įvairūs detektoriai, platus spektrinis ruožas. Publikacijos: DOI: 10.1109/IRMMW-THz46771.2020.9370618; DOI: 10.1002/pssa.201700822; 10.1109/TTHZ.2019.2917782 Projektai: NATO SPS project 6032 „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“ (VU ir FTMC) Aerovaizdų HPI žemės ūkiui ir ne tik. LMT MIP, „Naujos kartos daugiataksiškai palydovinių vaizdų atpažinimo algoritmai klimato stebėsenai“ LMT IT „Dirbtinio intelekto valdomos multimodalinės nuotolinio stebėjimo analizės“ 2025–2028. 023-2026. ESA RPA, „Durpių drėgmės realaus laiko žemėlapių sudarymas naudojant duomenų integraciją ir giluminį mokymą“ 2025–2028. DOI: 10.1109/JSTARS.2025.3547144. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3366491. 10.3390/rs10101668 doi:10.1109/WHISPERS.2018.8747112 doi:10.1109/WHISPERS.2016.8071756	VU FTMC Yra kelios įmonės, dirbančios naktinės regos, SWIR srityje; Yra įmonės, dirbančios aeroduomenų srityje su ESA.
Passive Imaging Systems	Daugiausia įdirbio THz ir IR srityje. Atliekami atskirų optinių komponentų, dangų tyrimai. 10.1109/TTHZ.2024.3410670 Atskirai reiktų pažymėti laukinių gyvūnų stebėseną, vykdomą VDU/LAMMC, kurią būtų galima panaudoti ir gynybinei stebėsenai. 10.2903/sp.efs.2023.EN-7892	VU FTMC VDU/LAMMC „Brolis semiconductors“, „Kurokesu“, kolimatoriai ir kiti optiniai komponentai, pvz., optogamoje ir kitose fotonikos įmonėse.
Novel optical configuration	Optinės dangos, fazinės plokštelės ir t. t. „High-performance imaging by 3D microoptics“. 10.1364/opticaopen.22302655.v1 10.1364/OL.414392 Didelės lazerinės pažaidos slenksčio (LIDT) AR dangos, juostiniai filtrai, didelio atspindžio (HR) veidrodžiai, mažų nuostolių AR dangos 10.1016/j.apsusc.2018.05.105	VU FTMC Lazerių pramonė

Active Imaging System	-	
Image enhancement	-	
Image processing	Gana daug rezultatų. Vaizdų klasifikavimas, AI algoritmai ir t. t. Dirba VU, VDU, FTMC, VILNIUS TECH... „Classification, object detection, segmentation, object tracking“. DOI: 10.1016/j.ymssp.2021.108482; doi: 10.3390/s21041297	VU VDU FTMC VILNIUS TECH Įmonės, dirbančios vaizdų AI ir aeroduomenų srityje.
EO (Electro-optical) Counter measure systems		
Laser weapon System	Pirmieji projektai jau buvo vykdomi FTMC, VU, bet ši tema gan nauja. 10.3390/nano14010049 10.1038/s41598-017-11275-0	VU FTMC
Modelling and simulation	Optinių komponentų ir sistemų modeliavimas; <i>VU Mokslinių tyrimų kryptis:</i> Pažangių kompiuterinio modeliavimo įrankių kūrimas ir taikymas fotoninių prietaisų projektavimui, analizei ir optimizavimui. Socioekonominis modeliavimas, galima panaudoti turimus HPC išteklius.	VU FTMC Lazerinių sistemų pramonė, galimi startuoliai.
Data fusion and system integration	Optinės (lazerinės) komunikacijos (bendrovė „Astrolight“, LKA, FTMC) sprendiniais paremtas projektas „Lazerinės komunikacijos sistema tarp laivų“ (POLARIS) Nr. 06-07-04-1.1.K-003-03	VU FTMC VILNIUS TECH Bendrovė „Astrolight“ kuria optinio ryšio sistemas.

Apibendrinimas

Remiantis mokslo įstaigų ir verslo subjektų analize galima identifikuoti tris mokslines kryptis, kuriose stebimi aukšto tarptautinio lygio moksliniai tyrimai ir yra veikianti arba besikurianti pramonės ekosistema.

- Lazerinių sistemų, komponentų ir prietaisų kryptis, tinkama tiek ryšio, tiek didelės galios lazerinių ginklų sritims;
- Puslaidininkinių, jutiklių, pasyviųjų / aktyviųjų vaizdinimo sistemų, integruotų grandynų tematika.
- Vaizdų (tiek hiperspektrinių, tiek monospektrinių) regimoje ar THz, IR, UV srityse analizės, taikymų ir modeliavimo algoritmų tematika, kurioje naudojami ir AI sprendimai.

3.11. Mokslinio potencialo vertinimas: imitacinio modeliavimo technologijos (angl. *Simulation*)

Imitacinis modeliavimas (imitavimas, simuliacija, angl. *simulation*) apima labai įvairias temas, kur apimami keli aspektai: probleminės srities kompetencijos derinamos su IRT technologijomis, pastarąsias naudoja realių gynybos sistemų, operacijų bei aplinkų modeliavimui, siekiant mokyti personalą, ištestuoti koncepcijas, metodikas, sprendimus virtualiose aplinkose. Tokių virtualių aplinkų poreikis nuolat auga, ypač kuriant sudėtingesnes sistemas, didėjant realių sistemų testavimo kaštams ir siekiant užtikrinti aukštesnę technologijų ir sistemų kokybę. Be to, simuliacija leidžia efektyviau identifikuoti spragas, galimus pažeidžiamumus ir optimizuoti sprendimų priėmimą prieš jų įgyvendinimą realioje aplinkoje, taip stiprinant gynybos pajėgumų efektyvumą ir saugumą. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje (3.11.1 lentelė).

3.11.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas imitacinio modeliavimo technologijų srityje, remiantis apklausos rezultatais

TBB pavadinimas	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Integruoti gyvi, virtualūs ir konstrukcinės (I-LVC) sprendimų sistemos mokymai, simuliacijai ir žaidimų (angl. <i>serious games</i>) taikymui (angl. <i>Integrated Live, Virtual and Constructive (I-LVC) for Training, Simulation and Serious Games Solutions</i>)	Publikacijos: https://doi.org/10.1186/s12909-023-04242-z https://doi.org/10.1186/s13049-023-01150-5 https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000627 https://doi.org/10.3849/cndcgs.2024.230 https://doi.org/10.3849/cndcgs.2024.257 Projektai: Bridging Risks to an Inclusive Digital and Green future by Enhancing workforce Skills for industry 5.0.	LSMU
Dirbtinis intelektas ir didieji duomenys sprendimams priimti (angl. <i>Artificial Intelligence (AI) and Big Data (BD) for Decision Making Support</i>)	Publikacijos: https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101915 https://doi.org/10.3390/math9040356 https://doi.org/10.1007/978-3-031-92898-7_10 https://doi.org/10.15388/DAMSS https://doi.org/10.1109/ICMCIS59922.2023.10253590 https://doi.org/10.22364/bjmc.2022.10.3.10 https://hdl.handle.net/20.500.12259/249805 https://doi.org/10.22364/bjmc.2017.5.3.04 Publikacijos konferencijose: Projektai: Paraiška („Žmogaus – DI (dirbtinio intelekto) bendradarbiavimas kuriant scenarijais pagrįstą ekstremalių situacijų valdymo mokymą“ (angl. <i>Human-AI Collaboration for Scenario-Based Emergency Management Training (TeleTraining II)</i>)). EDF-2024-DA-C4ISR-AIMA-STEP AI-WASP. Pateikta HORIZON-EIC-2025-PATHFINDEROPEN paraiška RADICOP Radiative Combined Cooling and Regenerative Power. AI Agents for Disinformation Detection, Prediction and Targeted Rectifier-Campaign Generation (EDF-2024-LS-RA-SMERO-NTN), Nacionalinės informacinio poveikio atpažinimo ir analizės ekosistemos (NAAS) sukūrimas. Atvirų duomenų šaltinių pagrindu atliekama automatizuota NVS ir ES Rytų partnerystės šalių ekonominės ir politinės situacijos analizė (LMT, REP-9/2015).	VDU

Įtraukioji, virtuali ir papildyta realybė (VR/AR) (angl. <i>Immersive, Virtual and Augmented Reality</i>)	Kompetencijos gynybos srityje nėra aiškios. MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Kibernetinio saugumo simuliacijos (angl. <i>Cyber Defence Simulation</i>)	Publikacijos: https://doi.org/10.46354/i3m.2024.dhss.003 https://doi.org/10.3390/app12020894 https://doi.org/10.1093/cybsec/tyac001 Projektai: -	LKA VU
Strateginio, operacinio ir taktinio lygmens simulatoriai (angl. <i>Joint Strategic, Operational and Tactical level simulators</i>)	Kompetencijos gynybos srityje nėra aiškios. MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Modeliavimas ir simuliacija sintetinėms aplinkoms ir greitiems scenarijams kurti (angl. <i>Modelling & Simulation as a Service (MSaaS) for synthetic environment and rapid scenario generation</i>)	Publikacijos https://doi.org/10.1186/s12871-021-01557-6 Publikacijos konferencijų medžiagoje (pvz., CNDCGS 2024). Projektai:- Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	LSMU
Simuliacija sistemų sistemoms (angl. <i>Simulation for Systems of Systems (S3)</i>)	Kompetencijos gynybos srityje nėra aiškios. MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	.
Kosminės erdvės situacijos vaizdas (angl. <i>Recognized Space Picture (RSP)</i>)	Projektai: EDF projekto paraiška „Didelio aukščio nuolatinį stebėjimo stočių tinklas“. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	
Karinės palydovinės žvalgybos sistemos (angl. <i>Defence Satellite Reconnaissance Systems</i>)	Projektai: LitSat1 žemos orbitos palydovo sukūrimas ir paleidimas. Dalis MSI nepateikė konkrečių publikacijų ir projektų, bet tik nurodė, kad dirba šioje srityje.	

Konkretus verslo įsitraukimas į šias temas nėra aiškus, bet daugelio EDF, „Horizon“ projektų atveju įmonės būna atsakingos už sprendimų modeliavimą, ypač realizuojant IT sprendimus.

Tyrimus šioje srityje vykdo skirtingos institucijos, nes tai labai tarpdisciplininė tematika, t. y. yra pačių imitacinio modeliavimo įrankių kūrimas (IT sritis), bei probleminė sritis, kuriai įrankiai kuriami. Daugiausia tyrimų atliekama DI ir duomenų analizės taikymo, kibernetinio saugumo ir įvairių treniruoklių rengimo tematikose.

3.12. Mokslinio potencialo vertinimas: CBRN ir žmogiškieji veiksniai (angl. CBRN and HF)

Srities apibūdinimas. CBRN ir žmogiškųjų veiksmų sritis gynybos mokslinių tyrimų ir plėtros kontekste apima tarpdisciplininius tyrimus, skirtus karinio ir civilinio personalo bei visuomenės apsaugai, atsparumui ir veiksmingumui didinti. Ji apima tris tematikas:

1. CBRN – moksliniai tyrimai, skirti prevencijai ir apsaugai nuo cheminių, biologinių, radiacinių ir branduolinių pavojų, kurie gali kilti karinio konflikto metu; tai apima tyrimus, kurie pagerina detekciją, asmenines ir kolektyvines apsaugos priemones, dekontaminacijos technologijas, taip pat CBRN grėsmių vertinimo ir reagavimo į šias grėsmes sprendimus. Atskira mokslinių tyrimų sritis yra CBRN medicina, skirta profilaktinių priemonių ir gydymo po CBRN medžiagų poveikio efektyvumui.
2. Kario sveikata ir karo medicina – moksliniai tyrimai, orientuoti į žmogaus (kario) sveikatą ir veiksmingumą, apimantys fizinės būklės gerinimą, palaikymą ir atkūrimą, pažinimo funkcijos ir psichologinio efektyvumo stiprinimą, ergonomiką karinio konflikto aplinkoje realiuoju laiku.
3. Žmogiškieji, organizaciniai ir visuomenės veiksniai gynybos kontekste – socialinių-humanitarinių mokslų tyrimai, skirti analizuoti, kaip technologijų raida veikia karo strateginį, operacinį ir taktinį lygmenį, kaip vyksta naujų technologijų (pvz., dirbtinio intelekto, autonominių sistemų, žmogaus fizinių galimybių praplėtimo priemonių) integracija į ginkluotąsias pajėgas; karinio personalo valdymo, komandinio darbo, vadovavimo, mokymo bei organizacinės kultūros tyrimai, taip pat visuomenės pasirengimo gynybai, atsparumo kognityvinio karo bei moralinio pasirengimo ginti valstybę analizė.

MTEP kontekste EDA išskiria tokias CapTech TCM TBB (angl. *Technology building blocks*) sritis:

- Žmogaus ir autonominių sistemų sąveika;
- Žmogaus veiklos monitoringas ir gerinimas;
- Pritaikytas mokymas;
- Žmogaus aprangos ir įrangos integravimas į platformas;
- Asmeninė apsauginė įranga;
- CBRN aptikimas, identifikavimas ir monitoringas (DIM);
- CBRN pavojų valdymas;
- CBRN modeliavimas ir simuliacijos;
- Kritinės infrastruktūros (PCI) apsauga nuo CBRN;
- Maisto ir vandens tiekimo apsauga nuo CBRN;
- CBRN pavojų vertinimas, diagnozavimas ir medicininės kontrapriemonės;
- Žmogiškieji ištekliai ir socialiniai mokslai.

NATO STO žmogiškųjų veiksmų ir medicinos grupėje išskiriamos šios sritys:

- Nukentėjusiųjų mūšyje priežiūra;
- Cheminė, biologinė, radiologinė ir branduolinė (CBRN) gynyba;
- Žmogaus ir autonominių sistemų sąveika;
- Kognityviniai karo veiksmai.

Nacionaliniuose dokumentuose (LR Seimo nutarimas „Dėl Krašto apsaugos sistemos stiprinimo ir plėtros programos patvirtinimo“, TAR, 2024-03-21 Nr. 2024-05119) nurodytiems prioritetams įgyvendinti išskirtinai aktualūs yra tyrimai, kurių duomenys galėtų būti panaudoti formuojant ir įgyvendinant visuomenei priimtina ir veiksmingą nacionalinę gynybos politiką, skatinančią visuomenę būti aktyviai ir pasirengusiai ginkluotai ir neginkluotai gynybai. Dokumente išvardyti prioritetai rodo poreikį tirti visuomenės atsparumą, įtrauktį, gynybinę kultūrą, strateginę komunikaciją bei dezinformacijos prevenciją. Dokumente galima matyti tyrimų poreikį, susijusį su karinio personalo pritraukimu, išlaikymu, mokymu ir adaptacija modernizuojant kariuomenę. Siekiant stiprinti karių sveikatos apsaugą, aktualūs yra tyrimai, susiję su sveikatos stiprinimu bendrai ir sveikatos apsauga mūšio aplinkoje, taip pat kario atsparumo stresui didinimu. Analizuojant gynybos plėtros prioritetus Lietuvoje (LR Vyriausybės nutarimas dėl Lietuvos Respublikos gynybos ir saugumo pramonės įstatymo įgyvendinimo, TAR, 2024-07-04, Nr. 2024-12542), analizuojamos srities tyrimai yra

pajėgumus įgalinantys (angl. *capability enabling*), todėl jų nerandame prie sričių, kurios skirtos **pajėgumų stiprinimui** (angl. *capability enhancements*). NATO ir EDA dokumentuose žmogiškojo veiksnio ir medicinos tyrimų sritys yra priskirtos prie technologinių ramsčių ir traktuojamos kaip pajėgumus įgalinančios priemonės, pajėgų daugikliai. Šios srities tyrimais yra siekiama stiprinti karinių pajėgų gebėjimą saugiai ir veiksmingai veikti sudėtingoje grėsmių aplinkoje. Apskritai žmogiškasis veiksnys ir medicina laikomi neatsiejama mokslinių tyrimų komponentais kartu su technine, technologine ir programine įranga. Tai užtikrina, kad ES ir NATO šalyse įgyvendinamoje gynybos politikoje žmogus ir jo gyvybė išlieka šiuolaikinių daugiadimensių karinių operacijų centre.

Mokslinis potencialas

CBRN tyrimų potencialą sudaro šie trys pagrindiniai pajėgumai:

(i) biologiniams tyrimams skirtos laboratorijos / biobankai tyrimuose jungiami su nano- ir dirbtinio intelekto vaizdinimo sprendimais (IMC, NVI, LSMU), (ii) kompetencija instrumentinės fotonikos ir elektronikos srityje pritaikoma cheminėms medžiagoms aptikti (FTMC, VU) ir (iii) patirtis medžiagų moksle bei branduolinės medicinos srityje gali būti panaudota radiologinei / branduolinei dozimetrijai ir gydymui (FTMC, KTU, LSMU). Paminėtina, kad 2024 m. LSMU, Kauno klinikos ir KTU įsteigė Branduolinės medicinos tyrimų centrą. Ši ir kita turima infrastruktūra bei kompetencijos galėtų būti panaudotos vykdant tyrimus gynybos reikmėms, siekiant užtikrinti geresnę kario apsaugą ir gydymą nuo CBRN poveikio (3.12.1 lentelė).

3.12.1 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas CBRN srityje remiantis apklausos rezultatais

Tyrimų sritis (neįtraukta į TBB)	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
Žmogaus veiklos monitoringas ir gerinimas: biologinės saugos technologijos	Tiriami laidūs polimeriniai kompozitai, vystoma <i>in situ</i> lipnioje matricoje sintetinamų laidžių polimerų technologija, kuri gali būti pritaikyta biojutiklių paviršiams kurti, nešiojamose sveikatos stebėsenos sistemose arba išmaniojoje tekstilėje: projektas „Tarpdisciplininių tyrėjų kompetencijų stiprinimas išmaniųjų apsauginių tekstilės gaminių kūrimo srityje“ (Nr. 01.2.2-CPVA-K-703-02-0019). Straipsniai https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2019.116181 ; https://doi.org/10.1364/OME.555578 .	IMC, NVI, LSMU, FTMC, VU
Žmogaus aprangos ir įrangos integravimas į platformas	Polimerinės metamedžiagos nešiojamiesiems optoelektroniniams įrenginiams (FTMC) https://doi.org/10.1364/OME.555578 Nauji jutikliai taršai aptikti (KTU): doi.org/10.1007/978-94-007-7003-4_17 .	FTMC, KTU
CBRN pavojų valdymas	Tiriami ir vystomi biojutikliai, kurie veikia grafeno pagrindu suformuotų lauko efekto tranzistorių: (FTMC) projektas „Biosensorius iš nanostruktūrinių sluoksnių SARS-CoV-2 aptikimui“ (Nr. 01.2.2-LMT-K-718)	FTMC

Kario sveikata ir karo medicina

Lietuvoje jau egzistuoja stipri biomedicinos tyrimų bazė su stipria tyrimų infrastruktūra (biobankai, patentai). Nukreipus šiuos pajėgumus į aktualias sritis (ekstremali karo lauko aplinka, atsparumas stresui, greita reabilitacija), tyrimai būtų aktualūs gynybos sričiai.

Tyrimų sritis (neįtraukta į TBB)	Tyrimų potencialas Lietuvoje.	Tyrimus vykdo
Fizinė sveikata, reabilitacija ir veiksmingumo stebėseną	Atliekami raumenų, motorinės kontrolės, treniruočių technologijų ir reabilitacijos tyrimai. Tai glaudžiai susiję su kariuomenės reikmėmis palaikyti ir atkurti kario veiksmingumą, užkirsti kelią traumoms bei užtikrinti kario ištvermę.	LSMU

Kognityvinis ir psichologinis atsparumas	Tyrimai, susiję su psichikos sveikata, streso valdymu. Tai gali atliepti poreikį stiprinti kario psichologinį atsparumą ir efektyvumą mūšio sąlygomis. Kognityvinio proceso tyrimai galėtų būti plėtojami siekiant padidinti priimamų sprendimų efektyvumą. Tokių tyrimų pavyzdžiai: sprendimų priėmimo gerinimas naudojant realaus laiko sveikatos būklės grįžtamąją informaciją karinėse operacijose (MRU); kario psichologinio streso tyrimai LKA: LMT finansuoti projektai Nr. S-MIP-20-59; Nr. S-LU-22-9 (LKA), karių psichologinės gerovės tyrimai DOI: 10.7220/9786094675133 (VU). Pažymėtina, kad kognityvinio ir psichologinio atsparumo, vertinat kario patiriamą stresą, tyrimai jau atliekami ir sudaro tvirtą pagrindą tolesniems tyrimams.	LSMU, LSU, VU ir MRU, LKA
Klinikinės medicinos žinių taikymas karo medicinoje	LSMU ir VU turi stiprų potencialą neurologijos, kardiologijos, infekcinių ligų tyrimų bei pažangių terapijų srityse. Jų infrastruktūra (biobankai, vaizdinimo sistemos, genomika, dirbtinio intelekto diagnostika) gali būti pritaikyta karių sveikatos rizikų tyrimams, greitajai diagnostikai karo lauko sąlygomis bei gydymui po traumų.	LSMU ir VU
Biomedicininės technologijos karo medicinoje	Taikomieji sprendimai, tokie kaip implantai, biomedžiagos, telemedicina, dėvimosios monitoringo sistemos, gali užtikrinti realaus laiko sveikatos stebėseną ir kario reabilitaciją.	VU M, LSMU, IMC
Kario mityba	Sveiko maisto daviniuose tyrimai, funkcinio maisto, kuris gali būti vartojamas kario ištvermei ir sveikatos atgavimui gerinti, tyrimai.	LAMMC

Pažymėtina, kad karo medicinos tyrimai šiandien dažnai išeina iš medicinos mokslo srities ribų ir yra tarpdisciplininiai. Tai iliustruoja LSMU šiuo metu valstybės finansuojamas doktorantūros atvejis. Doktorantūra skirta tyrimams, susijusiems su medicinos paslaugų teikimo pajėgumų (angl. *Surge Capacity*) plėtra sveikatos priežiūros įstaigose ekstremaliųjų situacijų ir galimų karinių konfliktų metu. Tyrimo tikslas – įvertinti, kaip nauji procesų valdymo modeliai ir technologijos, tokios kaip simuliaciniai mokymai, hibridinės sistemos ar dronų panaudojimas, gali padidinti sveikatos sistemos atsparumą ir pajėgumus reaguojant į masinių sužalojimų situacijas (Universitetų ir tyrimų centrų apklausos duomenys).

Žmogiškieji, organizaciniai ir visuomenės veiksniai gynybos kontekste. Lietuvoje išplėtos kompetencijos atlikti nacionalinio ir regioninio lygio tyrimus šiose tematikose (3.12.2 lentelė).

3.12.2 lentelė. Mokslinio potencialo vertinimas žmogiškųjų veiksnių (HF) srityje, remiantis apklausos rezultatais

Tyrimų sritis (neįtraukta į TBB)	Tyrimų potencialas Lietuvoje	Tyrimus vykdo
DI raidos poveikio tyrimai strateginiam–operaciniam–taktiniam lygiams	DI / autonominių sistemų reglamentavimo, atsakomybės, etikos ir žmogaus teisių tyrimai gynybos kontekste, pvz., http://doi.org/10.35467/sdq/195805 ; VU, KTU, MRU, VDU, Vilnius Tech, KU, LKA ir BPTI turima infrastruktūra ir tyrėjų grupės dirba informatikos, dirbtinio intelekto, informacinių technologijų, teisės ir politikos mokslų kryptyse. Palyginamojo vertinimo ataskaitose pažymima, kad jų veikla apima tiek akademinis tyrimus, tiek praktinį įsitraukimą į darbo grupes, viešosios politikos formavimą. Tokia aplinka leidžia tirti DI poveikį ne tik techniniu, bet ir strateginiu, organizaciniu lygmeniu.	VU, KTU, MRU, VDU, Vilnius Tech, KU, LKA ir BPTI

Kognityvinio karo poveikio ir atsparumo tyrimai	(Kognityvinis karas nukreiptas į racionalaus mąstymo silpninimą, pasitelkiant suvokimą, į spragų išnaudojimą ir taip sistemiskai mažinant valstybės ar visuomenės atsparumą.) VU Komunikacinių įtakų ir propagandos tyrimų centras bei kiti universitetai vykdo medijų ekosistemos ir pilietinio aktyvumo tyrimus. Tyrėjų kompetencija žiniasklaidos pliuralizmo, skaidrumo ir medijų raštingumo srityse leidžia vertinti pilietinės visuomenės gebėjimą atpažinti bei kritiškai vertinti informacines grėsmes. Tyrimų projektai: Nacionalinio kibernetinio saugumo kompetencijų žemėlapių kūrimas (CIBERSEK; Nr. S-REP-21-2); Infrastruktūros projektas: Nacionalinės informacinio poveikio atpažinimo ir analizės ekosistemos (NAAS) sukūrimas, finansavimo sutartis Nr. 01.2.1-LVPA-V-835-03-000	VDU, KTU, KU, VDA, VILNIUS TECH, MRU, LKA ir kt.
Visuomenės pasirengimo gynybai, moralei parengčiai bei institucijų atsparumui skirti tyrimai	Šių tyrimų potencialą sudaro istorinės atminties analizė (VU, VDA, KU ir kt.), sociologiniai visuomenės atsparumo tyrimai (atliekami beveik visuose universitetuose), yra sukurtas pilietinės galios indeksas (Pilietinės visuomenės institutas, VU Tarptautinių santykių ir politikos mokslų institutas). Karo teisės ir jurisdikcijos atsparumo tyrimai teisės mokslų srityje. Pastarieji ypač svarbūs teisinio karo (angl. <i>lawfare</i>) kontekste, nes padeda suprasti, kaip valstybės teisinė sistema gali būti naudojama tiek kaip gynybos, tiek kaip puolimo priemonė. DOI: https://doi.org/10.15388/LBJT.2024.7 ; DOI: 10.13165/PSPO-24-35-16.	VU, VDA, KU, MRU
Karinio personalo valdymas	Personalo valdymo, grupių dinamikos, lyderystės tyrimų potencialą Lietuvoje sudaro įvairios socialinių mokslų tyrimų laboratorijos, doktorantūros bei jaunųjų tyrėjų rengimo infrastruktūra. Nuo 2003 m. kaupiami longitudinalinių sociologinių kariuomenės tyrimų duomenys (LKA) sudaro solidžią tyrimų duomenų infrastruktūrą.	LKA
Mokymas, treniravimas ir sprendimų modeliavimas.	ISM Wargaming Lab, taip pat kitos išmaniosios mokymo ir mokymosi laboratorijos (VU, VDU, MRU) sudaro tyrimų infrastruktūrą, kuri gali būti panaudota pažangiems karinių mokymų modeliavimo ir simuliacijos metodams kurti.	VU, VDU, MRU

Tarpdisciplininiai hibridinių grėsmių ir atsparumo gynybos kontekste tyrimai (KU, VU, LKA ir kt.) leidžia suprasti ir pasiruošti sudėtingoms, daugiasluksnėms grėsmėms, kurios neapsiriboja vien karine jėga. Šie socialinių ir humanitarinių mokslų kryptyse atliekami tyrimai dažnai peržengia vienos mokslo krypties apimtį. Šie tyrimai ir kuriami metodai leidžia greičiau atpažinti grėsmes ir parengti tyrimais informuotas prevencijos priemones.

Geroji praktika

Nacionalinis lygmuo

KAM inicijuoti tyrimai: longitudinaliniai sociologiniai Lietuvos kariuomenės tyrimai, kuriuos atlieka LKA. Longitudinių tyrimų duomenys leidžia nuosekliai stebėti ir analizuoti kario nuomonės bei elgsenos pokyčius laike, kas ypač aktualu vertinant privalomosios karo tarnybos (šauktinių) bei profesinės karo tarnybos karių požiūrį į tarnybos sąlygas, pilietiškumą, patriotizmą ir informacinio lauko poveikį Lietuvoje. Tokie duomenys suteikia galimybę aptikti ilgalaikes tendencijas ir taikyti tikslingas priemones, kurios prisideda prie karių motyvacijos ir lojalumo stiprinimo. Remiantis longitudinalinių tyrimų rezultatais yra vertinamas taikomų sprendimų ir priemonių efektyvumas, pavyzdžiui, ar infrastruktūros, personalo vadybos ar komunikacijos pokyčiai iš tiesų gerina karių patirtį ir pasitenkinimą tarnyba. Tokie duomenys yra svarbūs formuojant įrodymais grįstą gynybos politiką, padedančią optimizuoti personalo valdymą, tarnybos kokybę ir visuomenės pasitikėjimą kariuomene.

LMT mokslininkų grupių projektas „Inovatyvių neintervencinių biomedicininų tyrimų pritaikymas valdant stresą grupės dinamikoje: šauktinių atvejais Lietuvoje“ (Nr. P-MIP-20-204). Tai tarpdisciplininis tyrimas, kuriame buvo sujungtos diagnostinės medicinos, psichologijos ir vadybos mokslo žinios. Projektas atliepė NATO STO ir EDA dokumentuose pabrėžiamos individualizuotos fiziologinės ir psichologinės būklės stebėsenos svarbą kaip vieną iš kritinių komponentų karių pasirengimui, sveikatos apsaugai ir kognityviniam atsparumui užtikrinti, todėl šio projekto metu išplėtota hormoninių biožymenų analizė plaukuose atvėrė naujas galimybes objektyviai vertinti ilgalaikį streso poveikį kariuomenės personalui (šiuo atveju – šauktiniams). Didžiausią fiziologinį ir psichologinį stresą sukeliančių veiksnių identifikavimas sudarė prielaidas informuoti sprendimų priėmėjus ir įgalinti duomenimis pagrįstus sprendimus, susijusius su šauktinių tarnybos organizavimu.

Apibendrinimas

Prioritetinės tyrimų sritys pagal nustatytą mokslo potencialą:

1. CBRN. Tyrimai, kuriais kuriamos naujos aptikimo technologijos, skirtos apsaugoti karines pajėgas nuo priešiško cheminio, biologinio, radiologinio ir branduolinio (CBRN) poveikio, gali būti orientuoti į įvairius lygmenis (būrį, kuopą, batalioną, brigadą). Jie apimtų tiek nešiojamųjų jutiklių, integruojamų į kario ekipuotę, kūrimą, tiek plėtrą autonominių nuotolinio veikimo jutiklių, kurie sumažintų žmogaus dalyvavimo pavojingose aplinkose poreikį. Tokie tyrimai turėtų integruoti jutiklius, medžiagas, nanotechnologijas ir dirbtinį intelektą. Išskiriamos tokios gynybai aktualios ir didelį poveikį turinčios tyrimų sritys:

- Biotechnologiniai CBRN jutikliai – pažangūs biosensoriniai sprendimai, leidžiantys itin tiksliai aptikti specifinius cheminius ar biologinius agentus.
- Dekontaminacijos technologijos – sprendimai, skirti neutralizuoti specifinius CBRN agentus ir apsaugoti karius bei infrastruktūrą.
- Integruotos sveikatos monitoringo sistemos – realiuoju laiku stebinčios kario fiziologinius rodiklius (pvz., reakciją į galimą užkrėtimą toksinėmis medžiagomis ar jų poveikį).

Svarbus yra kūrimas duomenų bazių, kurios apimtų informaciją apie naujas susintetintas medžiagas ir naujus biologinius ginklus. Tokios duomenų bazės būtų naudojamos kuriant sprendimus potencialiems grėsmių šaltiniams aptikti ir sekti, CBRN atsakomosioms priemonėms kurti, apsaugoti ir įrodymais pagrįsti gydymo metodus. Įvertinus geopolitines grėsmes Lietuvai ir jos geografinį artumą Rusijai, kuri kare naudoja cheminius ginklus, moksliniai tyrimai skirti efektyviam kariuomenės pasirengimui CBRN grėsmėms yra labai aktualūs.

2. Karo medicina:

2.1. Taktinė medicina. Tyrimai skirti taktinės medicinos, kurios metu teikiama medicininė pagalba nukentėjusiesiems mūšyje, efektyvumui ir veiksmingumui didinti:

2.1.1. Tyrimais pagrįstų sprendimų kūrimas efektyviai pirmajai pagalbai, sužeistųjų evakuacijai;

2.1.2. Telemedicinos sprendimai, skirti greitai ir patikimai nuotolinei diagnostikai, kario gyvybinių funkcijų stebėjimui realiuoju laiku;

2.1.3. Chirurginės intervencijos priemonės ribotų išteklių sąlygomis. Pavyzdžiui, jungiant medicinos ir nanotechnologijų mokslus kuriamos medicininės nanostruktūros, kurios naudojamos nanotechnologija pagrįstiems tvarsčiams kurti;

2.1.4. Regeneracinės medicinos metodų taikymas audinių pažeidimų (dėl balistinių ar sprogimo traumų) stabdymui ir audinių atsinaujinimui skatinti.

2.2. Kario fizinių ir psichologinių funkcijų išplėtimas. Ši sritis apima įvairaus TRL lygio tyrimus. Aukšto TRL lygio tyrimai galėtų apimti individualizuotos, konkrečioms užduotims pritaikytos, laiku ir tinkamai dozuojamos aukštos kokybės mitybos tyrimus, poilsio laiko prieš, per ir po sudėtingų karinių mokymo pratybių optimizavimo sprendimus, siekiant pagerinti fizinį ir protinį išvermingumą. Žemo TRL lygio tyrimai šioje srityje yra sietini su įvairių cheminių medžiagų ir fizinės stimuliacijos taikymu, siekiant pagerinti kognityvines funkcijas (pvz., budrumą, situacijos suvokimą ir sprendimų priėmimą).

3. Žmogiškieji veiksniai:

3.1. Dirbtinio intelekto (DI) raidos poveikio gynybos architektūrai tyrimai, kuriais būtų tiriama DI panaudojimo poveikis gynybos politikai, valdymo grandinei, civilinei kontrolei, autonominių sistemų įtraukimas į planavimą, informacijos analizę, situacijos suvokimą, taktinio lygio taikymo tyrimai apimtų žmogaus ir mašinos sąveikos modeliavimą kovos lauke, atsakomybės pasidalijimą.

3.2. Kognityvinio karo poveikio ir gynybinio atsparumo tyrimai, kuriais būtų sukurti moksliskai pagrįsti metodai, leidžiantys matuoti, prognozuoti ir mažinti visuomenės bei karių pažeidžiamumą kognityvinėms grėsmėms. Tai apimtų:

3.2.1. Kognityvinių ir psichologinių procesų tyrimus, atskleidžiančius, kaip dezinformacija ir manipuliacija silpnina racionalų sprendimų priėmimą, atsparumo kognityviam karui didinimo intervencijų kūrimą ir testavimą;

3.2.1. Medijų ekosistemų ir algoritmų poveikio analitiką, įskaitant socialinių tinklų ir DI valdomų platformų vaidmenį.

3.3. Visuomenės pasirengimo gynybai ir institucijų atsparumo tyrimai, skirti sukurti modelius, leidžiančius įvertinti ir stiprinti valstybės pasirengimą hibridinėms ir karinėms grėsmėms. Tai apimtų tokius tyrimus: istorinės atminties ir pilietinės sanglaudos vaidmenį piliečių mobilizacijoje; sociologiniai visuomenės atsparumo veiksnių tyrimai, skirti pasitikėjimo institucijomis ir moralinės parengties stiprinimo sprendimams; teisinio karo (angl. *lawfare*) analizė, identifikuojanti, kaip tarptautinė ir nacionalinė teisė gali būti naudojama kaip ginklas ir kaip gynybos priemonė.

3.4. Tarpdisciplininiai hibridinių grėsmių tyrimai, skirti hibridinėms atakoms identifikuoti ir prevencijai. Tai apimtų tokius tyrimus: ankstyvojo perspėjimo signalų identifikavimo modeliai, apimantys ne tik technologinius, bet ir socialinius indikatorius; karinio personalo valdymo ir lyderystės tyrimai, skirti tyrimais pagrįsti personalo valdymo, lyderystės ir organizacinės kultūros pokyčius, atliepiančius gynybos institucijų poreikius.

3.5. tuojamos naujos kartos simuliacijos, leidžiančios treniruoti įvairių operacijų sąlygomis. Tai galėtų apimti tokius tyrimus: multidomenių (kibernetinių, informacinių, kinetinių) scenarijų integracija į karo žaidimus; sprendimų priėmimo procesų tyrimai naudojant realaus laiko biofiziologinius rodiklius (pvz., streso, budrumo); DI integracija į simuliacijas, leidžianti generuoti dinamiškas situacijas.

3.13. Skyriaus apibendrinimas: tolesnių tyrimų finansavimo prioritetai

Mokslo potencialo gynybos reikmėms analizė atskleidė, kad šalies mokslo institucijose vykdomi tyrimai apima visas Europos gynybos agentūros (EDA) nustatytas Capability Technology Groups (CapTech) sritis. Tai rodo, kad nacionalinis mokslo potencialas yra plačiai išsidėstęs ir turi sąsają su gynybos tyrimų kryptimis, tačiau jo pasiskirstymas tarp sričių nėra vienodas. Šį netolygumą gali lemti tiek objektyvūs mokslo rezultatų skirtumai, tiek tyrimų klasifikavimo iššūkiai, kylantys bandant nacionalinę mokslo lauką suderinti su EDA technologinių pajėgumų struktūra.

Išsamesnė 2025 m. vasarą atliktos Lietuvos universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausos duomenų analizė parodė, kad deklaruojamų tyrimų temos ne visuomet tiesiogiai dera su EDA klasifikacija. Nacionalinė mokslo bendruomenė savo veiklą grindžia Mokslo ir meno sričių klasifikatoriumi (patvirtintu LR Vyriausybės 2018 m. gruodžio 19 d. nutarimu Nr. 1317), o taikomuosiuose tyrimuose dažniausiai remiamasi Sumaniųjų specializacijų (S3) prioritetais. Dėl šių sisteminių skirtumų tyrimų priskyrimas prie EDA CapTech sričių gali neviseškai tiksliai atspindėti realų mokslo potencialą – tam tikrų sričių atotrūkiui nebūtinai reikia tyrimų trūkumą, o dažniau rodo skirtingą klasifikavimo logiką ir prioritetų apibrėžimą.

Nepaisant tokių skirtumų, ši analizė suteikia artimiausią sąsają tarp karinių terminų ir mokslo bendruomenės veiklos, leidžiančią suprasti, kaip nacionalinis mokslas gali prisidėti prie gynybos pajėgumų plėtos.

Remiantis atlikta analize, išskyrėme **šešias kritinių technologijų sritis**, kurios yra svarbios Lietuvos materialųjų gynybos pajėgumų plėtojimui ir turi mokslinių tyrimų potencialą:

Oro erdvės sistemos (angl. *Air*) yra sritis, integruojanti skirtingus CapTech ir mokslo kryptių elementus. Tai viena kertinių gynybos pajėgumų vystymo kryptių ir sritis, susijusi su mūšio lauko robotizavimu. Nors šiuo metu ji dar nėra stipriai išvystyta, bepiločių sprendimų poreikis, pavyzdžiui, mažieji atakos dronai, iš dalies sujungė oro erdvės sistemų ir raketų, reaktyvinių traukos platformų ir šaudmenų kryptis. Dėl to taikomųjų tyrimų vystymas šioje srityje yra itin svarbus visos ekosistemos plėtrai. Oro erdvės sistemų sritis turi didelį pramoninės plėtros potencialą, nes sukurtos žinios ir technologijos gali būti tiesiogiai pritaikytos gaminant produktus. Tai ypač aktualu, jei produktai gaminami vietoje, užtikrinant tiekimo grandinių nepriklausomumą bei ilgalaikį autonomiškumą.

Raketos, reaktyvinės traukos platformos ir šaudmenys (angl. *Missiles & Munitions*) – tai skirtingus CapTech ir mokslo kryptis integruojanti sritis, labai tiesiogiai susijusi su gynybiniu pajėgumu, ypač žvelgiant iš plataus masto karinių veiksmų vykdymo perspektyvos. Todėl šioje srityje svarbūs taikomieji tyrimai, kur integruojamos visos naujos žinios bei technologijos pradedant nuo tikslaus pataikymo galimybės panaudojant sensorių, ryšių, medžiagų, komponentų, dirbtinio intelekto technologijas ir kitas pažangias technologijas, siekiant sukurti efektyvesnius sprendimus, kurie turi tiesioginį atgrasymo potencialą. Šios krypties tyrimai padės atrasti naujas galimybes, įsiliesiant į tiekimo grandines, bei vystyti nuosavą gamybinį potencialą, turint tikslą turėti tiekimo grandinių nepriklausomumą ir veikimo autonomiškumą, jeigu kritiniais atvejais kuriam laikui sutriktų tiekimas. Taip pat tai gana dideliais kiekiais gaminami produktai, todėl tyrimai, kurie padėtų sukurti naujas technologijas, leistų vystyti inovacijas ir pramonę, taip labai prisidedant prie šalies ekonomikos vystymo.

Medžiagos (angl. *Materials*) yra horizontalioji, pajėgumus įgalinanti sritis, nuo kurios priklauso jutiklių veikimas, energijos kaupiklių talpa, kario apsauga, maskavimas ir platformų patikimumas; jos taip pat tiesiogiai veikia tiekimo grandines (pvz., kritinių žaliavų pakaitai, perdirbimas, žiediskumas). Lietuva turi brandų taikomųjų tyrimų potencialą (analitinė fizika / chemija, medžiagų mokslas, biochemija), modernią infrastruktūrą (INNOCHEM, REFRESH, MNAC ir kt.) ir dalyvavimo ES / NATO iniciatyvose pradmenis, todėl tikslinga šią sritį įtraukti į prioritetinį taikomųjų tyrimų finansavimą.

Informacinės ir ryšių technologijos bei kibernetinis saugumas (angl. *Information, Cyber R&T*). Informacinės ir ryšių technologijos bei kibernetinis saugumas daugeliu atvejų yra įgalinančios technologijos, užtikrinančios daugelio šiandienos sistemų veikimą: ryšiai užtikrina informacijos perdavimą, IT užtikrina tinkamą informacijos saugojimą ir panaudojimą įvairiems gynybos uždaviniams spręsti (įskaitant DI taikymus), o kibernetinė sauga užtikrina visų šių procesų saugumą. Lietuvoje tikrai yra didelis potencialas ir kibernetinio saugumo uždaviniuose, ir DI, ir duomenų analizės taikymo srityse, ir radijo ryšio užtikrinimo sudėtingomis sąlygomis srityse. Šiuo metu įgyvendinama LMT paskirtinė programa „Informacinės technologijos mokslo ir žinių visuomenės plėtrai“ galėtų generuoti žemesnio TRL lygio mokslo rezultatus, aktualesnius gynybos reikmėms, tuo tarpu gynybos paskirtinė programa galėtų būti labiau orientuota į aukštesnio lygio šios srities tyrimus.

Antžeminės sistemos (angl. *Land*) sudaro antžeminių operacijų ginkluotės, mūšio lauko ir artimojo užnugario inžinerinio aprūpinimo pagrindą. Šios sistemos tiesiogiai naudojamos mūšio lauke ir artimajame užnugaryje, todėl jų efektyvumas priklauso ne tik nuo techninių pajėgumų, bet ir nuo mokslinių tyrimų bei inovacijų taikymo, pavyzdžiui, optimizuojant logistikos procesus, inžinerinės įrangos sprendimus ar mobiliųjų robotinių sistemų panaudojimą. Lietuvos pramonė yra pajėgi pagaminti ir naudoti logistikos priemonės, kurių pertvarka karinei veiklai yra

minimali. Kita stipri Lietuvos pramonės dalis, dabar ypač įgaunanti pagreitį, yra pramoninės ir mobiliosios robotinės sistemos, kurių veiksmingumą galima dar labiau sustiprinti taikant jutiklių technologijas, dirbtinį intelektą ir automatizacijos sprendimus. Galiausiai stipri antžeminės veiklos dalis yra logistika, apimanti tolumus ir vietinius vežimus bei artimojo užnugario vežimus nešarvuota technika.

Komponentai (angl. *Components*) yra esminiai daugelio gynybos taikymų elementai. Vystantis elektronikos, ypač puslaidininkių, pramonei, medžiagų ir komponentų tiekimo grandinės geografinis suskaidymas kelia pavojų nacionaliniam saugumui. Todėl svarbu aukštą Lietuvos mokslinį potencialą tokiose srityse kaip IR bei terahercų detektoriai ir šaltiniai, mikrobangų galios detektoriai, radijo dažnio bei pažangių antenų komponentai, įvairių jutiklių, paremtų naujais efektais, kūrimas, sistemų luste projektavimas ir kūrimas ir kt. pakreipti gynybos mokslo ir naujų pažangių technologijų kūrimui.

Reikia atkreipti dėmesį, kad viena kritinių technologijų sričių – navigacija (angl. *Navigation*) yra labai svarbi gynybos pajėgumams vystyti. Lietuvoje vykdyti palyginti nedidelės apimties tyrimai, prie kurių reikšmingai prisidėjo Vilnius Tech, VU ir BPTI, tačiau tyrimų apimties nebuvo tiek, kad būtų aprašyti atskiru poskyriu. Taip pat dalis tyrimų, kurie aktualūs navigacijai, buvo atliekami gynybos srityse, susijusiose su oro erdvės sistemomis, informacinėmis ir ryšių technologijomis, antžeminėmis sistemomis ir komponentais. Todėl, nors Lietuvoje yra ribotas priėjimas prie globalios navigacijos infrastruktūros, tačiau tyrimai ir technologijos navigacijai yra labai svarbūs, ypač alternatyvų paieška šiuo metu paplitusiai GNSS technologijai, siekiant užtikrinti naviguojamų sistemų atsparumą. Alternatyvios technologijos, kaip navigacija pagal švyturius, inercinė navigacija ir kiti sprendimai, turi potencialą gynybos technologijų produktams vystyti ir nereikalauja labai brangios GNSS infrastruktūros.

Remiantis atlikta analize, teikiamas *prioritetinis taikomųjų tyrimų projektų tematikų sąrašas* (3.13.1 lentelė)

3.13.1 lentelė. Taikomųjų tyrimų projektų tematikų prioritetai

Gynybos sritis	Taikomųjų tyrimų projektų tematikų prioritetai
Oro erdvės sistemos	Aeroelastingumo tyrimai aerodinaminiam efektyvumui didinti bei sistemos adaptyvumui platesniame greičių intervale, autonomiškumo didinimas bei spiečiaus valdymo technologijų vystymas, integruojant dirbtinio intelekto ir kvantinio skaičiavimo mokslo pasiekimus, aptikimo ir išvengimo sistemų miniatiūrizavimas, pritaikant jas mažesnės keliamosios galios nepilotuojamoms platformoms, mažo gabarito traukos generavimo sistemos nepilotuojamoms nedidelio ir vidutinio dydžio sistemoms.
Raketos, reaktyvinės traukos platformos ir šaudmenys	Energetinės medžiagos, aukštatemperatūros kompozitinės medžiagos temperatūros perdavimo (izoliavimo) valdymui, sensorinės sistemos ir nedidelio gabarito mini- ir mikrovyskikliai preciziniam valdymui, įgreitinimo ir paleidimo sprendimai, naujos medžiagos ir komponentai standartiniams šaudmenims tobulinti, gamybos efektyvumui didinti.
Komponentai	IR bei terahercų detektoriai ir šaltiniai, mikrobangų galios detektoriai, radijo dažnio bei pažangių antenų komponentai, sistemos luste, įvairūs jutikliai.
Energetika	Karinė energetika (angl. <i>Defence Energy</i>): alternatyvusis kuras, elektros energijos kaupimo sprendiniai kariui, karinei stovyklai, kovinėms platformoms; Karinės energijos suvartojimo mažinimas, energetinio saugumo didinimas, tvarių bei alternatyvių energijos šaltinių integravimas į karines operacijas ir karinę infrastruktūrą. Išmaniųjų energijos ir atsinaujinančiosios energijos sistemos dislokuotoms pajėgoms, karinių transporto priemonių elektrifikavimas.

Informacinės ir ryšių technologijos, kibernetinis saugumas	Dirbtinio intelekto ir kitų duomenų analizės metodų taikymas visuose etapuose – nuo pradinių duomenų analizės (pvz., vaizdas, tekstas) iki sprendimų priėmimo paramos sistemų, pradedant gynybos srities IT sistemomis, duomenų analizės ir dirbtinio intelekto taikymu iki kvantinių skaičiavimų. Įvairūs kibernetinio saugumo srities tyrimai, leidžiantys užtikrinti civilinių ir karinių infrastruktūrų apsaugą, saugūs ryšiai, įskaitant postkvantinę kriptografiją. Ryšių technologijos, leidžiančios užtikrinti ryšį mūšio lauke, ryšį dideliais atstumais, etc., nuo lankstaus radijo ryšio (angl. <i>software defined radio communication</i>) iki kvantinės komunikacijos. Dažnai šios sritys labai persidengia su kitomis sritimis, kaip įgalinančios sritys.
Optronika	Išskiriamos trys perspektyvios kryptys, kuriose yra pasaulinio lygio mokslinio potencialo, rengiami specialistai aukštojo mokslo institucijose ir yra veikianti arba besikurianti pramonė: Lazerinių, sistemų, komponentų ir prietaisų kryptis, tinkama tiek ryšių, tiek didelės galios lazerinių ginklų sritims; Puslaidininkinių, jutiklių, pasyviųjų / aktyviųjų vaizdinimo sistemų, integruotų grandynų tematika; Vaizdų (tiek hiperspektrinių, tiek monospektrinių) regimoje ar THz, IR, UV srityse analizės, taikymų ir modeliavimo algoritmų tematika, kurioje naudojami ir dirbtinio intelekto sprendimai.
Antžeminės sistemos	Šioje srityje svarbios trys kryptys, kuriose yra potencialo moksliniams tyrimams ir aukšto lygio specialistų rengimui bei jau veikia ar intensyviai vystomos atitinkamos pramonės įmonės: Taikinių ir grėsmių atpažinimas, nustatymas ir taikymas (optinių vaizdų analizė su DI sistemomis); Autonominių ir autonominių / valdomųjų kompleksų kūrimas (robotikos įmonės, sistemų integratoriai, automatikos gamybos įmonės); Logistika (čia Lietuva labai stipri nuo didelio atstumo logistikos iki vietinių logistinių operacijų).
Medžiagos	Maskavimas ir aptinkamumo valdymas (angl. <i>Camouflage and Signature Management</i>) – metapaviršiai, adaptyvios dangos ir medžiagos įvairioms spektro sritims, integracija į platformas. Pažangi ir išmani tekstilė kario sistemoms ir platformoms. Adityvioji gamyba (įskaitant mikroprocesus) – jutikliams, maskavimui ir pan. Medžiagos ir procesai komponentams, optronikai ir energijos sistemoms – sąryšis su kitomis stipriomis kryptimis.
Navigacija	Autonominių sistemų padėties nustatymo sprendimų kūrimas, užtikrinant veikimą net sutrikus GNSS signalui. Tyrimai apima daugiakanalės navigacijos, dirbtinio intelekto, kvantinių jutiklių ir kibernetinio saugumo technologijų integraciją, siekiant didesnio tikslumo ir patikimumo gynybos sistemose.
Imitacinio modeliavimo technologijos	Karinio sprendimo priėmimo palaikymo įrankių plėtra, taikant duomenų analizę situacijos suvokimo, vadovavimo ir kontrolės uždaviniuose. Tyrimai apima įvairius tyrimus, tokius kaip skaitmeniniai dvyniai karyboje, dronų spiečių modeliavimas ir optimizavimas, aplinkos modeliavimas, virtualiųjų jutiklių modeliavimas ir kita.
Karo medicina ir CBRN	Pirmoji pagalba, sužeistųjų evakuacija, telemedicina, chirurginės intervencijos ribotų išteklių sąlygomis, regeneracinė medicina patyrus balistines ar sprogimo traumas. Biotechnologiniai CBRN jutikliai, dekontaminacijos technologijos, integruotos sveikatos monitoringo sistemos, skirtos veikti ekstremalioje karo lauko aplinkoje.
Minkštosios galios tyrimai	Dirbtinio intelekto (DI) raidos poveikio gynybos architektūrai tyrimai. Kognityvinio karo poveikio ir gynybinio atsparumo tyrimai. Visuomenės pasirengimo gynybai ir institucijų atsparumo tyrimai; karinio personalo valdymo ir lyderystės tyrimai. Karių mokymas, treniravimas ir karo žaidimų (angl. <i>wargaming</i>) taikymas.

4. Mokslinių tyrimų gynybos srityje poreikis: ekosistemos kūrimas (pramonės perspektyva)

Gynybos technologijų mokslo, inovacijų ir pramonės ekosistemos vystymas yra kompleksinis ir tarpdisciplininis uždavinys. Vystant šalies gynybinius pajėgumus, labai svarbu suprasti, kaip jie bus grindžiami gamybiniais ir logistiniais pajėgumais, kaip į naujus iššūkius reaguos inovacijos ir moksliniai tyrimai, ir kas ypač svarbu, ar sugebėsime naujausias mokslo žinias paversti technologijomis, inovacijomis bei gynybinėmis priemonėmis, kurios leis efektyviai gintis arba atgrasyti potencialius agresorius.

4.1. Gynybos ekosistemos raida Lietuvoje

Gynybos technologijų mokslo, inovacijų ir pramonės vystymas Lietuvoje ilgą laiką buvo antraeilės svarbos. Tai iš dalies paaiškinama tuo, kad po nepriklausomybės atkūrimo šalyje nebuvo specializuotų institucijų, kurių veikla būtų tiesiogiai skirta gynybos technologijų ekosistemos vystymo rezultatams pasiekti. Lietuvos kariuomenė per mažiau nei 15 metų turėjo transformuotis nuo sovietinio pavyzdžio ir mentaliteto kariuomenės iki NATO standartus atitinkančių ginkluotųjų pajėgų. Dėl to kariuomenė dažniausiai taikė požiūrį įsigyti jau NATO partnerių patikrintus sprendimus – „nuo lentynos“ pirkimus, dažnai ribotais ištekliais. Tai lėmė, kad mokslinių tyrimų, inovacijų ir pramoninių pajėgumų vystymui nacionaliniu mastu trūko sisteminio impulso.

Visos iniciatyvos, ypač iki 2014 m., dažniausiai buvo *bottom-up* pobūdžio – tai reiškia, kad jos kilo iš apačios, pasinaudodamos tuo metu galiojusiais finansavimo mechanizmais arba pritraukdamos fragmentuotą pramonės ar krašto apsaugos sistemos (KAS) finansavimą. Dažnai tokie tyrimai buvo vykdomi aukštesniame technologinės paruošties lygyje (TRL), siekiant pademonstruoti maketą, technologijos demonstratorių ar net prototipą.

Vienas pavyzdžių – KTU vykdytas projektas „Taikyns“: fizinis, skrendantis reaktyvinės stūmos (traukos) stimulatorius, skirtas artimojo nuotolio oro erdvės gynybos sistemos operatoriams mokytis. Projektas buvo finansuotas per ES struktūrinės paramos priemones, administruotas tuometinių ŠMM finansavimo mechanizmų. Netiesiogiai tokio tipo priemonėmis pasinaudota ir MITA vykdytoje technologinės plėtros programoje.

Bendras požiūris tiek ES, tiek Lietuvoje buvo toks, kad sisteminio finansavimo tyrimams, susijusiems su gynybos technologijomis, produktais ir pramone, nebuvo. Manyta, jog visa ES tyrimų ir inovacijų politika skirta taikiems tyrimams ir ateities technologijoms.

Vertinant nacionalinę gynybos technologijų pramonės ir tyrimų infrastruktūros vystymo politiką, negalima teigti, kad Lietuvoje nebuvo jokių veiklų. Dar Lietuvos ginkluotųjų pajėgų kūrimo pradžioje iškilo klausimas, kuo ir kaip bus aprūpinta kariuomenė, todėl jau valstybės atkūrimo pradžioje buvo vystomi nacionaliniai produktai, pvz., pistoletai kulkosvaidžiai „Vytis-1“ ir „Vytis-2“, pėstininkų rankinės gynybinės granatos, neperšaunamosios balistinės apsaugos liemenės, tekstilės ir trikotažo gaminiai, radijo ryšio sistemos ir kt.

Didžiausia sisteminė investicija, finansuota nacionalinėmis lėšomis, buvo į šaulių ginkluotės šaudmenų gamyklą – Giraitės ginkluotės gamyklą (GGG), kuri pradėjo veikti 2001 m. ir pradėjo gaminti šaudmenis. Vis dėlto šios veiklos buvo fragmentuotos, o koordinavimas tarp krašto apsaugos, švietimo, ūkio, energetikos ir kitų sektorių buvo ribotas. Pavyzdžiui, galima būtų iliustruoti GGG valdymo struktūrą (akcijas valdanti institucija), valdybos sudėtį ir kompetencijas, siekiant atspindėti koordinavimo ir kompetencijų iššūkius.

Politiniai prioritetai gynybos paskirties MTEP ir gynybos pramonei keitėsi atsižvelgiant į tarptautinius ir nacionalinius įvykius. Svarbiausi laikotarpiai Lietuvos istorijoje būtų: 2001 m. rugsėjo 11 d. įvykiai (9/11), stojimas į NATO ir ES 2004 m., pasaulinė finansų krizė 2008 m., Krymo aneksija 2014 m., Rusijos–Ukrainos karo pradžia 2014 m. ir plataus masto Rusijos invazija į Ukrainą 2022 m.

Visą šį laikotarpį Lietuva gana sėkmingai vystė nišines technologijas lazerių, optoelektronikos, biotechnologijų, IRT ir kibernetinio saugumo srityse, kas padėjo sukurti ir išvystyti mokslininkų bei inovatorių kompetencijas. Taip pat šalyje pakankamai gerai veikia inžinerinė ir technologijų pramonė. Nors daugelis įmonių pasaulinėje rinkoje veikia kaip subkontraktoriai arba komponentų gamintojai, jos turi didelę eksportavimo patirtį ir potencialą. Pavyzdžiui, Lietuvos inžinerinė pramonė šiuo laikotarpiu generuoja apie 22–25 proc. viso Lietuvos eksporto, kas rodo, kad yra verslų ir organizacijų, gebančių investuoti į gamybą, plėtrą bei integruotis į pasaulines tiekimo grandines. Tai itin svarbu, norint ne tik kurti produktus, bet ir užtikrinti jų gamybą reikiamaisiais kiekiais ir prieinamomis kainomis.

Reikia pripažinti, kad Lietuva neišnaudojo NATO sukurtos techninių darbo grupių sistemos, veikiančios pagal NAAG, NNAG ir NAFAG ginkluotės vystymo grupes. Tik fragmentiškai įsiliejo į NATO standartizavimo ir sertifikavimo sistemos procesus ir turi labai ribotas kompetencijas bei supratimą, kaip vyksta gynybos paskirties produktų sertifikavimas ir bandymai. Dėl to Lietuva ribotai gali paremti savo pramonę ir inovacijų bendruomenę, sunku parengti gaires, kokios bandymų ir tyrimų infrastruktūros reikia ir kaip ji integruotųsi į NATO sertifikavimo sistemą.

Po 2014 m. įvykių įvyko reikšmingų gynybos technologijų pramonės ir inovacijos pokyčių. Sektoriuose, kuriuose jau buvo pakankamai aukštas technologinis parengties lygis (pvz., lazeriai ir optoelektronika), pradėjo formuotis pirmosios įmonės ir produktai, galintys veikti tarptautiniu mastu, nes jų technologiniai sprendimai buvo konkurencingi. Viena žymesnių tokio pobūdžio Lietuvos bendrovių – BROLIS Defence – jau turi tarptautinius pardavimus ir matomumą.

Po 2022 m. ypač sparčiai pradėjo vystytis bepilotės platformos. Daug įmonių, save priskiriančių gynybos sektoriui, dirba su bepilotėmis sistemomis, dažniausiai su FPV (angl. *first-person view*) dronais ir su jais susijusiomis technologijomis: ryšių ir valdymo signalų perdavimo sprendimais bei priemonėmis šiems signalams slopinti ar nuskaityti.

Šiuo metu pastebima, kad krašto apsaugos sistema (KAS), pramonė, inovacijų ir mokslo bendruomenės neturi patirties ar aiškaus formato, kaip sistemingai keistis informacija, įžvalgomis bei kompetencijomis ir dalintis prognozėmis. Pvz., remiantis Lietuvos mokslininkų pasiekimais lazerių ir biotechnologijų srityse, galėtų būti tikslinga šias bazines kompetencijas panaudoti gynybos technologijoms vystyti. Tačiau be bendro supratimo ir susitarimo dėl gynybos scenarijų, taip pat be aiškumo, kaip naujos technologijos gali paveikti tuos scenarijus ir suteikti gynybinį pranašumą, rizikuojama fragmentuotai vystyti tyrimus ir inovacijas, kurios tiesiogiai nekeis Lietuvos gynybinio potencialo.

Todėl nuolatinis ir sistemingas darbas su KAS yra būtinas: tai padėtų geriau suprasti poreikius, transliuoti galimus sprendimus (pvz., energetinės medžiagos, kinetinio poveikio sprendimai ir jų pristatymo platformos) ir kryptingai atlikti tyrimus ir vystyti pramoninius gebėjimus, kurie galėtų realiai sustiprinti šalies gebėjimą ir pajėgumą gintis.

Gana sparčiai pradėjus vystyti gynybos inovacijas ir didėjant verslo bei pramonės susidomėjimui gynybos sektoriumi, pradėjo kurtis asociacijos, susijusios su gynybos pramone. Šiuo metu veikia bent keturios asociacijos ar su jomis susijusios organizacijos, kurios save tapatina su gynybos technologijomis ir inovacijomis: LGSPA, NGPA (dabar LGKPA), LGIPA. Taip pat šioje srityje veikia Gynybos paramos fondas (GPF), o iš dalies, technologijų kontekste, galima priskirti ir Lietuvos kosmoso technologijų klasterį (LGTK). Be to, savo narių interesams atstovauja Lietuvos inžinerijos ir technologijų pramonės asociacija (LINPRA) ir Lietuvos pramonininkų konfederacija (LPK). Visa tai rodo, kad šiuo metu susidomėjimas ir poreikis yra didelis, tačiau ekosistemos koordinavimo vis dar trūksta.

Nepaisant to, Lietuvos kariuomenė (LK) ir Krašto apsaugos ministerija (KAM) ieškojo būdų, kaip į LK ir gynybos technologijų vystymą įtraukti mokslo potencialą ir pritraukti inovatorius ir antreprenierius nestandartiniais ar nekasdieniniams poreikiams spręsti. 2019 m., bendradarbiaujant KAM ir KTU, buvo suorganizuotos pirmosios Lietuvoje gynybos technologijų kūrybinės dirbtuvės DELTA 1. Šių dirbtuvių rezultatai paskatino KAS tęsti veiklas šia tematika.

Svarbu pabrėžti, kad šis procesas taip pat pagreitino rizikos kapitalo investicijas dvejopos paskirties technologijoms vystyti ir lėmė pirmojo investicijų fondo MILInvest įkūrimą, prie kurio atsiradimo reikšmingai prisidėjo KAM.

Inovacijų ekosistema buvo vystoma ir per Ekonomikos ir inovacijų ministerijos (EINMIN) priemones, administruojamas Inovacijų agentūros (IA). Viena plačiausiai žinomų ir populiarių priemonių pradedančiose įmonėse bei startuoliuose yra gynybos čekių programa. Tačiau verta paminėti, kad visos šios priemonės orientuotos į pažangius sprendimus, prototipų gamybą, dominuoja orientacija į aukšto lygio TRL technologijas.

4.2. Tarptautinė patirtis, tendencijos ir praktikos

Peržvelgiant NATO, ES ir kitas draugiškas šalis, pvz., Australiją, Šveicariją, Izraelį ar Singapūrą, galima pastebėti vieną labai akivaizdų dalyką, kad tos šalys, kurios turi išplėtotą tyrimų, technologijų ir produktų vystymo inovacijų ekosistemą bei gynybos technologijų pramonę, kuri geba gaminti didesnius kiekius produktų, turi ir stiprius gynybinius pajėgumus, sukauptus rezervus ir išvystytas bei pajėgias ginkluotąsias pajėgas, dažnai net nepriklausomai nuo šalies gyventojų skaičiaus, pvz., pagal ekosistemos išvystymo lygį, JAV galima palyginti su Švedija ir nors pagal gyventojų skaičių tai maža šalis, artimesnė Lietuvai, tačiau turi labai senas tradicijas kurti ir vystyti gynybos technologijas, pvz., galinti pasigaminti povandeninius laivus, naikintuvus ir sukaupusi inžinerijos ir inovacijų valdymo kompetencijas savo KAS viduje, dėl ko gali labai efektyviai bendradarbiauti su pramone ir su tyrimų bei inovacijų bendruomene.

Keli veikiančių ekosistemos vystymo priemonių pavyzdžiai.

NATO / ES

Gynybos mokslinių tyrimų poreikis Europoje gerokai išaugo po Rusijos plataus masto karinės invazijos į Ukrainą 2022 m. vasario mėn. Už mokslinius tyrimus gynybos srityje, jų koordinavimą ir finansavimą NATO ir ES yra atsakingos šios institucijos:

NATO mokslo ir technologijų organizacija (angl. *Science and Technology Organization, NATO STO*), kurios pagrindinis tikslas yra užtikrinti, kad ateities moksliniai tyrimai būtų vykdomi atliepiant Aljanso poreikius, technologijų pažangą ir besikeičiančią saugumo padėtį. Periodiškai STO publikuoja (išleidžia) pranešimus, kuriuose numato pagrindines ateities tendencijas (socialines, ekonomines, technologines), kurios turės įtakos Aljanso ateities raidai ir būviui (žr. NATO 2025a, NATO 2025b).

Europos gynybos agentūra (angl. *European Defence Agency, EDA*) koncentruoja dėmesį į karinių pajėgumų vystymą ir bendradarbiavimą tarp ES šalių narių.

Europos Komisija (angl. *European Commission*) ir jos finansinis instrumentas Europos gynybos fondas (angl. *European Defence Fund, EDF*), kurio tikslas remti R&D, per bendradarbiavimo tarp pramonės ir mokslo institucijų skatinimą, pajėgumų didinimą per investicijas, turi tikslą padėti pramonei vystyti pažangias technologijas ir įrangą. Numatytas EDF biudžetas (2021–2027 m.) yra 7.3 mlrd. Eur, iš kurių 2.7 mlrd. yra skirti gynybos tyrimams.

Dėl kilusios karinės grėsmės NATO ir ES pradėjo daugiau investuoti į vykdomus projektus ir tyrimus saugumo ir gynybos srityje, ieškoti tarpinstitucinių bendradarbiavimo galimybių ar strateginių partnerysčių technologinės pažangos plėtrai ir šalių saugumo didinimui. Europinės investicijos į R&D padidėjo 25 proc., lyginant su 2022 m. Tais pačiais metais buvo įkurti net keli akceleravimo mechanizmai: ES gynybos inovacijų schema (EUDIS), Gynybos inovacijų centras (HEIDI), Šiaurės Atlanto gynybos inovacijų akceleratorius (DIANA) ir NATO inovacijų fondas (NIF), per kuriuos yra finansuojama ES ir NATO šalių saugumo ir gynybos inovatorių veikla ir skatinamos investicijos į perspektyvias gynybos technologijas. Kiekvienas iš instrumentų turi savo institucinę logiką ir strateginius rėmus. DIANA remia dvejopos paskirties technologijų diegimą skirdama 1 mlrd. Eur iš rizikos kapitalo fondų, pasitelkdama NIF. Tuo tarpu HEIDI veikia tarpvyriausybiniu lygmeniu EDA pagrindu, skatindamas bendradarbiavimą tarp ES šalių vystant nedidelius (mažus) inovacinius projektus. EUDIS, veikdamas per EDF, remia ES startuolius ir ekspertus.

2024 m. pasirodė net keli strateginiai ES dokumentai, kuriuose akcentuojama R&D, gamybiniai pajėgumai ir konkurencingumo didinimo svarba (Draghi, Letta raportai, EU White Paper, Re-arm Europe / Readiness 2030) su aiškiai pripažintomis ES technologinėmis atsilikimo tendencijomis ir inovacinės aplinkos patrauklumo mažėjimu, tai pralaiminti kovą dėl investicijų pritraukimo, talentų išlaikymo ir gamybinių pajėgumų praradimu.

Investicijos į gynybos tyrimus, vystymą ir technologijas (angl. *Research & Development (R&D)*, *Research & Technology (R&T)*) yra vienas iš pagrindinių veiksnių, skatinančių Europos karinių pajėgumų vystymą. Tvarus finansavimas įgalina pažangių technologijų (dirbtinio intelekto, kvantinių, autonominių bepiločių ir kovos prieš juos, lazerinių ar kitų kryptinės energijos sistemų (angl. *direct energy*)), elektromagnetinės kovos sistemų vystymą ir diegimą į NATO ir ES šalių narių ginkluotąsias pajėgas ir pariteto išlaikymą prieš esamus ir būsimus priešininkus (angl. *Aerospace, Security, and Defence Industries Association of Europe, ASD, 2024 Facts & Figures 2024*).

Tenka pripažinti, kad kai kuriose NATO ir ES šalyse požiūris į gynybos srities tyrimus yra skirtingas. Šalys, esančios arčiau rytinių NATO / ES sienų, išlaikysios ilgametės mokslo ir verslo tendencijas ar turinčios didesnį gynybos, saugumo ir kosmoso pramonės potencialą, paprastai skiria didesnį dėmesį ir finansavimą gynybos tyrimams ir inovacijų vystymui bei ginkluotės atnaujinimui ir įsigijimams.

Nyderlandai

Nyderlandai yra viena iš tų NATO / ES valstybių, kurios strateginiame diskurse skiria ypatingai svarbią vietą gynybos moksliniams tyrimams, kurie užtikrina nacionalinį saugumą, stiprina karinius (gynybinius) pajėgumus, kuria pažangias karines technologijas. Nyderlandų gynybos strategijoje svarbus vaidmuo skiriamas inovacijoms ir gynybos pramonei kaip šalies ekonomikos varikliui. Laikomasi nuomonės, kad kariniams tikslams sukurtos naujovės gali lemti proveržius kitose pramonės šakose, skatindamos bendrą ekonomikos augimą. Savo ruožtu gynybos tyrimai skatina inovacijas, kurios yra svarbios ne tik kariniam pranašumui užtikrinti, bet ir civiliniams technologiniams parametrams stiprinti. Akcentuojama mokslinių tyrimų partnerystė, užtikrinanti kuriamų produktų pritaikomumą realiose situacijose atliepiant galutinio vartotojo (angl. *end user*) poreikius. Gynybos tyrimai padeda optimizuoti karinių įsigijimų procesus, užtikrinant, kad investicijos į pajėgumus duotų maksimalią grąžą ir išlaikytų kaštų ir naudos balansą. Viešojo ir privataus sektoriaus partnerystės (angl. *public-private partnership*) yra būdas, mažinantis atotrūkį tarp gynybos poreikių ir pramonės galimybių.

Strateginių gynybos inovacijų tyrimų platforma

Viena iš specifinių naujovių – strateginių gynybos inovacijų tyrimų (angl. *Strategic Defence Innovation Research, SDIR*) sistema, skirta projektams, kuriuose inovatyvumas dar nėra išgrynintas ir tik po eksperimentavimo galima masinė gamyba. Šis į inovacijas orientuotas įsigijimų procesas reikalauja struktūrinės prieigos vertinant produktus per technologinio parengtumo lygius, TRL (angl. *Technology Readiness Level, TRL*), kur pirma fazė: 1–6 TRL (žemas parengtumas), antra fazė: nuo 6–9 (aukštas parengtumas). Tokiu būdu per SDIR Nyderlandų gynybos ministerija remia ekspertus ir startuolius, vadovaudamasi TRL prieiga, mažoms ir vidutinėms gynybos sektoriaus įmonėms apmoka galimybių studiją (trečia fazė) ar padeda kurti prototipą (ketvirta fazė).

Mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros finansavimas (MTEP)

Kitas svarbus aspektas – tarpinstitucinio ir tarpsektorinio bendradarbiavimo skatinimas tiriant, vystant, diegiant ir finansuojant inovacijas. Nyderlandų gynybos technologijų ir pramonės bazę / ekosistemą sudaro apie 1 000 didelių, vidutinių, mažų įmonių, tyrimo institucijų, startuolių ir gamintojų. Nyderlandų gynybos ir saugumo sektoriaus įmonių apyvarta labai išaugo – nuo 4.7 mlrd. eurų 2021 m. iki 7.7 mlrd. eurų 2023 m. Nyderlandų gynybos ir saugumo sektoriuje pastebimas reikšmingas MTEP finansavimo padidėjimas. Vidutiniškai šio sektoriaus įmonės skiria apie 11 proc. MTEP iniciatyvoms. Šios investicijos atspindi augantį įsipareigojimą diegti inovacijas pramonėje, o tai yra būtina siekiant išlaikyti konkurencinį pranašumą ir spręsti kylančius saugumo iššūkius.

Pagrindinės MTEP finansavimo sritys:

- Kvantinės technologijos – tyrimai kvantinių skaičiavimų ir jutiklių srityje, taikant juos karinėse operacijose ir žvalgyboje;
- Kosmoso ir aeronautikos technologijos – pabrėžiama strateginė palydovų svarba navigacijai, ryšiams ir Žemės stebėjimui;
- Adityvi (pridėtinė) gamyba (angl. *Additive Manufacturing*) – pažangių gamybos technologijų, įskaitant 3D spausdinimą, tyrimai siekiant padidinti gamybos pajėgumus;
- Kibernetinis saugumas;
- Bepilotės autonominės sistemos,
- Kompozitų ir metamedžiagų tyrimai;
- Jutiklių technologijos (sensorika) – pažangių jutiklių, skirtų kariniams tikslams, įskaitant radarų ir optines sistemas, kūrimas ir vystymas.
- Dirbtinis intelektas ir duomenų mokslas – sprendimų priėmimo ir operatyvinio efektyvumo didinimas.

Teigiama, kad kiekvienas į gynybos inovacijas investuotas euras gali duoti didelę ekonominę grąžą, svyruojančią nuo 8 iki 9 eurų. Tai pabrėžia strateginę investicijų į mokslinius tyrimus ir inovacijas gynybos sektoriuje vertę. Tvari parama MTEP finansavimui rodo tvirtą valstybės įsipareigojimą inovacijoms ir technologijų pažangai.

Švedija

Naujausiuose Švedijos strateginiuose dokumentuose skiriamas ypatingas dėmesys gynybos inovacijoms, MTEP, kuriais siekiama sukurti naujus pajėgumus ir užtikrinti nacionalinę autonomiją (savarankiškumą). Pabrėžiama tarpinstitucinės ir tarpsektorinės bendraveikos svarba strateginiam numatymui naujų karinių technologijų vystymo ir diegimo srityje, užtikrinant, kad Švedija išliktų regiono gynybos inovacijų lydere.

Iki 2027 m. asignavimai technologijų plėtrai, moksliniams tyrimams, inovacijoms ir gynybos moksliniams tyrimams turėtų didėti daugiau nei 50 proc. iki 1,6 mlrd. SEK. Gynybos inovacijų programai kasmet numatytas 500 mln. SEK finansavimas.

Švedijai tapus NATO nare išaugo didesnio sąveikumo (angl. *interoperability*) būtinybė. Didelis dėmesys skiriamas kosminei žvalgybai, saugiam palydoviniam ryšiui ir skaitmenizacijai vadovavimo ir žvalgybos funkcijose, taip pat stiprinant gynybinius ir puolamuosius kibernetinių operacijų pajėgumus.

Neapibrėžtumas saugumo srityje reikalauja greito prisitaikymo ir novatoriškų sprendimų gynybos srityje poreikį, todėl bendradarbiavimas tarp viešojo, privataus ir akademinio sektorių yra gyvybiškai svarbus inovacijoms gynybos srityje skatinti. Prioritetas teikiamas naujų civilinio sektoriaus technologijų integravimui į karines programas. Šis požiūris skirtas civilinių technologijų pažangą panaudoti karinėms reikmėms, veiksmingai mažinant atotrūkį tarp civilinio ir gynybos sektorių. Pristatomas vadinamojo trigubo sraigto inovacijų modelis, kuris skatina partnerystę tarp viešojo sektoriaus, pramonės ir mokslo institucijų. Šis požiūris skirtas civilinių technologijų pažangą panaudoti karinėms reikmėms, veiksmingai mažinant atotrūkį tarp civilinio ir gynybos sektorių.

Vyriausybė siekia panaudoti civilines inovacijas kariniams pajėgumams stiprinti. Siekiama brandžių ir skaidrių viešųjų pirkimų metodų, skatinančių inovacijas ir mažinančių biurokratiją, ir skatinti mažas ir vidutines įmones prisidėti prie gynybos mokslinių tyrimų. Sekinančio ir ilgalaikio karo Ukrainoje patirtis rodo, kad būtina rasti novatoriškus sprendimus šiuolaikinio ir ateities karo iššūkiams. Gynybos tyrimai turi būti sutelkti į prisitaikymą ir greitą naujų technologijų ir strategijų diegimą konfliktų metu ir atliepiant kariuomenės poreikius. Labai svarbi yra nuolatinio mokymosi kultūra gynybos mokslinių tyrimų srityje ir gebėjimas greitai įtraukti karinių operacijų patirtį į MTEP.

2024 m. gynybai skirta suma padidėjo daugiau kaip 27 mlrd. SEK. 2024 m. buvo skirta iš viso 88 mln. SEK, 2025 m. – 90 mln. SEK, o 2026 m. skiriama 247 mln. SEK, kurie bus panaudoti Švedijos ginkluotųjų pajėgų karinėms inovacijoms ir tyrimams. Iš šio asignavimo 60 mln. SEK 2024 m. buvo skirta specialiai

inovacijų programai, kuria siekiama skatinti civilinių ir karinių pajėgumų sinergiją. Šios investicijos skiriamos naujoms technologijoms vystyti, įskaitant dirbtinį intelektą, kvantines technologijas ir autonomines sistemas, kurios turi dvejopos paskirties potencialą.

Pripažįstama, kad gynybos sektoriuje reikia skatinti inovacijų kultūrą, atsisakant taikos metu įprastų rizikos mažinimo strategijų. Švedija siekia, kad į Europos struktūrinio bendradarbiavimo (PESCO) ar finansinius mechanizmus (EDF) būtų įtrauktos ankstyvosios fazės (prototipų) kūrimo programos, siekiant sustiprinti gynybos pramonės bazę.

Suomija

Suomijos visa apimančio saugumo (angl. *Comprehensive Security*) strategija gynybos pramonei skiria ypatingai svarbų vaidmenį užtikrinant nacionalinį saugumą. Gynybos pramonė yra integruota į Suomijos saugumo ir gynybos sistemą, turi gebėti savarankiškai kurti, vystyti, gaminti ir prižiūrėti (angl. *Life Cycle*) kariinės ir dvejopos paskirties sistemas ne tik taikos, bet ir ekstremaliųjų situacijų, krizių ar karo atveju. Gynybos srities tyrimai yra orientuoti į šalies karinių, technologinių ir pramoninių pajėgumų stiprinimą, užtikrinant tiekimo grandinių saugumą ir išlaikant konkurencingą gynybos pramonę.

Suomijos vyriausybė yra identifikavusi keletą kritinių technologijų sričių, kurios yra būtinos operaciiniams pajėgumams vystyti, įskaitant vadovavimo ir kontrolės sistemas, medžiagas ir statybos technologijas, biotechnologijas ir daugiafunkces technologijų sistemas. Vyriausybė remia vietos gynybos pramonę, siekdama užtikrinti kritiškai svarbių sistemų naudojimą krizės ar karo atveju.

Suomija skatina pramoninį bendradarbiavimą, kuris gali būti tiesioginis (įtraukiant nacionalinę ir užsienio gynybos pramonę) arba netiesioginis (apimantis technologijų perdavimą nacionalinio saugumo interesams apsaugoti). Pramoninio bendradarbiavimo įsipareigojimų būtinybė ir apimtis vertinama kiekvienu atveju atskirai, atsižvelgiant į konkrečius saugumo interesus. Gynybos pramonė yra integruota į Suomijos saugumo ir gynybos sistemą ir atlieka svarbų vaidmenį prižiūradama ginklų sistemas normaliomis ir karo sąlygomis. Suomijos gynybos pramonėje dirba daugiau nei 300 įmonių, prisidedančių prie karinių tiekimo grandinių ir technologinių inovacijų.

Gynybos moksliniai tyrimai Suomijoje yra integruoti į platesnę gynybos ir saugumo strategiją, kuri apima šiuos elementus: a) investicijos į esamus pajėgumus, siekiant išlaikyti operatyvų parengtumą; b) gebėjimas integruoti naujas technologijas į turimas sistemas; c) bendradarbiavimo tarp kariuomenės ir pramonės puoselėjimas. Suomijos vykdomuose gynybos moksliniuose tyrimuose pabrėžiama technologinė kompetencija ir inovacijų svarba šiose kritinėse srityse:

- Nuotoliniu būdu valdomos ir autonominės (nepilotuojamos) sistemos, galinčios veikti įvairiuose domenuose (sausumoje, oro erdvėje, jūroje);
- Duomenų apdorojimas ir situacijos suvokimas – gebėjimas apdoroti realaus laiko duomenis, siekiant pagerinti taktinį suvokimą ir mūšio valdymą (angl. *Tactical Awareness and Battle Management*);
- Kvantinė technologija – saugaus ryšio ir duomenų perdavimo srityje;
- Naujos ir revoliucinės technologijos, galinčios pakeisti karo veiksmų pobūdį (dirbtinis intelektas, robotika, dronų spiečiai);
- Multidomeninės operacijos (angl. *Multidomain Operations*).

Gynybos tyrimai labai priklauso nuo tarptautinio bendradarbiavimo. Palaikomi glaudūs santykiai su Švedija ir JAV palengvina sklandų mokslinių tyrimų mainų ir projektų įgyvendinimą. Europos gynybos fondas (EDF) yra svarbus finansinis šaltinis, kasmet skiriantis maždaug vieną milijardą eurų valstybių narių gynybos pramonei ir moksliniams tyrimams. Suomijos mokslinių tyrimų institucijos gauna finansavimą, kuris sudaro apie trečdalį visų gynybos pajėgų mokslinių tyrimų biudžeto.

Apibendrinant galima teigti, kad Suomijos gynybos mokslinių tyrimų politika grindžiama nacionaliniais poreikiais ir kintančia saugumo situacija. Investicijos į gynybos mokslinius tyrimus Suomijoje yra įvairiapusės, daugiausia dėmesio skiriama technologiniams pasiekimams, tarptautiniam bendradarbiavimui ir infrastruktūros tobulinimui. Suomija investuoja į gynybos mokslinius tyrimus pasitelkdama tiek nacionalinius, tiek NATO ar ES finansavimo mechanizmus. Dėmesys modernizavimui ir technologijų pažangai

gynybos sektoriuje rodo strateginį įsipareigojimą stiprinti nacionalinį saugumą ir pasirengimą per tvarias mokslinių tyrimų ir plėtros iniciatyvas.

4.3. Gerųjų praktikų apibendrinimas ir kuo reikėtų pasinaudoti

Lietuva yra valstybė, esanti jautrioje geopolitinėje aplinkoje, todėl jai ypač svarbu užtikrinti tvarią ir inovatyvią gynybos pramonę. Šiuo metu pagrindinė strateginių iniciatyvų lyderystė tenka valdžios institucijoms, tačiau verslo, akademijos ir visuomenės indėlis dar nėra pakankamai įtrauktas. Dėl to sudėtingiau greitai reaguoti į saugumo iššūkius, visiškai išnaudoti inovacijų galimybes ir užtikrinti ilgalaikį atsparumą.

Daugelyje EBPO šalių, įskaitant Lietuvą, gynybos ekosistemos veikia remdamosi vadinamąja keturlype spirale (angl. *quadruple-helix collaboration, QHC*), kurioje glaudžiai bendradarbiauja kariuomenė, pramonė, akademija ir visuomenė. Visuomenės įsitraukimas leidžia išplėsti tradiciškai pramoniniu bendradarbiavimu pagrįstą trilypę spiralę. Verslas yra ne tik prisitaikantis prie valstybės planų, bet ir aktyvus strategijos kūrėjas, investuojantis į ateities technologijas bei tyrimus. Lietuvoje tokio modelio dar tik pradėdama siekti – nors turime stiprų akademinį potencialą inžinerijos, informacinių technologijų ar gyvybės mokslų srityse, šios galimybės dar nėra iki galo susietos su gynybos pramonės plėtra. Visuomenės pasitikėjimą strateginiais sprendimais taip pat stiprintų skaidrus ir atviras procesas, suteikiantis piliečiams galimybę dalyvauti ir prisidėti.

Kiekvienai šios ekosistemos daliai tektų savitas vaidmuo. Kariuomenė apibrėžia realius poreikius, vertina siūlomus sprendimus. Pramonė užtikrina gamybinius pajėgumus, investicijas, eksporto galimybes bei ryšius tarptautinėse rinkose. Akademija generuoja žinias, technologinius sprendimus ir rengia būsimus specialistus. Visuomenė sustiprina sprendimų legitimumą, prisideda prie atsparumo ir pasitikėjimo valstybės veikimo kryptimi. Tokios organizacijos, pvz., Lietuvos šaulių sąjunga ar Krašto apsaugos savanorių pajėgos, yra visuomenės įtraukimo modelis, kuris stiprina šalies gynybinį pajėgumą, bet kas labai svarbu, supažindina ir įtraukia didesnę visuomenės dalį į krašto gynybą, kartu didina ir ekosistemos dalyvių skaičių, kurie savo civiliniame gyvenime gali būti mokslininkai, inžinieriai, verslininkai ir kitas veiklas atliekantys žmonės, kurie gali pakreipti savo tyrimus ar veiklas pramonėje taip, kad pradėtų dirbti su gynybos technologijomis ir pramone, tenkinančias KAS poreikius.

Jeigu tokios partnerystės nebūtų, kiltų rizika, kad Lietuvos inovacinis potencialas išsisklaidys ir bus panaudotas daugiausia užsienyje, o nacionalinis saugumas liks tik valstybės aparato atsakomybe, neužtikrinta plataus visuomenės palaikymo.

Todėl viešosios partnerystės pagrindu kuriama gynybos pramonės ekosistema Lietuvoje yra būtina. Ji leistų gynybos pajėgumus kurti ne tik valstybės pastangomis, bet ir pasitelkti šalies verslo kūrybinį, akademinį bei visuomeninį potencialą. Tokiu būdu Lietuva priartėtų prie pažangiausių EBPO šalių gerosios praktikos ir sustiprintų savo atsparumą.

Geopolitinis neapibrėžtumas šiuo atveju gali tapti ne tik iššūkiu, bet ir paskata – jis sudaro sąlygas plėtoti krašto gynybos ir saugumo ekosistemą, skatinti mokslo bei technologijų pažangą. Atsižvelgiant į Lietuvos sociokultūrinį ir socioekonominį kontekstą, būtent fizinio saugumo aktualizavimas ir geopolitinių grėsmių aiškus įvardijimas gali tapti ta niša, kuri užtikrins visuomenės pasitikėjimą ir leis kryptingai vystyti gynybos pramonės ekosistemą.

Krašto apsaugos sistemos (KAS), pramonės, inovatorių ir antreprenierių bei mokslo bendradarbiavimas yra būtinas, norint sukurti tvarią gynybos technologijų pramonės ekosistemą, gebančią suprasti ir atliepti kylančius iššūkius ir technologškai bei intelektualiai prie jų prisitaikyti bei sukurti sprendimus, didinančius Lietuvos gynybinius pajėgumus bei atgrasymą. Taip pat turime nepamiršti, kad ilgalaikėje perspektyvoje gynybos technologijų mokslas bus sėkmingas tiek, kiek bus sėkmingos inovacijos ir pramonė, todėl reikalingas gilesnis visų ekosistemos dalyvių įsitraukimas.

Antra vertus, turime būti aktyvūs ES kontekste, nes tikėtina, kad ES įsiklausys į Mario Draghi rekomendacijas (European Commission, 2023), dėl to gali būti, kad ES bus tendencija koncentruoti produktų vystymo pajėgumus ir gamybą ten, kur yra didžiausios kompetencijos. Tuomet didelė tikimybė, kad pagrindinius gamybinius pajėgumus ir priemones išlaikys didžiosios šalys ir senieji gynybos technologijų pramonės žaidėjai. Lietuvai bus labai svarbu surasti savo vietą šioje aplinkoje, o gebėjimas įsiliesti į tiekimo grandines bus kritinis vystant šalies ekonomiką.

Kita vertus, inovacijos greičiau vystomos startuoliuose ir mažose bei vidutinėse įmonėse, tad dėmesys, parama ir investiciniai mechanizmai jiems bus suteikti, tačiau greitam konkurenciniam augimui reikia labai stiprios mokslo, inovacijų ir pramonės ekosistemos, tačiau tokios sudėtingos sistemos kaip hipergarsinės raketos, nepilotuojamos platformos ir robotika, dirbtinis intelektas, tiesioginio energetinio poveikio ginklai reikalauja daug investicijų ir greičiausiai pavienė šalis negalės sau to leisti, todėl vėl iškils klausimas, kur tai konsoliduoti ir kokios šalys bus tam pasiruošusios. Čia vėl klausimas ir tuo pačiu galimybė Lietuvai.

Pastaruosius dešimtmečius visame pasaulyje pradėjo įsivyrėti tendencija, kad civilinėje srityje taip pat labai sparčiai pradėjo vystytis technologijos, ypač IT, elektronikos, medžiagų mokslo ir inžinerijos srityse, ir iki šaltojo karo pabaigos vyravęs inovacijų vystymo modelis, kai iš gynybos ir kosmoso sričių priešakiniai atradimai būdavo perkeltami į platų vartojimą ir tampa plačiai prieinami visuomenei. Lietuvos kontekste tai gali tapti galimybe paspartinti gamybos technologijų ir saugumo mokslo vystymą per naują požiūrį, kad *gynybos technologijos ir saugumo mokslas yra visa apimantis ir kompleksinis*, todėl praktiškai visos mokslo sritys yra svarbios ir turi potencialą. Pvz., konkrečiam gynybiniam pajėgumui išvystyti gali būti labai daug skirtingų sprendimų, kai pradinėje technologijų vystymo fazėje sunku identifikuoti, kuris iš jų yra pranašesnis. Todėl *LMT turi galimybę tapti labai svarbiu gynybos technologijų ekosistemos dalyviu per mokslo įtraukimą ir plėtojimą gynybos reikmėms*. Tai galima atlikti per technologijų žvalgybą (angl. *technology scouting*), todėl reikėtų sukurti platformą, kur KAS ir kitų su gynyba ir saugumu susijusių organizacijų ekspertai kartu su LMT ekspertais stebėtų Lietuvos tyrimų erdvę ir atrinktų potencialius tyrimus, kuriuos būtų tikslinga vystyti gynybos reikmėms. Kitas būdas, kuris leistų gerokai prisidėti prie tikslingo mokslinių tyrimų, susijusių su gynyba ir saugumu, vystymu – išnaudoti jau esamas tyrimų programas, kurių tematikos artimos EDA CapTech technologinėms sritims, pvz., „Informacinės technologijos mokslo ir žinių visuomenės plėtra“ paskirtinė tyrimų programa. Tai leistų pasiekti sinerginį efektą ir netiesiogiai padidinti vykdomų projektų apimtį dedikuotų gynybos ir saugumo reikmėms.

Lietuvoje turėtume labiau išnaudoti NATO ir ES siūlomas galimybes ir dalyvauti tarptautinėse darbo grupėse, konferencijose ar parodose. Tokia veikla būtų ne tik ekosistemos dalis, bet ir platforma, leidžianti kariuomenei, pramonei, akademinėi bendruomenei ir visuomenei bendradarbiauti. Sėkmingam procesui būtinas visų šių ekosistemos dalių įsitraukimas.

Siekiant spartesnio progreso, siūlytina sistemingai stiprinti tyrimų, inžinerijos ir inovacijų valdymo potencialą krašto apsaugos sistemoje (KAS). Tai leistų efektyviau telkti visos ekosistemos dalyvius ir pasinaudoti jau esama infrastruktūra bei moksliniu potencialu. Šiuo požiūriu tikslinga kurti taikomųjų tyrimų, ginklų ir amunicijos kūrimo bei prototipų gamybos branduolį.

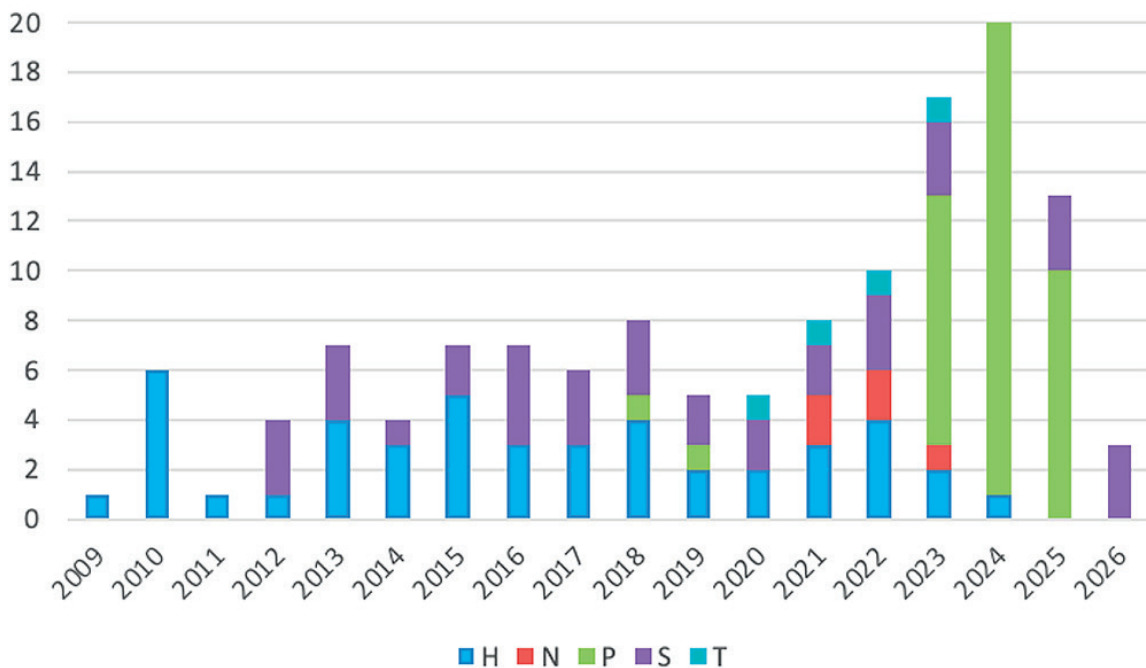
5. Gynybos mokslinių tyrimų finansavimo galimybės ir paskirtinės mokslinių tyrimų programos poreikis

Atlikta mokslinių tyrimų potencialo analizė rodo svarų gynybos mokslinių tyrimų potencialą Lietuvoje, tačiau jis nėra tinkamai išnaudojamas atliepiant esamą ir numatomą gynybos sektoriaus (kariuomenės ir gynybos pramonės) poreikį. Esamos LMT mokslinių tyrimų finansavimo galimybės Lietuvoje *nėra pakankamos* šiam potencialui realizuoti, todėl svarbu inicijuoti paskirtinę mokslinių tyrimų programą, skirtą gynybos reikmėms, kaip rodo toliau pateikiama esama gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavimo šaltinių apžvalga.

5.1. Nacionaliniai gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavimo šaltiniai

LMT finansuotų projektų duomenys rodo, kad mokslininkų įsitraukimas į gynybos paskirties projektus išlieka nedidelis, dominuoja projektai HSM kryptyse. Mokslinių tyrimų projektų, susijusių su gynybos tematika, skaičius kasmet svyruoja nuo 1 iki 20, todėl nėra užtikrinamas ilgalaikis tyrimų poveikis gynybos sektoriui. 2023–2025 m. buvo paskelbti du kvietimai teikti paraiškas technologinės plėtros projektams (P) įgyvendinti. Šie kvietimai esmingai padidino bendrą gynybos reikmėms įgyvendinamų mokslo projektų skaičių (5.1.1 pav.).

Nepakankamas ir nestabilus mokslinių projektų, skirtų gynybos reikmėms, finansavimas ne tik mažina mokslo indėlį į tokias svarbias gynybos sritis kaip kibernetinis saugumas, dirbtinis intelektas ir autonominės sistemos, bet ir riboja Lietuvos potencialą dalyvauti tarptautinėje gynybos tyrimų ekosistemoje.



5.1.1 pav. LMT finansuojami mokslinių tyrimų projektai (skaičius per metus) sietini su gynybos tematika pagal mokslo sritis; P – praktinės technologijos, skirtos gynybiniams pajėgumams stiprinti (LMT pateikti duomenys iš spektras.lmt.lt)

Gynybos reikmėms artimiausia yra šiuo metu įgyvendinama *LMT konkursinė prioritetinių mokslinių tyrimų programa „Visuomenės atsparumo stiprinimas ir krizių valdymas šiuolaikinių geopolitinių įvykių kontekste“* (2023–2029). Programa skirta tirti iššūkius, kylančius visuomenės atsparumui, ir politiniam, ekonominiam ir kultūriniam institucijų gebėjimui proaktyviai reaguoti į krizes. Nors programa yra aktuali ieškant moksliniais tyrimais paremtų atsakymų į visuomenės saugumo ir saugos klausimus, jos indėlis, remiantis pirmojo kvietimo rezultatais, neapima gynybai aktualios tematikos, ypač kietosios gynybos galiai stiprinti reikalingų tyrimų bei visuomenės pasirengimo gynybai klausimų.

Įvertinus tai, kad gynybai aktualūs tyrimai yra susiję su informacijos (angl. *Information*) ir kibernetinio saugumo (angl. *Cyber R&T*) sritimis, LMT paskirtinė programa *„Informacinės technologijos mokslo ir žinių visuomenės plėtrai“* galėtų generuoti žemesnio TRL lygio mokslo rezultatus, aktualius gynybos reikmėms.

Inovacijų agentūra įgyvendina priemones, skirtas gynybos inovacijoms, kuriomis siekiama spręsti kariuomenėje kylančius iššūkius, pasitelkiant verslą, skatinti. Priemonės apima inovatyvių technologijų finansavimą, teminių renginių organizavimą, ekosistemos dalyvių tinklaveikos stiprinimą bei konsultacinių paslaugų teikimą gynybos ir saugumo sektoriuje veikiantiems ekosistemos dalyviams. Toliau pateikiamas priemonių, skirtų gynybos reikmėms, vertinimas:

„Gynybos technologijų vystymo Lietuvoje 2021–2027 m.“ programa – strateginė finansavimo priemonė, įgyvendinama Krašto apsaugos ministerijos kartu su Inovacijų agentūra. Pagal šią programą finansuojami projektai, skirti gynybos inovacijų ekosistemos plėtrai ir nacionalinės gynybos pramonės stiprinimui. Programos tikslas – didinti pažangių technologijų dalį Lietuvos gynybos pramonėje, skatinti mokslo potencialo taikymą gynybos reikmėms ir prisidėti prie krašto apsaugos sistemos plėtros. Nors programoje remiamos veiklos apima MTEP, jos daugiausia orientuotos į kariuomenės poreikius aukštame TRL lygyje, konkursai organizuojami pagal konkrečius kariuomenės poreikius.

„Gynybos inovaciniai čekiai“ – finansavimo priemonė, orientuota į įmonių skatinimą kurti bei plėtoti gynybos inovacijas, bendradarbiauti su patyrusiais inovatoriais ar Lietuvos mokslo ir studijų institucijomis mokslinių tyrimų, eksperimentinės plėtros ir inovacijų srityje. Siekiama prisidėti prie kūrimo ir vystymo produktų, technologijų ar paslaugų, kurie yra svarbūs gynybos reikmėms (Inovacijų agentūra, 2025a). Ši priemonė orientuota į verslo subjektus, o ne į mokslo institucijas, todėl jos poveikis tiesiogiai siejamas su pramoninių kompetencijų stiprinimu ir praktinės inovacijų taikymo patirties kaupimu.

2025 m. paskelbta nauja finansavimo priemonė „Skatinti gynybos technologijų testavimą ir prototipavimą, naudojantis „Miltech Sandbox“ partnerių infrastruktūra“. Priemonė skirta skatinti gynybos technologijų bandymus ir prototipų kūrimą, pasitelkiant kariuomenės, mokslo bei verslo infrastruktūrą. Pagrindinis šios priemonės tikslas – stiprinti tarpinstitucinį bendradarbiavimą, efektyviai panaudoti esamą MTEPI infrastruktūrą bei skatinti eksperimentavimo ir inovacijų diegimo kultūrą. Parama teikiama projektams, atitinkantiems gynybos inovacijų prioritetus, o finansuojamos išlaidos apima infrastruktūros nuomą (pvz., bandymų poligonų, laboratorijų, simuliacijų centrų), testavimo ir prototipavimo paslaugas, ekspertines vertinimo paslaugas bei logistikos sąnaudas (Inovacijų agentūra, 2025b). Priemonė tinkama kaip papildomas finansavimo mechanizmas aukšto TRL tyrimams, kai būtina atlikti technologijų bandymus realioje aplinkoje. Vis dėlto jos taikymo sritis yra ribota – finansuojami tik testavimo ir prototipavimo etapai, neapimant pačių tyrimų ar technologijų kūrimo.

Nuo 2026 m. bus finansuojama ES programa „STEP technologijų kūrimas ir (arba) gamyba gynybos ir saugumo srityje“ (koordinuoja Inovacijų agentūra). Priemonė skirta skatinti ypatingos svarbos technologijų vystymą, gamybą bei atitinkamų vertės grandinių plėtrą, taip stiprinant Europos strateginį technologinį savarankiškumą ir atsparumą. Finansavimu galės pasinaudoti įmonės, finansuodamos didelės apimties (2–12 mln. Eur) viso inovacijų ciklo projektus. Priemonė savo apimtimi panaši į EDF su iš to kylančiais trūkumais: sudėtingi konsorciūmų reikalavimai ir didelė konkurencija su didesnėmis Europos gynybos pramonės šalimis, administracinė paraiškų rengimo našta ir kt.

5.2. Tarptautiniai gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavimo šaltiniai

EDF (ekvivalentas *Horizon Europe* gynybos srityje) teikiamos finansavimo galimybės

EDF – tai pagrindinė Europos Sąjungos finansavimo priemonė, skirta skatinti gynybos srities mokslinius tyrimus, technologinę plėtrą ir bendradarbiavimą tarp valstybių narių. Naudojantis EDF finansavimu yra siekiama padėti šalims efektyviau naudoti išteklius, mažinti tyrimų dubliavimą ir koordinuoti nacionalines iniciatyvas su bendrais Europos prioritetais. Lietuvos kontekste EDF yra svarbus mokslinių tyrimų finansavimo šaltinis, kuriuo gali pasinaudoti mokslininkai, siekiantys finansavimo aukštos pridėtinės vertės projektams, tačiau tam būtina aiški nacionalinių tyrimų prioritetų sąsaja su EDF temomis, gebėjimas burti tarptautinius konsorciumus ir turėti institucinį pasirėmimą dalyvauti konkursiniuose kvietimuose. Lietuvoje yra sėkmės pavyzdžių – mokslininkai dalyvauja EDF projektuose, kuriuose vykdomi dronų ir stacionarių sistemų integracijos bei geografinių duomenų taikymo tyrimai (EDF-2024-DA-GROUND-AIFV AURIGA, EDF-2023-DA MARTE, EDF-2022-DA LATACC, EDF-2021-GROUND-D-2 COMMANDS kvietimuose). Vis tik mokslininkų įsitraukimą riboja keli veiksniai: sudėtingi konsorciumų reikalavimai ir didelė konkurencija su didesnėmis Europos gynybos pramonės šalimis, administracinė paraiškų rengimo našta, nacionalinių prioritetų ir EDF temų nesuderinamumas, saugumo klasifikavimo barjerai. Todėl didelio proveržio pasitelkiant vien tik šią finansavimo priemonę sunku tikėtis, kol nebus sukurta tvari gynybos inovacijų ekosistema, paremta pradinio finansavimo (angl. *pump-priming*) principu, kuri skatintų dvejopos paskirties technologijų sektorių, kas padėtų efektyviau naudotis būsimomis EDF finansavimo galimybėmis.

NATO teikiamos finansavimo galimybės

NATO vyriausiojo mokslininko stipendijų programa (angl. *NATO Chief Scientist Grants Programme*) – tai sąlyginai naujas (nuo 2024 m. spalio mėn.) finansavimo mechanizmas, skirtas skatinti aukšto lygio tarptautinius mokslinius tyrimus, stiprinančius Alianso atsparumą ir technologinį pranašumą. Programa numato 25–100 tūkst. eurų dydžio paramą projektams, orientuotiems į atgrasymo ir gynybos stiprinimą, besiformuojančių ir trikdančių technologijų plėtrą, technologijų atsparumo didinimą ir saugumo prognozių kūrimą. Parama teikiama NATO šalių tyrėjams, siūlantiesiems novatoriškus sprendimus, galinčius turėti apčiuopiamą poveikį saugumo stiprinimui. Programos prioritetai sutelkti į globalius iššūkius – technologinę pažangą, informacinį saugumą ir visuomenės atsparumo didinimą. Šios kryptys yra itin svarbios Lietuvai, siekiančiai įgyvendinti nacionaliniuose dokumentuose įtvirtintus tikslus, tačiau kartu programa yra labiau orientuota į globalius iššūkius, nei specifinius klausimus, aktualius Lietuvai.

NATO programa „Mokslas taikai ir saugumui“ (angl. *NATO Science for Peace and Security (SPS) Programme*) – tai tarptautinis finansavimo mechanizmas, skirtas skatinti mokslinių tyrimų ir inovacijų plėtrą, prisidedančią prie saugumo stiprinimo ir Alianso atsparumo didinimo. Programa remia bendrus NATO šalių narių ir partnerių projektus kibernetinio saugumo, hibridinių grėsmių, aplinkosaugos, energetinio saugumo, pažangių technologijų bei gynybos inovacijų srityse. Parama teikiama mokslinių tyrimų iniciatyvoms, mokymams ir bendriems renginiams, apimantiems visą tyrimų ciklą – nuo idėjos iki praktinio pritaikymo. Dalyvavimas šioje programoje reikalauja tarptautinio bendradarbiavimo, kaip vieną iš sėkmingo dalyvavimo atvejų galima paminėti FMTC kartu su Ukrainos institucijomis įgyvendinamą tyrimą (Project SPS G6002 - 3D Metamaterials for Energy Harvesting and Electromagnetic Sensing).

NATO Mokslo ir technologijų organizacijos (STO) iniciatyvos. Svarbu iš karto paminėti, kad organizacija veikia „mokslininkų klubo“ principu, telkdama mokslininkus į grupes pagal tyrimų tematikas, finansavimas iš NATO STO yra labai ribotas. Iniciatyva yra skirta mokslininkams, norintiems bendradarbiauti gynybos mokslinių tyrimų srityje, teikianti platformą inovacijoms, įrodymais pagrįstiems patarimams ir tinklų kūrimui. Mokslininkams tai suteikia galimybių bendradarbiauti per technines komisijas, mokslinių tyrimų programas, taip pat gauti stipendijas ir dalyvauti renginiuose, skirtuose mokslininkams karjeros pradžioje. Apibendrinat – tai labai plati ir labai ribotas finansinės galimybės siūlanti programa, kuri gali tik labai nedidele apimtimi atliepti Lietuvos gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavimo poreikį.

Europos kosmoso agentūros (ESA) teikiamos finansavimo galimybės

ESA teikia finansavimą per programą Requesting Party Activities (RPA) ir apima visus technologinės brandos lygius (TRL 1–8). Ši programa finansuoja tiek fundamentinius tyrimus (TRL 1–3), tiek mokslinius tyrimus ir plėtrą, susijusius su skrydžiais bei antžeminiais segmentais (TRL 3–5), taip pat kosmoso paslaugų kūrimą (*downstream applications*, TRL 6–8). Pagrindinis dėmesys skiriamas produktams ir paslaugoms, turintiems potencialą būti panaudotiems būsimose ESA ar komercinėse misijose, kurti kosmoso sektoriui. Tai apima įrangos kūrimą (pvz., ryšių antžeminių sistemų ar kosminių mokslo prietaisų) ir gamybos procesų optimizavimą, siekiant padidinti technologinį ir gamybinį pasirengimo lygį.

Taigi, nors ESA RPA finansavimas apima platų technologijų parengties lygį (TRL), tyrimų tematikos pagrindas išlieka kosmoso misijų ir su jomis susijusių technologijų plėtra, todėl pasinaudojimas šiuo finansavimo šaltiniu yra tik labai dalinis, atliepiant Lietuvos gynybos tyrimų poreikį ir potencialą.

5.3. Apibendrinimas

Paskirtinės programos gynybos reikmėms poreikį lemia ir tai, kad esamos nacionalinės priemonės daugiausia orientuotos į atskirus inovacijų ar technologijų kūrimo etapus, bet nesudaro sąlygų kryptingai finansuoti taikamuosius tyrimus, kurie sudaro tvarią žinių ir technologijų bazę. Esamos priemonės padeda stiprinti eksperimentavimą, prototipavimą ir testavimą, tačiau jos neveikia kaip sisteminė tyrimų grandinės dalis. Tarptautinės programos, tokios kaip EDF, ESA ir kt., reikalauja aukšto pasirengimo lygio, brandžių konsorcių ir nacionalinių prioritetų suderinimo su ES kryptimis. Todėl būtina kurti nacionalinę gynybos tyrimų programą, kuri skatintų ilgalaikį, tyrimais grįstą potencialo vystymą, apimtų įvairias mokslo sritis ir leistų išnaudoti esamą Lietuvos kompetencijų potencialą. Tokia programa ne tik papildytų tarptautines finansavimo galimybes, bet ir užtikrintų, kad nacionaliniai taikomieji tyrimai kurtų ilgalaikę pridėtinę vertę, stiprintų šalies atsparumą bei gebėjimą savarankiškai kurti gynybos srities inovacijas.

Svarbu pažymėti, kad tyrimams gynybos reikmėms gali būti taikomi *papildomi* informacijos saugos, dalyvių *patikimumo reikalavimai* ar keliami papildomi tyrimų etikos klausimai. Atitinkamai reikalinga tyrimų programa, kurioje *iš anksto pareiškėjams* būtų keliami šie klausimai, nustatomi aiškūs mechanizmai, leidžiantys suderinti mokslinių tyrimų rezultatus su gynybos sektoriaus poreikiais. Tokia programa leistų kurti patikimą ir saugią tyrimų aplinką, užtikrinančią, kad moksliniai rezultatai galėtų būti praktiškai pritaikomi gynybos reikmėms, kartu išlaikant aukštus akademinės kokybės, etikos ir atsakomybės standartus.

Be to, tokios mokslinių tyrimų programos projektų finansavimo sąlygos turėtų būti *patrauklios*, skatinančios mokslininkus teikti paraiškas ir dalyvauti gynybos paskirties projektuose, įsitraukti į nacionalinius ir tarptautinius gynybos paskirties tyrėjų tinklus. Įsitraukimas į gynybos paskirties mokslinius tyrimus mokslininkams gali būti mažiau patrauklus ilgalaikiai mokslininko karjerai dėl publikavimo ribojimų, atsirandančių dėl saugumo ar slaptumo reikalavimų, kai dalis tyrimų rezultatų negali būti viešai publikuojami arba publikuojami tik ribota apimtimi. Programos patrauklumas turėtų atsverti galimus iššūkius, su kuriais susiduria tyrėjai, įsitraukdami į gynybos tematikos tyrimus. Programos patrauklumą didintų tokie elementai, kaip tarptautinio bendradarbiavimo skatinimas bei priemonės, leidžiančios tyrėjams užtikrinti mokslinių rezultatų pripažinimą akademinėje bendruomenėje, net jei jų viešinimas yra ribotas.

Gynybos paskirties mokslinių tyrimų programa galėtų iš esmės spręsti paminėtus iššūkius, nes dabartinės mokslinių tyrimų finansavimo priemonės, nors ir formaliai atviros gynybos tematikai, nesuteikia pakankamų paskatų tyrėjams įsitraukti į šią sritį. Specializuota programa sudarytų sąlygas kryptingai skatinti naujų gynybos paskirties sprendimų kūrimą, stiprinti Lietuvos konkurencingumą Europos ir NATO gynybos tyrimų erdvėje ir užtikrinti, kad būtų kuriama tvari ekosistema, leidžianti efektyviai perduoti mokslo žinias ir technologijas gynybos sektoriui.

Paskirtinės mokslinių tyrimų programos kūrimo ir įgyvendinimo gairės

6.1. Programos tikslo, uždavinių, struktūros gairės

Lietuvos mokslo tarybos paskirtinių programų rengimo ir įgyvendinimo tvarkos aprašas apibrėžia paskirtinę programą kaip tokią, „kuria sprendžiama Lietuvos valstybei ir visuomenei svarbi problema, darysianti poveikį šalies ir (ar) mokslo raidai, ir kurios tikslai gali apimti naujų mokslo žinių ir intelektinių produktų, naujos mokslinių tyrimų infrastruktūros sukūrimą, tyrėjų kompetencijos didinimą, mokslo ir verslo, taip pat tarptautinio bendradarbiavimo stiprinimą“ (Lietuvos mokslo taryba, 2023). Atitinkamai formuojant gynybos paskirtinės mokslinių tyrimų Lietuvoje programos *tikslą ir uždavinius* tikslinga būtų akcentuoti ne tik numatomus mokslo rezultatus, bet ir MTEP ekosistemos kompetencijų stiprinimą gynybos srityje. Toks programos rezultatas ilguoju laikotarpiu užtikrintų šalies technologinį pranašumą prieš potencialius priešininkus, o krizės ar karo atveju – greitą ir efektyvų mokslininkų įsitraukimą į gynybos poreikiams aktualių technologinių sprendimų kūrimą, testavimą ir pritaikymą, kaip tai demonstruoja Ukrainos patirtis mobilizuojant civilinį mokslinį potencialą karinės gynybos stiprinimui.

Programos **uždaviniai** turėtų atliepti šiuos *keturis* identifikuotus iššūkius ir numatytus sprendimus:

1. Iki šiol valstybės parama gynybos srities moksliniams tyrimams ir eksperimentinei plėtrai buvo orientuota į pažangias technologijas, skirtas tiesiogiai stiprinti gynybinius pajėgumus, tačiau neapėmė taikomųjų mokslinių tyrimų. Be to, nėra priemonių, kurios skatintų mokslo ir studijų institucijas įsitraukti į gynybos technologijų kūrimą nuo pirmojo mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros etapo. Vykdamas ilgalaikius mokslinius tyrimus gynybos srityje nuo pat pradžių būtų didesnė tikimybė, kad jie geriau atlieps nacionalinių gynybos technologinių pajėgumų poreikį. Išskyrėme *šešias kritinių technologijų sritis*, kurios yra svarbios Lietuvos materialiujų gynybos pajėgumų plėtojimui ir turi mokslinių tyrimų potencialą: **oro erdvės sistemos** (angl. *Air*), **raketos, reaktyvinės traukos platformos ir šaudmenys** (angl. *Missiles & Munitions*), **medžiagos** (angl. *Materials*), **informacinės ir ryšio technologijos bei kibernetinis saugumas** (angl. *Information, Cyber R&T*), **antžeminės sistemos** (angl. *Land*), **Komponentai** (angl. *Components*) (plačiau apie šias sritis 3 skyriaus apibendrinime). Siekiant proveržio šiose srityse, tyrimai turėtų būti įgyvendinami ilgo laikotarpio (iki 4 m.) projektuose. Kitos tyrimų sritys taip pat aktualios ne tik **fizinių**, bet ir **konceptualiųjų** bei **moralinių pajėgumų** plėtojimui. Galimos tyrimų temos pagal sritis pateiktos 3 skyriaus apibendrinime.
2. Nepakankamai ugdomos tyrėjų kompetencijos gynybos srityje. Mokslo bendruomenės dalyvavimas gynyboje, užtikrinantis tiekimo grandinių saugumą geografinės izoliacijos atveju, yra gyvybinis Lietuvos saugumo interesas. Nacionaliniam saugumui užtikrinti svarbu turėti vietinių išteklių ir kompetencijų kurti kritines technologijas, nes sutrikus ar nutrūkus tiekimui geografinės izoliacijos atveju Lietuvos valstybė taptų priklausoma nuo to, kiek mokslo institucijos ir pramonė yra integruota į gynybos sritį. Mokslininkai vengia domėtis gynybos sritimi iš dalies dėl nežinojimo, iš dalies dėl nepatrauklumo, nes dėl ribotos galimybės viešinti gautus tyrimų rezultatus yra ribojamos ir galimybės publikuoti mokslinius straipsnius. Todėl būtina ugdyti mokslininkų ir tyrėjų kompetencijas gynybos srityje, įtraukti studentus, skatinti pritaikyti savo žinias gynybos reikmėms. Paskirtinė programa turėtų paskatinti mokslininkus įsitraukti į gynybos srities mokslinius tyrimus ir eksperimentinę plėtrą.

Remiantis atlikta gynybos paskirties mokslo poreikio ir potencialo Lietuvoje analize, išskyrėme taikomųjų tyrimų projektų tematikas, suskirstydami jas remdamiesi EDA CapTech taksonomija (6.1.1 lentelė). Šios prioritetinės tematikos galėtų pasitarnauti tiek kuriant paskirtinę studijų programą, tiek ir vėliau – formuojant programos kvietimus.

3. Būtina skatinti mokslo ir studijų institucijų partnerystę su Lietuvos kariuomene, gynybos pramone bei plėtoti tarptautinį bendradarbiavimą gynybos srityje. Gynybos sektoriuje dažnai trūksta tarpinės grandies tarp taikomųjų tyrimų ir praktinio pritaikymo – reikia papildomų tyrimų idėjų patikrinimui, technologijų ankstyvajam validavimui bei greitam mokslo žinių perteikimui į praktinius sprendimus, atliepančius kariuomenės operacinius poreikius. Be to, nacionalinė gynybos ekosistema susiduria su iššūkiu, kaip užtikrinti kitų sektorių ir visuomenės įsitraukimą, jų atsparumą hibridinėms bei technologinėms grėsmėms, o tai reikalauja nuoseklių socialinių ir humanitarinių mokslų tyrimų.
4. Ribotas Lietuvos mokslininkų įsitraukimas į tarptautines gynybos mokslinių tyrimų programas mažina jų galimybes dalyvauti didesniuose tarptautiniuose konsorciuose, riboja prieigą prie kritinių technologijų kūrimo ir stabdo šalies technologinės nepriklausomybės stiprinimą. Todėl paskirtinės programos tiksluose turėtų atsispindėti siekis didelės Lietuvos mokslininkų integracijos į tarptautinius gynybos paskirties mokslinių tyrimų tinklus. Šiam uždaviniui įgyvendinti siūlome projektų tematikų prioritetus.

6.2. Finansavimo modeliai ir finansuoti projektų tipai

Programą siūloma įgyvendinti taikant **du finansavimo modelius**.

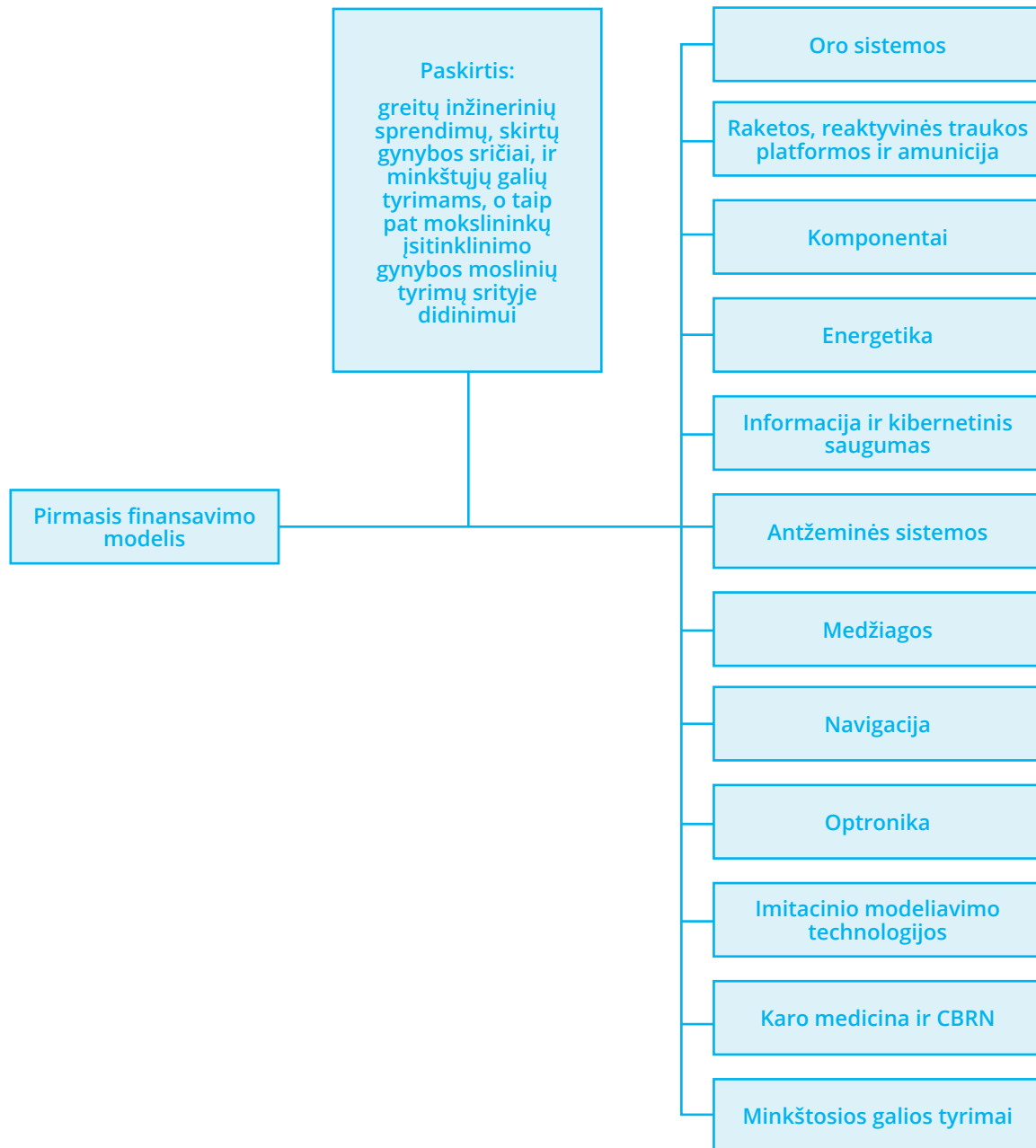
Pirmasis modelis būtų skirtas tyrimams, pvz., greitų inžinerinių sprendimų, skirtų gynybos sričiai, ir minkštųjų galių tyrimams, taip pat mokslininkų įsitinklinimo gynybos mokslų tyrimų srityje didinimui. Jis apimtų visas gynybai aktualias sritis (6.2.1 pav.) Įvertinę mokslinį potencialą pirmuoju kvietimu siūlome finansuoti 20 tokių projektų per metus. Šių projektų trukmė – iki 2 m. Projektui skiriamas finansavimas – iki 200 tūkst. Eur, kai projekte numatomi medžiagų, įrangos ir kt. įsigijimai, ir iki 100 tūkst. Eur, kai tokių pirkimų projekto įgyvendinimui nereikia.

Finansavimas galėtų būti skiriamas tokioms veikloms:

– „*Galimybių studijos*“ tipo projektams. Remiantis gerąja praktika gynybos paskirties mokslinių tyrimų finansavime (ESA, NATO bei užsienio šalių praktika) siūlome finansuoti vadinamuosius studijų tipo projektus, skirtus idėjoms patikrinti, koncepcijoms išbandyti ar technologijų ankstyvajam validavimui. Tokio tipo projektai leistų pasiruošti dalyvauti didesniuose tarptautiniuose kvietimuose (pvz., EDF, ESA ir NATO mokslinių projektų kvietimuose). Tokio tipo projektuose gali būti testuojama, ar technologija ar kita idėja turi potencialo, ar sprendimas veiks planuojamame kontekste, taip pat gali būti parengiami modeliai, prototipai ar maketai. Tokio projekto **laukiama produkcija** – koncepcijos patikrinimo rezultatų ataskaita.

– *Greitų inžinerinių sprendimų tyrimai*. Gynybos sektoriuje itin svarbu gebėti operatyviai transformuoti mokslo žinias į praktinius sprendimus įtraukiant galutinį vartotoją (pvz., kariuomenę ar gynybos pramonės įmones) ir tyrimais atliepiančiais operacinius poreikius, eksploatacines sąlygas ir (ar) technologinius prioritetus. Šio tipo projektams keliama sąlyga – aiškiai identifikuotas ir dokumentuotas potencialaus vartotojo poreikis. Tokio projekto **laukiama produkcija** – konkretūs rezultatai, pvz., prototipas, technologinis demonstratorius ar eksperimentinis modelis, kurie gali būti tiesiogiai integruojami į tolesnius nacionalinius ar tarptautinius gynybos tyrimų ir plėtros etapus.

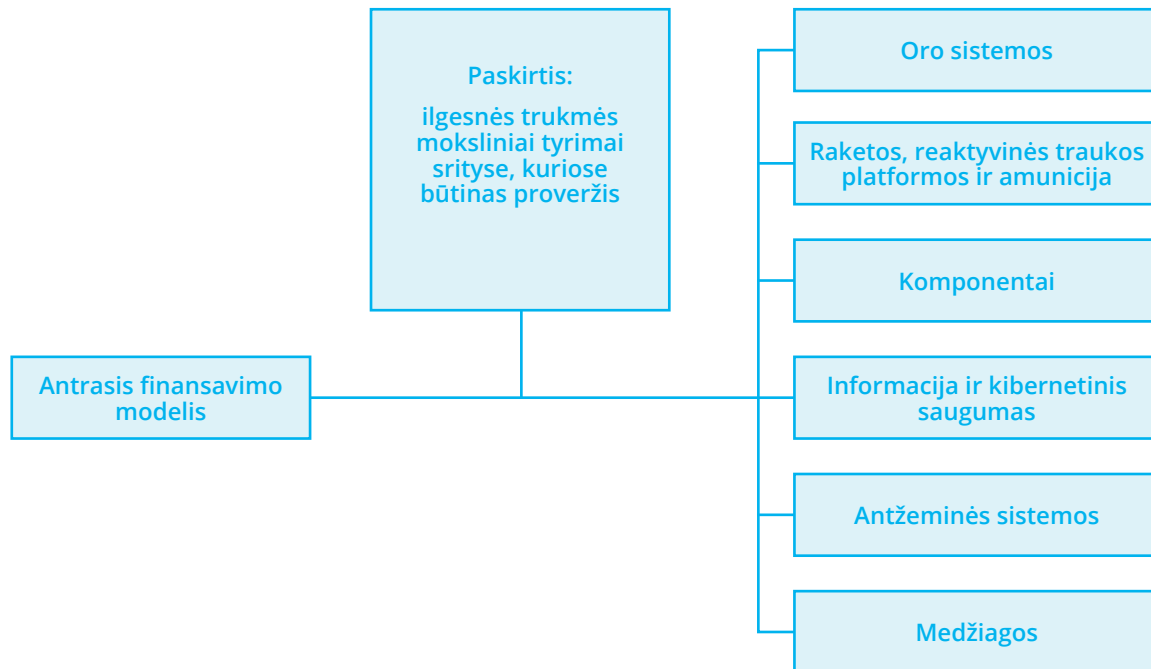
– *Minkštųjų gynybos galių stiprinimo tyrimams*. Šie taikomųjų tyrimų projektai būtų skirti moksliniais tyrimais pagrįstiems sprendimams kurti, stiprinant gynybos ekosistemą, visuomenės ir karių atsparumą bei gynybos institucijų veiksmingumą. Tyrimai apimtų dirbtinio intelekto poveikio gynybos politikai, valdymui ir taktikoms analizę; kognityvinio karo grėsmių bei atsparumo stiprinimo metodų kūrimą; visuomenės pasirengimo gynybai tyrimus; hibridinių grėsmių ir ankstyvojo perspėjimo modelių plėtrą; kariuomenės personalo valdymo, lyderystės ir organizacinės kultūros pokyčių studijas; naujos kartos karių mokymo, treniravimo, karo žaidimų simuliacijų kūrimą. Tokio projekto **laukiama mokslo produkcija** – mokslo publikacijos, analitinės ataskaitos, politikos trumpraščiai, metodikos ir modeliai, scenarijai ir imitacinio modeliavimo technologijos, duomenų bazės ir kt.



6.2.1 pav. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų sritys, kurias siūloma finansuoti pasitelkiant pirmąjį finansavimo modelį

– *Lietuvos mokslininkų tarptautinės tinklaveikos gynybos srityje skatinimui.* Lietuvos mokslininkų tarptautinės tinklaveikos gynybos srityje skatinimui tarptautinė partnerystė yra svarbi gynybos MTEP srityje, nes daugelis didesnių projektų (pvz., EDF, NATO, ESA) yra tarpvalstybiniai. Finansuojami projektai apimtų tokias veiklas: stažuotės pagrindiniuose tarptautiniuose gynybos tyrimų centruose, dalyvavimas tarptautinėse konferencijose ir darbo grupėse, bendrų seminarų ar mokymų organizavimas kartu su užsienio partneriais, taip pat jungimasis į konsorciumus, rengiant paraiškas EDF, NATO ar ESA kvietimams. Be to, šie projektai gali apimti arba būti skirti išimtinai numatomo projekto ekosistemai vystyti – tinklaveikai užmegzti, jauniems mokslininkams ir gynybos pramonės įmonėms įtraukti. Tokio projekto **laukiamas rezultatas** – mokslininkai, įtraukti į gynybos paskirties projektus (tarptautiniai projektai, STARTUP'ai gynybos pramonėje) ar tarptautinės gynybos paskirties mokslinių tyrimų grupes (įsitraukimas į ESA CapTech, NATO STO darbo grupes). Laukiama mokslo produkcija – bendri su partneriais mokslo straipsniai, pateikti tarptautiniai projektai gynybos reikmėms.

Antras modelis būtų skirtas **ilgesnės trukmės** mokslinių tyrimų gynybos reikmėms finansavimui (5 projektai per metus, trukmė 2–4 metai, 400–800 tūkst. Eur projektui) tose srityse, kuriose Lietuvos mokslas jau pasižymi stipriu potencialu, arba toms, kuriose identifikuotas būtinas proveržis. Šių tyrimų įgyvendinimas siejamas su investicijomis į tyrimų gynybos reikmėms infrastruktūrą bei proveržį aktualiose srityse, kurios buvo identifikuotos kaip prioritetinės atlikus analizę (6.2.2 pav.).



6.2.2 pav. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų sritys, kurias siūloma finansuoti pasitelkiant pirmąjį finansavimo modelį

Rengiant kiekvieną kvietimą (cikliška) turėtų būti pakartotinai atliekama gynybos tyrimų ir technologijų plėtros tendencijų analizė, įvertinamos numatomos proveržio kryptys, Lietuvos gynybos prioritetai. Finansuojami žemo technologinės brandos lygio projektai – iki 5 TRL imtinai, tačiau tyrimų projektas turi turėti aiškią mokslo žinių perdavimo į gynybos pramonę arba tiesiogiai kariuomenei perspektyvą ir praktinio pritaikomumo potencialą. Todėl į šių projektų įgyvendinimą privalo būti įtraukti gynybos sektoriaus atstovai – krašto apsaugos sistemos institucijos (įskaitant kariuomenę) ir (arba) gynybos pramonės įmonės. Jų įtraukimo formos gali būti įvairios ir nebūtinai apsiriboti tiesioginiu dalyvavimu atliekant tyrimus. Šio tipo projektuose gali būti numatytos doktorantūros studijų finansavimo ar kofinansavimo išlaidos, podoktorantūros tyrėjų finansavimas, taip pat stažuotės pagrindiniuose gynybos paskirties mokslinių tyrimų ir plėtros centruose. **Laukiamas mokslinis rezultatas** – aukšto lygio mokslinės publikacijos, patentinės paraiškos, prototipai, technologiniai maršrutai, apgintos disertacijos ir magistro darbai, taip pat parengtos bei pateiktos EDF paraiškos ir įgyvendinami projektai.

Pastarojo finansavimo tipo projektuose turėtų būti išskirtinai aktyviai valdoma rizika, kad projektas nepasieks numatytų rezultatų. Atitinkamai siūloma numatyti „go/no-go“ sprendimus įgyvendinant projektus – tai leistų įvertinti pažangą ir priimti sprendimą dėl projekto tęsimo ar stabdymo. Tokia praktika ypač svarbi gynybos tyrimų srityje, kur dalis idėjų gali nepasiteisinti dėl technologinių, saugumo ar etinių priežasčių (pvz., negautas leidimas atlikti eksperimentą dėl klasifikuotos informacijos ar infrastruktūros apribojimų).

Programos trukmė ir įgyvendinimo etapai. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų programą siūlome pradėti 2026 m. Tai turėtų būti ilgalaikė 2026–2031 m. (penkerių metų programa) su galimybe ją pratęsti, kurioje kasmet būtų organizuojama po vieną kvietimą teikti projektų paraiškas. Toks modelis užtikrintų nuoseklų programos įgyvendinimą ir sudarytų galimybes tinkamai finansuoti ilgos ir trumpos trukmės tyrimus (6.2.1 ir 6.2.2 lentelės).

6.1 lentelė. Rekomenduojamas trumpos ir vidutinės trukmės (iki 2 m.) projektų įgyvendinimo grafikas pagal pirmąjį finansavimo modelį

Kvietimas	Metai	Projektų pradžia	Projektų pabaiga
1 kvietimas	2026 m. I pusr.	2026 m. II pusr.	2028 m. I pusr.
2 kvietimas	2026 m. II pusr.	2027 m. I pusr.	2028 m. II pusr.
3 kvietimas	2027 m. II pusr.	2028 m. I pusr.	2029 m. II pusr.
4 kvietimas	2028 m. II pusr.	2029 m. I pusr.	2030 m. II pusr.
5 kvietimas	2029 m. II pusr.	2029 m. I pusr.	2031 m. II pusr.

6.2 lentelė. Rekomenduojamas ilgalaikės trukmės (iki 4 m.) projektų įgyvendinimo grafikas pagal antrąjį finansavimo modelį

Kvietimas	Metai	Projektų pradžia	Projektų pabaiga
1 kvietimas	2026 m. I pusr.	2026 m. II pusr.	2030 m. I pusr.
2 kvietimas	2026 m. II pusr.	2027 m. I pusr.	2030 m. II pusr.
3 kvietimas	2027 m. II pusr.	2028 m. I pusr.	2031 m. II pusr.

Tyrimai, kuriems įvykdyti pagrįstai reikia ilgo laikotarpio, būtų įgyvendinami iki 4 metų trukmės projektuose, kiti – iki 2 metų trukmės. Tyrimams, kuriais tikimasi esminio proveržio (pvz., naujų technologijų kūrimas, metodologijų išbandymas), reikia ilgesnio laiko. Tikimasi, kad ketverių metų trukmė projektuose leis pasiekti brandžius rezultatus, o ne tik tarpinį etapą. Trumpesnio laikotarpio projektai, orientuoti į praktinį pritaikymą (pvz., prototipo sukūrimą, koncepcijos patikrinimą) ir įgalinantys duomenimis pagrįstus (angl. *evidence-based*) sprendimus politikos ir valdymo srityje, gali būti finansuojami lygiagrečiai su taikomaisiais tyrimais. Tokiu būdu programa tampa lanksti ir atvira tiek tyrimams, nukreiptiems į proveržio technologijas, tiek kitiems taikomiesiems tyrimams ir turi potencialą kurti mokslo žinias, technologinius sprendimus bei socialines inovacijas, kurie stiprintų valstybės gynybinį pajėgumą. Po kiekvieno kvietimo paraiškos būtų vertinamos pagal nustatytus kokybės ir aktualumo kriterijus. Be to, turėtų būti numatyti tarpiniai projektų rezultatų vertinimai, užtikrinantys, kad programos tikslai būtų įgyvendinti efektyviai ir laiku. Programos tarpinį vertinimą siūloma atlikti 2030 m., o baigiamąjį – 2032 m. Tarpinio vertinimo metu reikėtų įvertinti tolesnio ilgojo laikotarpio projektų tyrimų finansavimo efektyvumą ir tolesnį tokių tyrimų poreikį.

Programai įgyvendinti 2026–2031 m. reikėtų skirti **27,5 mln. eurų**. Išankstinis lėšų paskirstymas pamečiui: 2026 m. (nuo II ketvirčio) – 1,25 mln. eurų, 2027 m. – 5 mln. eurų, 2028 m. – 6,75 mln. eurų, 2029 m. – 6 mln. eurų, 2030 m. – 6 mln. eurų ir 2031 m. – 2,5 mln. eurų.

Pasibaigus pirmajam finansavimo etapui, siūlytina keisti šios programos statusą į ilgalaikę institucinę MTEP programą, taip užtikrinant prioritetinių gynybai aktualių mokslinių tyrimų kryptį ilgalaikį finansavimą valstybėje.

6.3. Galimi programos projektų paraiškų vertinimo kriterijai

Siūlome tokius **projektų paraiškų vertinimo kriterijus**:

- mokslinių tyrimų naujumas, sprendžiamos problemos aktualumas plėtojant šalies gynybinį potencialą, tyrimų perspektyvos kuriant žinias gynybos srityje, technologijas ir inovacijas, užtikrinančias technologinį pranašumą bei atsparumą hibridinėms grėsmėms;
- projekto įgyvendinamumas, planuojamų rezultatų pagrįstumas ir pasiekiamumas, tyrėjų bei partnerių kompetencijų atitikties projekto tikslams, kariuomenės ar gynybos pramonės, kaip galutinių vartotojų, įtraukimas, efektyvi sąveika su nacionaliniais ir tarptautiniais partneriais, taip pat pasirengimas valdyti rizikas, būdingas gynybos paskirties moksliniuose tyrimuose;
- numatomas projekto rezultatų poveikis nacionaliniame ir tarptautiniame kontekste: mokslinių tyrimų tęstinumo ir praktinio pritaikymo galimybės, tikėtina įtaka gynybos pajėgumų stiprinimui, sprendimų priėmimo kokybei bei inovacijų diegimui gynybos srityje.
- mokslo ir studijų integralumas – jaunųjų tyrėjų ir studentų įtraukimas į projektą, jų kompetencijų ugdymas gynybos tyrimų srityje bei pirmosios mokslinės patirties kaupimas gynybai aktuliuose tyrimuose;
- projekto indėlis į tarptautinį bendradarbiavimą gynybos MTEP srityje, įskaitant dalyvavimą tarptautiniuose konsorciuose, NATO, ES ar ESA programose.

6.4. Numatoma potenciali pridėtinė programos vertė

Programos įgyvendinimo laikotarpiu galės būti pasiekti šie rezultatai, **kuriantys pridėtinę vertę**:

- bus sukurta ir išbandyta reikšminga dalis naujų idėjų, koncepcijų bei ankstyvosios stadijos technologijų prototipų, kurie sudarys sąlygas dalyvauti tarptautiniuose gynybos mokslinių tyrimų kvietimuose (EDF, NATO, ESA). Taip pat bus parengtos galimybių studijos ir koncepcijų patikrinimo ataskaitos;
- bus pasiūlyti greiti technologiniai sprendimai – eksperimentiniai modeliai ir prototipai, galintys būti integruojami į tolesnius nacionalinius bei tarptautinius tyrimų ir plėtros etapus, stiprinant gynybos pramonės inovatyvumą ir Lietuvos kariuomenės pajėgumus;
- bus parengti moksliniais tyrimais grįsti sprendimai, skirti minkštosioms gynybos galioms stiprinti: metodikos, analitinės ataskaitos, politikos rekomendacijos, scenarijai, imitacinio modeliavimo technologijos ir duomenų bazės, kurie bus taikomi gynybos planavimui, personalo valdymui, visuomenės pasirengimo gynybai didinimui;
- padidės Lietuvos mokslininkų tarptautinis matomumas ir įsitraukimas į NATO, ESA ir EDF projektus ir darbo grupes. Bus parengti bendri projektai, moksliniai straipsniai, sustiprės jaunųjų tyrėjų ir gynybos pramonės atstovų įtrauktis į tarptautinių konsorcių veiklas;
- sustiprės taikomųjų tyrimų potencialas gynybos srityje. Bus paskelbta aukšto lygio mokslinių publikacijų, pateikta patentų paraiškų, sukurti technologiniai maršrutai, bus pagrįstos disertacijų temos, apginti magistrų darbai, taip pat parengtos EDF paraiškos;
- padidės Lietuvos mokslo ir studijų institucijų kompetencija gynybos MTEP srityje. Bus įtraukti jaunesni tyrėjai, doktorantai ir podoktorantai įgis naujų žinių bei patirties stažuotėse tarptautiniuose gynybos tyrimų centruose;
- programos rezultatai turės tiesioginę praktinę vertę Lietuvos gynybos ekosistemoje – sukurtos žinios, technologijos ir metodikos bus integruojamos į kariuomenės veiklos procesus, nacionalinius gynybos planus ir gynybos pramonės produktų vystymą.

6.5. Teisės ir etikos rekomendacijos, finansuojant gynybos mokslinius tyrimus

Gynybos mokslinių tyrimų atitiktis teisės ir etikos normoms užtikrinimas šalia pagrindinių etikos principų taikymo, tokių kaip dalyvių anonimiškumo, informavimo, mokslinių tyrimų ir jų rezultatų keliamos rizikos ir žalos mažinimo, apima ir tokius klausimus: mokslinių tyrimų rezultatų panaudojimo masinio naikinimo ar kitiems destruktiviems tikslams prevenciją, jautrios informacijos apsaugą ir klasifikavimą, dvigubo panaudojimo rezultatų rizikos vertinimą, mokslinių duomenų saugojimo bei dalijimosi reguliavimą, tarptautinės humanitarinės teisės reikalavimų laikymąsi. Dėl riboto tyrimų rezultatų prieinamumo, išauga rizika, kad moksliniai duomenys bus interpretuojami selektyviai, o tai gali ne tik iškreipti mokslo paskirtį, bet ir pakenkti visuomenės pasitikėjimui mokslo rezultatais bei gynybos sektoriaus skaidrumui.

Prieš skiriant finansavimą gynybos tyrimų projektuose reikėtų:

Užtikrinti nepriklausomą etikos ekspertų grupės vertinimą, garantuojant, kad finansuojami tyrimai atitiktų tarptautinės humanitarinės teisės, žmogaus teisių konvencijų ir ginklų neplatinimo susitarimų nuostatas.

Užtikrinti, kad projektus įgyvenančios institucijos (universitetai, mokslinių tyrimų institutai ar pan.) prireikus turėtų tyrimų duomenų saugojimo, prieigos, dalijimosi taisykles ir sistemas, kurios garantuotų, jog jautri informacija bus apsaugota. Projektą įgyvendinanti institucija turi palaikyti saugią tyrimų duomenų aplinką, o pagrindinis tyrėjas turi vykdyti kasdienę rizikų kontrolę ir laikytis nustatytų procedūrų.

Užtikrinti, kad projektus įgyvenančios institucijos turėtų aiškias etikos, dvigubo ir (ar) netinkamo mokslinių tyrimų panaudojimo klausimų nagrinėjimo procedūras. Šios procedūros turėtų apimti tokius klausimus: žmogaus teisių pažeidimo rizika, projekto partnerių patikimumo vertinimas, netinkamo rezultatų panaudojimo rizika, tyrimų svarba ir neatidėliotumas nacionaliniams, ES ir (ar) NATO gynybos prioritetams, tyrimo rezultatų panaudojimo kariniams tikslams laipsnio įvertinimas (tai gali būti ginkluotės tyrimai, gynybos įrenginių, medžiagų ar ginklų gamybos metodų tyrimai, tyrimai, palengvinantys ankstesnės kategorijos tyrimus, ir pan.), numatomas TRL lygis bei ginklų, jei moksliniai tyrimai prisideda prie ginklų kūrimo, poveikio civilių aukoms rizika (pvz., kibernetiniai ginklai laikomi mažiau problematiškais nei branduoliniai, biologiniai ar cheminiai ginklai) (KU Leuven, n.d.).

Teikiant paraišką finansavimui įpareigoti tyrėjus:

1. identifikuoti galimas rezultatų pritaikymo sritis, įtraukiant dvigubo panaudojimo scenarijus, ir pateikti nepageidaujamo pritaikymo rizikos mažinimo planą;
2. įvertinti, ar projekto metu gaunama informacija gali būti laikoma jautria (t. y. tokia, kurios atskleidimas galėtų kelti grėsmę nacionaliniam saugumui), ir parengti tokios informacijos valdymo planą;
3. numatyti kontrolinius taškus (angl. *go/no-go*) ir aiškius projekto sustabdymo ir finansavimo atšaukimo kriterijus, jei kyla etikos ar saugumo grėsmės;
4. apibrėžti rezultatų publikavimo ir sklaidos nuostatas (ar reikalinga išankstinė peržiūra, riba tarp atvirų ir riboto prieinamumo rezultatų); jei mokslinių rezultatų publikavimui taikomi aprovojimai, numatyti, kaip kitais būdais bus pasiektas tyrimų integralumas;
5. įvertinti tiekimo grandinės (jei prekės perkamos ne iš ES zonos) ir partnerių (jei tokie yra projekte) patikimumą (sankcijų, geopolitinių rizikų įvertinimas).

Šios ar panašios gairės galėtų sumažinti riziką, kad technologijų ir žinių panaudojimas piktavališkais ar neetiškais tikslais pažeis viešąjį interesą ir sukels grėsmę nacionaliniam saugumui. Atitinkamai tyrimų etikai, informacijos ir duomenų saugumui turi būti skiriamas tinkamas dėmesys.

6.6. Gynybos paskirties mokslinių tyrimų formaliojo vertinimo rekomendacijos

Toliau pateikiamos rekomendacijos, kurių įgyvendinimas paskatintų Lietuvos mokslininkus aktyviau dalyvauti gynybos paskirties mokslo tyrimų projektuose. Šios rekomendacijos yra bendro pobūdžio ir nėra sąlyga siūlomos paskirtinės programos įgyvendinimui. Rekomendacijos tik galėtų prisidėti prie didesnio mokslininkų susidomėjimo šia programa.

Mokslininkų įsitraukimą į gynybos reikmėms skirtus tyrimus daugiausia lemia universitetų ir mokslo institucijų mokslo politika, kuri šiose institucijose yra formuojama atsižvelgiant į mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) bei meno veiklos vertinimo tvarką (LMT įsakymas „Dėl Lietuvos universitetų ir mokslinių tyrimų institutų mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros, meno veiklos vertinimo procedūrų reglamento patvirtinimo“, 2021-09-09 Nr. 2021-19067). Siekiant paskatinti mokslininkus aktyviau įsitraukti į gynybos reikmėms skirtus tyrimus, svarbu ne tik projektų finansavimas, bet ir atitinkamas mokslo rezultatų ir produkcijos vertinimas. Šiuo metu galiojančioje vertinimo tvarkoje nenumatytas tinkamas tokių tyrimų įvertinimas, atsižvelgiant į šių tyrimų ir mokslinių rezultatų specifiką.

Toliau pateikiami siūlymai, kaip gynybos paskirties mokslinių tyrimų produkcija gali būti tinkamai įvertinama suteikiant tinkamą svorį formaliojo vertinimo tvarkoje:

1. Paplėsti vertinimo tvarkoje vertinimo kategorijas, įtraukiant atskirą *gynybos tyrimų kategoriją* tiek socialinių, tiek gamtos, technologijos, medicinos ir sveikatos, žemės ūkio mokslų MTEP darbų atitikties vertinime. Atsižvelgiant į tai, kad gynybos paskirties tyrimuose dažnai taikomi informacijos saugumo ir ribotos prieigos reikalavimai (angl. *security classification* arba *restricted dissemination*), vertinimo procese būtina numatyti alternatyvius mokslinių rezultatų pripažinimo kriterijus, kurie atspindėtų ne tik akademinę sklaidą, bet ir strateginę bei operacinę pridėtinę tyrimų vertę. Siūloma iš esmės keisti reglamento 44 punktą.
2. Įvertinus tai, kad gynybos tyrimų rezultatai gali būti ribotos prieigos, vertinant rezultatus, siūloma šalia tarptautinių publikacijų vertinti ir gynybos institucijoms parengtas konfidencialias ataskaitas, gynybos inovacijų prototipus, ekspertines rekomendacijas, priimtas NATO ar ES gynybos formatuose.
3. Papildyti reglamento dalį, kurioje nustatomas tarptautinių programų projektų pripažinimas mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros, meno darbais ir jų lėšų įskaitymas. Reglamento 4 priedas (Tarptautinių programų projektų pripažinimas mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros, meno darbais ir jų lėšų įskaitymas) turėtų būti papildytas:
 - a. įtraukiant EDF, NATO, ESA ir kitų tarptautinių gynybos paskirties mokslo finansavimo programų projektus ir prilyginti šiuos projektus Europos Sąjungos bendrųjų mokslinių tyrimų ir inovacijų programų projektams;
 - b. įtraukti gynybos paskirties mokslinių tyrimų projektus, finansuojamus LMT, ir prilyginti juos, pvz., Baltijos mokslinių tyrimų programai. Toks sprendimas yra būtinas, siekiant padidinti šių tyrimų patrauklumą, atsižvelgiant į jų strateginę reikšmę nacionaliniam saugumui bei saugumo apribojimus, kurie šiuo metu mažina tyrėjų motyvaciją įsitraukti į šią sritį.

Šie pakeitimai būtų reikšmingas žingsnis, kuris lemtų, kad mokslo institucijos matytų realias paskatas ir motyvaciją skatinti mokslininkus teikti gynybos srities tyrimų projektus.
4. Sukurti gynybos tyrimų duomenų bazę kaip „Vieversio“ plėtinį, kad mokslo institucijos galėtų žymėti projektus kaip „gynybos srities“ ir pateikti jų nacionalinę ar tarptautinę reikšmę.

Išvados

Lietuvoje egzistuoja tvirtas pagrindas gynybos paskirties mokslinių tyrimų plėtrai – veikia tyrėjų grupės universitetuose ir institutuose, kuriamos partnerystės tarp mokslo, verslo ir kariuomenės, vykdomi pavieniai tarptautiniai projektai, skirti gynybos technologijoms kurti ir testuoti.

Gynybos paskirties mokslinių tyrimų *poreikiai* apima materialius, conceptualius ir moralinius pajėgumų stiprinimo poreikius – nuo ekipuotės, energetikos, medžiagų, navigacijos ir simuliacijų technologijų iki žmogaus veiksmų, susijusių su visuomenės pasirengimu gynybai. Didžiausia Lietuvoje numatytų materialijų poreikių (kietosios galios) – gynybos pajėgumų stiprinimo – prioritetų dalis tenka ugnies galios raketinėms, reaktyvinės traukos platformų ir šaudmenų technologijoms (angl. „*Missiles & Munitions*“), tokioms kaip minosvaidžių sistemos, esminiai mūšio šaudmenys, prieštankinės sistemos. Taip pat ryškus oro erdvės sistemų (angl. *Air*), antžeminių sistemų (angl. *Land*) ir kibernetinio saugumo (angl. *Cyber R&T*) technologijų tyrimų poreikis. Tuo pat metu daugelis poreikio sąrašo pozicijų patenka į kelias technologijų grupes, o tai rodo jų technologinį multidomeniškumą ir tarpdisciplininių tyrimų poreikį.

Lietuvos universitetų ir mokslinių tyrimų institutų apklausos rezultatai rodo, kad visose gynybai aktuose srityse egzistuoja *mokslo potencialas*, tačiau jis išplėtotas nevienodai, o ryšys su gynybos sritimi nėra tolygus. Apklausos rezultatai rodo, kad tokios tyrimų sritys kaip informacinės technologijos, energetika, socialiniai ir humanitariniai mokslai nesunkiai siejami su gynyba arba platesniu saugumo kontekstu. Tuo tarpu kitose srityse atliekami tyrimai yra sunkiai siejami su gynyba. Tai atsispindi kietajai gynybos galiai stiprinti reikalinguose tyrimuose, t. y. tyrimai, reikalingi oro erdvės sistemų, optronikos, raketų ir reaktyvinės traukos sistemų, amunicijos, navigacijos, radarų bei simuliacijų technologijoms kurti. Tam yra ir kita priežastis – tyrimai gynybos reikmėms ilgą laiką nebuvo finansuojami. Lietuvoje nebuvo nei nacionalinio lygmens finansavimo mechanizmų, nei pramonės, kuri turėtų tokių tyrimų poreikį.

Esamą tyrimų gynybos reikmėms potencialą Lietuvoje sudaro:

- universitetuose ir mokslinių tyrimų institutuose veikia tyrėjų grupės, atliekančios su gynyba susijusius mokslinius darbus;
- nacionalinis mokslo potencialas yra plačiai išsidėstęs ir turi sąsajų su gynybos tyrimų kryptimi, vykdomi tyrimai apima visas Europos gynybos agentūros (EDA) nustatytas Capability Technology Groups (CapTech) sritis;
- kuriamos partnerystės tarp mokslo institucijų, verslo ir kariuomenės;
- tyrėjų grupės yra įsitraukusios į pavienius tarptautinius tyrimų projektus, skirtus gynybos technologijoms kurti ir testuoti.

Programos *patrauklumas* turėtų atsverti galimus iššūkius, su kuriais susiduria tyrėjai įsitraukdami į gynybos tematikos tyrimus. Įsitraukimas į gynybos paskirties mokslinius tyrimus mokslininkams gali būti mažiau patrauklus ilgalaikiai mokslininko karjerai dėl publikavimo ribojimų, atsirandančių dėl saugumo ar slaptumo reikalavimų, kai dalis tyrimų rezultatų negali būti viešai publikuojami arba publikuojami tik ribota apimtimi. Norint paskatinti mokslinius tyrimus gynybos reikmėms, būtina sudaryti palankesnę aplinką ir suteikti papildomų paskatų tyrėjams įsitraukti. Tai sietina su papildomu finansavimu ir jo lankstumu. Siūlomi *du finansavimo modeliai*. Pirmasis galėtų būti skirtas tyrimams, sąlyginai greitų inžinerinių sprendimų, skirtų gynybos sričiai, ir minkštųjų galių tyrimams, taip pat mokslininkų įsitinginimo gynybos mokslų tyrimų srityje didinimui. Pagal šį finansavimo modelį galėtų būti finansuojamos įvairios veiklos, tokios kaip „galimybių studijos“ tipo projektai, greitų inžinerinių sprendimų tyrimai, minkštųjų gynybos galių stiprinimo tyrimai ir veiklos, skirtos Lietuvos mokslininkų tarptautinės tinklaveikos gynybos srityje skatinimui. Antrasis finansavimo modelis galėtų būti skirtas ilgesnės trukmės mokslinių tyrimų gynybos reikmėms finansavimui tose srityse, kuriose Lietuvos mokslas jau pasižymi stipriu potencialu, arba toms, kuriose identifiikuotas būtinas proveržis.

Siekiant didinti gynybos paskirties mokslo tyrimų patrauklumą mokslininkams ir mokslo institucijoms bendrai (ne tik šios paskirtinės programos tikslu), galėtų būti atlikta *formaliojo mokslo vertinimo kriterijų peržiūra*. Šiuo metu galiojančioje vertinimo tvarkoje nenumatyta tinkamas gynybos paskirties mokslo tyrimų įvertinimas, atsižvelgiant į šių tyrimų ir mokslinių rezultatų specifiką. Esamos finansavimo priemonės, nors ir formaliai atviros gynybos tematikai, nesuteikia pakankamų paskatų tyrėjams įsitraukti į šią sritį ir neužtikrina koordinuotos tyrimų aplinkos.

Rekomendacija:

Atsižvelgiant į atliktos galimybių studijos rezultatus, ekspertų grupė rekomenduoja rengti paskirtinę mokslinių tyrimų programą, skirtą gynybos reikmėms. Ši programa būtų skirta:

- Didinti mokslo potencialą, kuriant mokslo žinias kritinių technologijų srityse, ypač tose, kuriose susiduriama su iššūkiais dėl priklausomybės nuo tiekimo grandinių;
- Skatinti mokslinius tyrimus, stiprinančius tyrėjų kompetenciją gynybos srityje, kartu sudarant sąlygas plėtoti tarpinstitucines ir tarptautines partnerystes NATO ir ES gynybos mokslinių tyrimų erdvėje;
- Skatinti mokslinius tyrimus, orientuotus į gynybos poreikių tenkinimą, karinės ir dvejopos paskirties inovatyvių produktų kūrimą bei žiniomis grįstų sprendimų priėmimą gynybos srityje, kartu stiprinant mokslo, kariuomenės ir gynybos pramonės sąveiką ir prisidedant prie nacionalinio saugumo stiprinimo.

Paskirtinė programa sudarytų prielaidas kurti tvarią gynybos paskirties mokslinių tyrimų sistemą, orientuotą į Lietuvos gynybinio pajėgumo stiprinimą.

Cituotų šaltinių sąrašas

- AeroSpace and Defence Industries Association of Europe. (2024). Facts & figures 2024. ASD Europe. <https://www.asd-europe.org/news-media/publications/asd-reports-publications/facts-figures-2024/>
- EDA. (2023). *OSRA technology building blocks*. European Defence Agency. <https://eda.europa.eu/docs/default-source/posters/28---osra-technology-building-blocks.pdf>
- EDA. (2023a). *Priority setting: Overarching Strategic Research Agenda & Capability Development Plan*. European Defence Agency. https://eda.europa.eu/what-we-do/research-technology/capability-technology-areas-%28captechs%29?utm_source=chatgpt.com
- EDA. (2023b). *EDA Defence Data 2023–2024*. European Defence Agency. https://eda.europa.eu/docs/default-source/brochures/eda---defence-data-23-24---web---final.pdf?utm_source=chatgpt.com
- EDA. (2024). *Long-Term Review: Strengthening EDA's role in European defence*. European Defence Agency. https://eda.europa.eu/who-we-are/Missionandfunctions?utm_source=chatgpt.com
- EDA. (n.d.). *Capability technology areas (CapTechs)*. European Defence Agency. [https://eda.europa.eu/what-we-do/research-technology/capability-technology-areas-\(captechs\)](https://eda.europa.eu/what-we-do/research-technology/capability-technology-areas-(captechs))
- European Commission. (2023). *Overarching Strategic Research Agenda (OSRA) 2023 update*. European Defence Agency. https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en
- Inovacijų agentūra. (2025a). Gynybos inovaciniai čekiai 2025. Prieiga: <https://inovacijuagentura.lt/finansavimo-kvietimai/gynybos-inovaciniai-cekiai-2025.html?lang=lt>
- Inovacijų agentūra. (2025b). Skatinti gynybos technologijų testavimą ir prototipavimą naudojantis MilTech Sandbox partnerių infrastruktūra. Gauta iš <https://inovacijuagentura.lt/finansavimo-kvietimai/skatinti-gynybos-technologiju-testavima-ir-prototipavima-naudojantis-miltech-sandbox-partneriu-infrastruktura.html?lang=lt>
- KU Leuven. (Prieiga 2025 rugsėjo 10). *Criteria and parameters of the EC DMM*. <https://research.kuleuven.be/en/integrity-ethics/ethics/committees/ecdmm/criteria-parameters>
- Lietuvos mokslo taryba, 2023. Dėl Lietuvos mokslo tarybos paskirtinių programų rengimo ir įgyvendinimo tvarkos aprašo patvirtinimo, V-405. TAR, 2023-07-20, Nr. 14912. Prieiga: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/4401642026fc11ee9de9e7e0fd363afc/asr>
- Lietuvos Respublikos ginkluotos gynybos ir pasipriešinimo agresijai įstatymas. (2000 m. liepos 17 d., Nr. VIII-1856). *Valstybės žinios*, 2000-07-29, Nr. 64-1918.
- Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2024). Dėl Lietuvos Respublikos gynybos ir saugumo pramonės įstatymo įgyvendinimo. 4-lug-2024 No. 2024-12542
- LRS. (2021). *Nacionalinio saugumo strategija*. Lietuvos Respublikos Seimas. 2002 m. gegužės 28 d. nutarimas Nr. IX-907
- LRS. (2024). *Gynybos ir saugumo pramonės įstatymas* (Nr. XIV-2647). TAR, 2024-05-30, Nr. 9685.
- NATO (2025a). *Science and Technology Trends 2025–2045* (Vol. 1). NATO Science and Technology Organization (STO). https://sto-trends.com/assets/briefing-papers/NATO_STO_Science_and_Technology_Trends_2025_2045_Volume_1_English.pdf
- NATO (2025b). *Science and Technology Trends 2025–2045* (Vol. 2). NATO Science and Technology Organization (STO).
- STRATA. (2024). *Sumani specializacija Lietuvoje: pirmoji pažangos ataskaita*. Valstybės pažangos strategijos analizės centras (STRATA). <https://strata.gov.lt/wp-content/uploads/2024/02/sumani-specializacija-pirmoji-ataskaita.pdf>



Vilnius, 2025