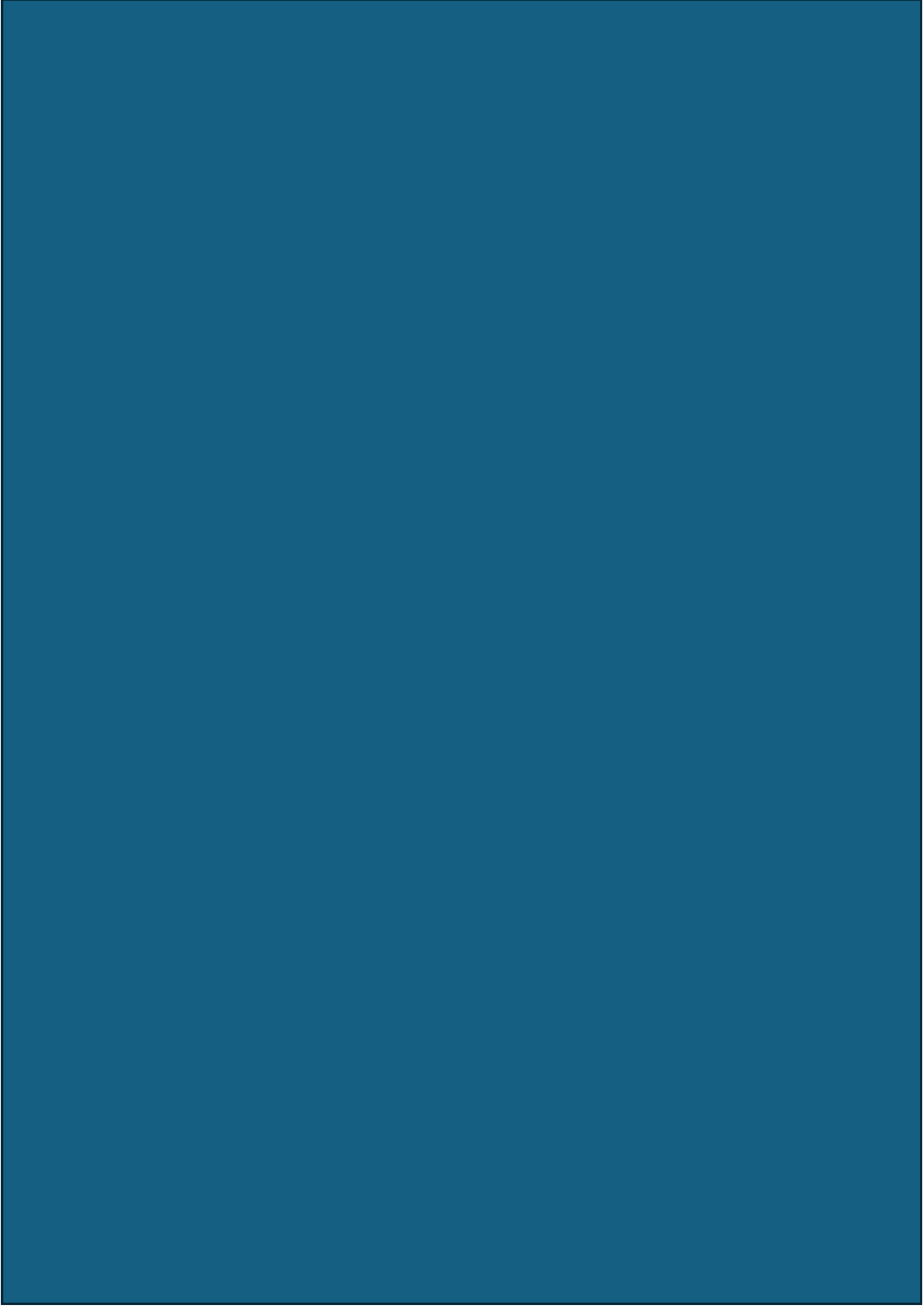




Bariery rozwoju technologii dual-use w Polsce

Piotr Lewandowski, Tomasz Pawłuszko, Adam Rosik



Bariery rozwoju technologii dual-use w Polsce

Diagnoza ekspercka ekosystemu innowacji obronnych

Autorzy:

dr Piotr Lewandowski,
dr hab. Tomasz Pawłuszko,
Adam Rosik

Redakcja merytoryczna:

dr Jarosław Kamiński,
Maria Nalewajko,
Krzysztof Sokołowski,
Weronika Wesołowska

Projekt graficzny okładki:

Adam Rosik

Skład:

Alicja Stępiak

Redakcja językowa:

Dorota Sokolik

Warszawa, kwiecień 2026 r.

Raport powstał na podstawie badań i analiz przeprowadzonych w ramach projektu „Suwerenność technologiczna – Punkt Kontaktowy UE”, finansowanego ze środków subwencyjnych na 2025 r. oraz przy współpracy z Bankiem Gospodarstwa Krajowego

Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii
ul. Żelazna 87, 00-879 Warszawa

ISBN 000-00-00000-00-0

DOI: 10.36735/QASD1838

ISBN 978-83-60561-39-3



Bariery rozwoju technologii dual-use w Polsce

Diagnoza ekspercka ekosystemu innowacji obronnych

Warszawa, kwiecień 2026

Spis treści



Executive summary	7
Wstęp	9
Metodologia	12
Metryczka badania eksperckiego.....	13
Znaczenie technologii dual-use w systemie bezpieczeństwa technologicznego	15
Dual-use jako instrument suwerenności technologicznej	17
Zdolność do autonomicznej produkcji i kontroli cyklu życia technologii	20
Analiza barier dla rozwoju	25
Barierę regulacyjne	25
Barierę operacyjne.....	33
Barierę finansowe	36
Barierę organizacyjne i instytucjonalne.....	44
Barierę technologiczne	53
Barierę społeczno-kulturowe	60
Wyniki badania eksperckiego	66
Podsumowanie i wnioski z całego badania	69
Rekomendacje	73
Wnioski końcowe i znaczenie raportu	76
Spis tabel i wykresów	77
O Autorach	79

Executive summary



Raport identyfikuje systemowe uwarunkowania ograniczające przechodzenie od finansowania badań i rozwoju do operacyjnych wdrożeń technologii o znaczeniu strategicznym w Polsce. Analiza wskazuje, że problem dotyczy przede wszystkim struktury mechanizmów państwa odpowiedzialnych za finansowanie, regulowanie i zamawianie rozwiązań (a nie niedoboru kompetencji technologicznych).

Wnioski:

- **Luka wdrożeniowa** dotyczy braku powiązania projektów B+R z planowaniem modernizacji Sił Zbrojnych oraz niedostatecznych mechanizmów przejścia od prototypu (TRL 5–6) do zamówień operacyjnych (TRL 8–9).
- **Rozproszenie kompetencyjne między instytucjami** finansującymi, regulacyjnymi i zamawiającymi generuje wysokie koszty koordynacyjne i wydłuża cykl wdrożeniowy.
- **Regulacje postrzegane są jako niespójne i nieadekwatne:**
39% ekspertów wskazuje na niską przejrzystość przepisów,
52% – na niedostosowanie regulacji krajowych do realiów procesu innowacji,
66% – uznaje za konieczne skorygowanie prawa krajowego.
Skutkiem ww. jest nadmierna ostrożność (*over-compliance*) i wycofywanie się MŚP z projektów.
- **Deficyt infrastruktury testowej i brak zamówień pilotażowych** ograniczają walidację technologii w środowisku operacyjnym.
- O podwójnym zastosowaniu decyduje **istnienie popytu obronnego, testów i realnych zamówień publicznych.**

Rekomendacje:

1. Powiązać finansowanie B+R z planami modernizacji poprzez obowiązkowe ścieżki wdrożeniowe i pilotażowe zamówienia operacyjne.
2. Powołać międzyresortowy mechanizm koordynacyjny obejmujący cały cykl: finansowanie – testy – zamówienia.
3. Uprościć i doprecyzować regulacje dotyczące prototypowania i testowania, ograniczając koszty zgodności dla MŚP.
4. Rozwinąć infrastrukturę testową oraz programy komercyjnych zamówień publicznych.

Najważniejszym wnioskiem raportu jest to, że ograniczenia w rozwoju technologii o znaczeniu strategicznym wynikają przede wszystkim z niedopasowania architektury państwowych instytucji do logiki wdrażania innowacji, a nie z poziomu „przeregulowania” czy niedofinansowania. Bez integracji mechanizmów finansowania, testowania i zamówień publicznych, potencjał technologiczny nie przełoży się na realne zdolności obronne i gospodarcze.



W obliczu dynamicznie zmieniającego się globalnego środowiska geopolitycznego, technologicznego i strategicznego, technologie o podwójnym zastosowaniu (dual-use) nabierają krytycznego znaczenia dla bezpieczeństwa państwowego, suwerenności technologicznej oraz rozwoju innowacji. Zdolność do autonomicznej produkcji i kontroli cyklu życia technologii, które mogą być wykorzystywane zarówno w sektorze cywilnym, jak i obronnym, jest filarem budowania odporności i konkurencyjności gospodarek narodowych. W Polsce, podobnie jak w innych krajach Unii Europejskiej, dostrzega się ogromny potencjał w obszarze technologii dual-use, jednakże ich efektywne wykorzystanie napotyka szereg złożonych, systemowych wyzwań, których istotę pragniemy przedstawić i przeanalizować.

Celem badania w niniejszym raporcie było uchwycenie różnic między formalnym dyskursem regulacyjno-politycznym, a faktycznymi uwarunkowaniami funkcjonowania ekosystemu technologii dual-use w Polsce. Analiza obejmuje szerokie spektrum barier, które zostały podzielone na kategorie: regulacyjne, operacyjne, finansowe, organizacyjne i instytucjonalne, technologiczne oraz społeczno-kulturowe.

Na potrzeby niniejszego badania przyjęto hipotezę, że istnieją konkretne, mierzalne czynniki zmniejszające skuteczność konwersji krajowego potencjału naukowo-przemysłowego w operacyjne zdolności obronne oraz produkty cywilne w sektorze technologii dual-use. Dla rozstrzygnięcia tego problemu zaproponowano poniższe pytania badawcze:

- Jakie są główne bariery rozwoju technologii dual-use wynikające z regulacji prawnych, w tym kontroli eksportu i definicji technologii dual-use?
- Czy struktura instytucji mających wspierać rozwój technologii dual-use w Polsce charakteryzuje się właściwym podziałem kompetencji i skoordynowaniem działań?
- W jakim stopniu dostępne krajowe i unijne mechanizmy finansowania odpowiadają potrzebom i ryzykom związanym z rozwojem technologii dual-use, zwłaszcza w kontekście prototypowania, testowania i skalowania innowacji?
- Jakie specjalne wyzwania wynikają z dostępności infrastruktury testowej, poligonów i środowisk do walidacji technologii?
- Jakie są bariery w jakości i poziomie współpracy między środowiskiem akademickim, przemysłem (cywilnym i obronnym) oraz wojskiem w Polsce?

Aktualność niniejszego badania wynika z nakładania się kilku procesów o charakterze geopolitycznym, technologicznym i instytucjonalnym, które w istotny sposób zmieniają warunki rozwoju i wdrażania technologii dual-use w Europie i w Polsce. Wojna w Ukrainie, narastająca rywalizacja technologiczna między mocarstwami oraz rosnąca presja na odporność łańcuchów dostaw przekonują, że zdolność do rozwijania i operacyjnego wykorzystywania technologii o podwójnym zastosowaniu stanowi jeden z fundamentów bezpieczeństwa współczesnego państwa.

Równolegle na poziomie Unii Europejskiej obserwowany jest wzrost znaczenia instrumentów wspierających przemysł obronny, innowacje oraz bezpieczeństwo gospodarcze, w tym programów ukierunkowanych na technologie dual-use. Zaostrzeniu ulega reżim w obszarze kontroli eksportu i transferu technologii. Zwiększa to obciążenia administracyjne i niepewność regulacyjną dla podmiotów prowadzących działalność badawczo-rozwojową. W tym kontekście pojawia się napięcie pomiędzy potrzebą ochrony bezpieczeństwa, a koniecznością utrzymania innowacyjności i konkurencyjności gospodarek.

W Polsce temat technologii dual-use zyskuje na znaczeniu wraz ze wzrostem wydatków obronnych, rozbudową zdolności przemysłowych oraz ambicjami w zakresie suwerenności technologicznej. Brakuje jednak pogłębionych analiz systemowych, które w sposób całościowy identyfikowałyby bariery regulacyjne, instytucjonalne i finansowe utrudniające przejście od potencjału badawczego do realnych wdrożeń. Raport uzupełnia tę lukę, przedstawiając diagnozę stanu ekosystemu technologii dual-use w Polsce.

Dla zapewnienia spójności analitycznej oraz jednoznaczności pojęciowej, w raporcie przyjęto zestaw definicji roboczych, które porządkują sposób rozumienia głównych terminów używanych w dalszej części opracowania. Definicje te mają charakter operacyjny i zostały sformułowane na potrzeby niniejszego badania, tak aby odzwierciedlać zarówno uwarunkowania regulacyjne, jak i funkcjonowanie ekosystemu technologii dual-use w Polsce.

Technologie dual-use to rozwiązania techniczne obejmujące produkty, usługi, systemy oraz *know-how*, które mogą być wykorzystywane zarówno w sektorze cywilnym, jak i wojskowym. W ujęciu przyjętym w raporcie, status dual-use wynika z możliwości takiego zastosowania i faktycznego zaistnienia popytu obronnego oraz realnej implementacji technologii w środowisku wojskowym lub bezpieczeństwa. Technologie te mogą powstawać pierwotnie na potrzeby rynku cywilnego i być adaptowane do zastosowań obronnych lub odwrotnie¹.

Suwerenność technologiczna oznacza zdolność państwa do samodzielnego, a nie niezależnego, rozwijania, utrzymywania i kontrolowania technologii uznawanych za istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa, gospodarki i funkcjonowania państwa. W kontekście technologii dual-use obejmuje ona kontrolę nad łańcuchem wartości rozwoju technologii w celu ograniczania zależności zewnętrznych oraz zwiększania odporności systemów obronnych i gospodarczych².

Autonomia strategiczna odnosi się do zdolności państwa lub wspólnoty politycznej do podejmowania samodzielnych decyzji i działań w obszarach o znaczeniu strategicznym, w szczególności w warunkach presji geopolitycznej. W raporcie pojęcie to jest rozumiane jako efekt budowy własnych zdolności technologicznych i przemysłowych, w tym w obszarze technologii dual-use, które umożliwiają prowadzenie niezależnej polityki bezpieczeństwa i rozwoju.

¹ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/821 z dnia 20 maja 2021 r.(art. 2 pkt 1) wskazuje: *dual-use items' means items, including software and technology, which can be used for both civil and military purposes, and includes items which can be used for the design, development, production or use of nuclear, chemical or biological weapons or their means of delivery, including all items which can be used for both non-explosive uses and assisting in any way in the manufacture of nuclear weapons or other nuclear explosive devices.*

² Lewandowski, P., Sokołowski, K., Rosik, A., Falkowski, R. (2025). *Indeks suwerenności technologicznej Polski. Zarys metodologiczny*. Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii. Warszawa. ISBN 978-83-60561-22-53

Bezpieczeństwo technologiczne oznacza zdolność państwa do ochrony, kontroli i stabilnego funkcjonowania technologii istotnych dla bezpieczeństwa narodowego, infrastruktury krytycznej oraz zdolności obronnych. Obejmuje ono zarówno aspekty regulacyjne i instytucjonalne (kontrola dostępu, transferu i eksportu technologii), jak i operacyjne, takie jak odporność na zakłócenia, sabotaż, cyberzagrożenia oraz presję polityczno-gospodarczą. System bezpieczeństwa technologicznego to zbiór instytucji, regulacji, instrumentów finansowych i procedur, których celem jest identyfikacja, ochrona, rozwój i kontrola technologii istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa państwa. System ten obejmuje zarówno sektor cywilny, jak i obronny oraz mechanizmy współpracy pomiędzy nimi.

Raport skierowany jest do decydentów publicznych odpowiedzialnych za politykę bezpieczeństwa, innowacji i rozwoju technologicznego, a także do instytucji wdrażających instrumenty wsparcia B+R, środowiska naukowo-badawczego, przedsiębiorstw przemysłowych oraz instytucji wojskowych i użytkowników końcowych technologii. Jego celem jest dostarczenie uporządkowanej, opartej na wiedzy i analizie empirycznej podstawy do podejmowania decyzji strategicznych, projektowania i modyfikowania polityk publicznych, instrumentów finansowania oraz mechanizmów współpracy międzysektorowej.

Badanie koncentruje się na rozpoznaniu, w jakim stopniu rozproszona architektura instytucjonalna, regulacyjna i finansowa polskiego ekosystemu technologii dual-use ogranicza zdolność transformacji potencjału naukowo-przemysłowego w zastosowania obronne i cywilne. Poprzez systemową analizę barier oraz zestawienie perspektywy instytucjonalnej z doświadczeniem praktyków, raport dąży do pogłębionego zrozumienia obecnych uwarunkowań oraz sformułowania rekomendacji wspierających podejmowanie decyzji opartych na wiedzy, sprzyjających wzmocnieniu bezpieczeństwa technologicznego i autonomii strategicznej państwa.



Metodologia

Badanie zrealizowano w paradygmacie metod mieszanych (*mixed-methods*), łącząc analizę danych wtórnych z empirycznym badaniem opinii. Zastosowane podejście miało charakter eksploracyjno-diagnostyczny i było ukierunkowane na możliwie pełne rozpoznanie barier rozwoju technologii o podwójnym zastosowaniu (*dual-use*). Celem badania było zidentyfikowanie barier deklarowanych w dokumentach strategicznych i analizach instytucjonalnych oraz skonfrontowanie ich z doświadczeniem polskich praktyków zaangażowanych w procesy badawczo-rozwojowe, wdrożeniowe i decyzyjne. Takie podejście pozwoliło uchwycić różnice między formalnym dyskursem regulacyjno-politycznym, a faktycznymi uwarunkowaniami funkcjonowania ekosystemu technologii *dual-use* w Polsce.

W pierwszym etapie przeprowadzono systematyczną analizę danych zastanych obejmującą: dokumenty instytucjonalne, akty prawne oraz raporty analityczne dotyczące technologii *dual-use*, kontroli eksportu, bezpieczeństwa gospodarczego, polityk badawczo-rozwojowych oraz instrumentów wsparcia innowacji. Korpus źródeł obejmował w szczególności materiały instytucji unijnych, organizacji międzynarodowych oraz wyspecjalizowanych ośrodków analitycznych i badawczych. Zgromadzony materiał poddano analizie treści ukierunkowanej na identyfikację powtarzalnych wątków, pojęć i mechanizmów barierowych. Analiza miała charakter kategoryjny i polegała na porządkowaniu treści źródeł według wyodrębnionych obszarów problemowych oraz ich potencjalnych skutków dla procesów innowacyjnych i współpracy cywilno-obronnej. Na tej podstawie opracowano ramę interpretacyjną, która stanowiła punkt odniesienia dla części empirycznej badania.

Drugim komponentem metodologicznym było badanie ankietowe³ typu CAWI (*computer-assisted web interviewing*) skierowane do ekspertów reprezentujących różne sektory i typy organizacji. Dobór respondentów miał charakter celowy i był ukierunkowany na pozyskanie opinii osób posiadających praktyczne doświadczenie w obszarze technologii *dual-use*, w tym w procesach decyzyjnych, badawczo-rozwojowych, regulacyjnych i wdrożeniowych. W badaniu dominowały osoby zajmujące stanowiska kierownicze i dyrektorskie, a zdecydowana większość respondentów posiadała co najmniej roczne doświadczenie w pracy z technologiami o podwójnym zastosowaniu.

Kwestionariusz ankietowy obejmował zarówno pytania zamknięte, w tym pozycje oceniane na skali porządkowej 1–5, służące pomiarowi postrzeganego poziomu barier w określonych wymiarach, jak i pytania otwarte, umożliwiające respondentom swobodne wskazywanie barier, ich przyczyn oraz potencjalnych kierunków zmian regulacyjnych i instytucjonalnych.

Analiza danych z badania CAWI miała charakter dwutorowy. Odpowiedzi na pytania zamknięte opracowano z wykorzystaniem statystyki opisowej, w szczególności poprzez analizę rozkładów procentowych oraz porównania ocen poszczególnych wymiarów regulacyjnych i operacyjnych. Odpowiedzi na pytania otwarte poddano analizie jakościowej o charakterze tematycznym, polegającej na kodowaniu wypowiedzi do

³ pt. Technologie *dual-use*: bariery i perspektywy

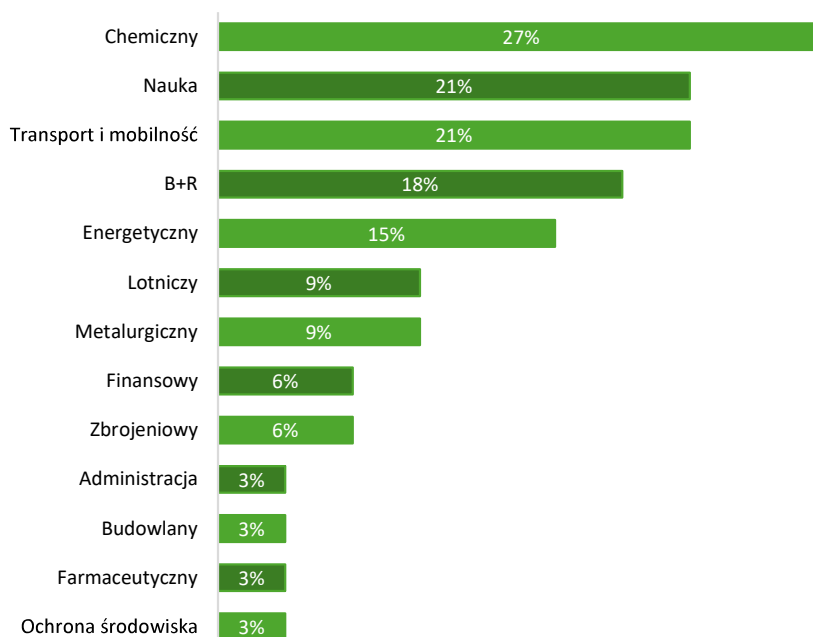
wyodrębnionych kategorii barier oraz ich syntetycznym ujęciu w postaci zestawień wskazujących relacje między barierami a ich potencjalnymi skutkami dla rozwoju technologii dual-use.

Wyniki desk research i badania eksperckiego zestawiono w logice triangulacji metodologicznej. Pozwoliło to na identyfikację obszarów zgodności oraz rozbieżności między obrazem barier wyłaniającym się z dokumentów i analiz wtórnych, a ocenami formułowanymi przez praktyków. Takie podejście zwiększyło rzetelność i wiarygodność wniosków, umożliwiając bardziej zniuansowaną interpretację uwarunkowań rozwoju technologii dual-use oraz ograniczając ryzyko jednostronnej perspektywy analitycznej.

Metryczka badania eksperckiego

Kwestionariusz ankietowy został skierowany do podmiotów publicznych i niepublicznych, reprezentujących różne sektory gospodarki oraz obszary działalności. Rozkład obszarów doświadczenia zawodowego ekspertów był bardzo szeroki (patrz wykres poniżej), w celu zminimalizowania wpływu doboru próby na wyniki, w szczególności na wypowiedzi o potencjale rozwojowym branż i sektorów gospodarki. W badaniu uczestniczyły 33 osoby, najwięcej było osób związanych z sektorem chemicznym (27,3%) oraz transportowym (21,2%).

Wykres 1. Obszary działalności ekspertów-respondentów (N=33).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - *Technologie dual-use: bariery i perspektywy*.

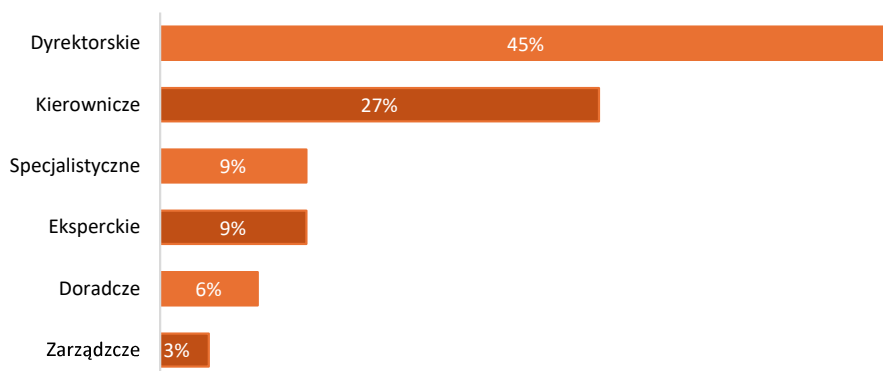
Wiele osób zadeklarowało aktywność w więcej niż jednym obszarze działania⁴, a ponadto prawie 40% ankietowanych przyznało się do udziału w badaniach naukowych lub rozwojowych.

Respondenci zostali poproszeni o wskazanie rodzaju stanowiska zajmowanego w swoich organizacjach. Co piąty ankietowany jest specjalistą albo ekspertem w swojej dziedzinie,

⁴ Stąd suma odpowiedzi przekracza 100%.

podczas gdy aż $\frac{3}{4}$ respondentów pracuje na stanowiskach dyrektorskich lub kierowniczych.

Wykres 2. Rodzaje stanowisk ekspertów-respondentów (N=33).

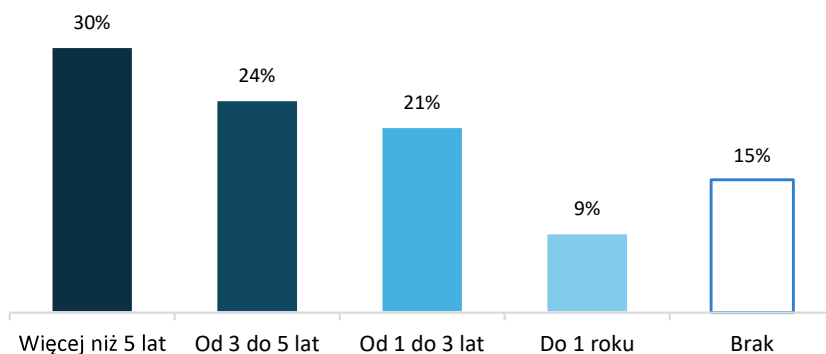


Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - Technologie dual-use: bariery i perspektywy.

Fakt, iż w badaniu ankietowym wypowiadały się głównie osoby decyzyjne, mające bardziej perspektywiczny wgląd w technologie dual-use, zwiększa zaufanie do wartości uzyskanych odpowiedzi, a w konsekwencji wyciągniętych z nich wniosków.

Znacząca większość respondentów (85%) posiada rok lub więcej doświadczenia w pracy z technologiami podwójnego stosowania, a co trzeci deklaruje ponad 5 lat doświadczeń w takich. Potwierdza to praktyczny, a nie teoretyczny wymiar zaangażowania w tematykę.

Wykres 3. Doświadczenie ekspertów-respondentów (N=33).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - Technologie dual-use: bariery i perspektywy.

Znaczenie technologii dual-use w systemie bezpieczeństwa technologicznego



Technologie o podwójnym zastosowaniu (*dual-use technologies*) stanowią obecnie jeden z najważniejszych obszarów debaty o bezpieczeństwie technologicznym i strategicznej autonomii państw w Unii Europejskiej. Ich specyfika polega na tym, że mogą być wykorzystywane zarówno do celów cywilnych, jak i wojskowych, a więc mogą jednocześnie służyć rozwojowi społecznemu i gospodarstwu oraz stanowić potencjalne źródło zagrożeń⁵.

Zwłaszcza obecnie w kontekście dynamicznych zmian geopolitycznych takich jak wojna na Ukrainie, napięcia USA–Chiny, przyspieszające transformacje zielona i cyfrowa, technologie dual-use stały się filarem polityk bezpieczeństwa technologicznego w Unii Europejskiej i w państwach sojusznicych NATO. Kontrola ich rozwoju, transferu i eksportu jest kwestią bezpieczeństwa militarnego, ale także ochrony infrastruktury krytycznej, cyberbezpieczeństwa i suwerenności technologicznej⁶.

Technologie dual-use umożliwiają współdziałanie sektorów cywilnego i wojskowego, przez co następuje przyspieszenie procesów wdrażania innowacji oraz redukcja kosztów badań i rozwoju⁷. Rozwiązania opracowane dla rynku cywilnego, takie jak sztuczna inteligencja, zaawansowane materiały, sensory, druk 3D czy technologie kwantowe są adaptowane dla celów obronnych. Wiele przełomowych technologii, np. Internet (ARPANET) czy GPS, powstało pierwotnie jako projekty wojskowe, a następnie znalazło szerokie zastosowanie cywilne⁸.

⁵ European Commission. 2024. *Advancing European Economic Security: Introduction to Five New Initiatives* (COM (2024) 22 final). Brussels: European Commission. Dostęp online: <https://commission.europa.eu/system/files/2024-01/Communication%20on%20European%20economic%20security.pdf>; Beaucillon, Charlotte, i Sara Poli. 2023. *EU Strategic Autonomy and Technological Sovereignty: An Introduction*; European Papers, European Forum, vol. 8, no. 2: 411–416. DOI:10.15166/2499-8249/663. Dostęp online: https://www.europeanpapers.eu/system/files/pdf_version/EP_EF_2023_I_011_CBeaucillon_SPoli_00663.pdf.

⁶ Wassenaar Arrangement. 2023. *List of Dual-Use Goods and Technologies and Munitions List*. Vienna: Wassenaar Arrangement Secretariat; Kim, Heejin. 2021. "Global Export Controls of Cyber Surveillance Technology and the Disrupted Triangular Dialogue." *International and Comparative Law Quarterly* 70, nr 2: 379–415. DOI:10.1017/S0020589321000105

⁷ OECD. 2023. *Technology Sovereignty and Strategic Autonomy in OECD Countries*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, dostęp online: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/03/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2023_fb6e6c20/0b55736e-en.pdf; Kim, J. A. (2007). *Issues of Dual Use and Reviewing Product Coverage of Environmental Goods* (OECD Trade and Environment Working Papers 2007/01, COM/ENV/TD(2006)30/FINAL). OECD Publishing. DOI:10.1787/113773714837

⁸ Mazarr, M. J., Beauchamp-Mustafaga, N., Blank, J., Charap, S., Chase, M. S., Grill, B., Grossman, D., Massicot, D., Moroney, J. D. P., Morris, L. J., Noyes, A., Pezard, S., Rhoades, A. L., Shih, A., Stalczyński, M., Shostak, M., Thaler, D. E., & Walker, D. (2022). *Security cooperation in a strategic competition* (RR-A650-1), RAND Corporation. Dostęp online: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA650-1.html

Kontrola eksportu technologii dual-use stanowi istotny instrument ochrony bezpieczeństwa technologicznego poprzez zapobieganie proliferacji broni masowego rażenia i systemów jej przenoszenia⁹. Uczestnictwo Polski i UE w reżimach kontrolnych, takich jak Wassenaar Arrangement, Australia Group czy Nuclear Suppliers Group, umożliwia monitorowanie przepływu technologii o strategicznym znaczeniu i ogranicza ryzyko nieautoryzowanego transferu¹⁰. Jednocześnie wpływa na ograniczone możliwości eksportowe.

Zakłada się, że rozwój krajowych i europejskich zdolności w obszarze technologii dual-use pozwala uniezależnić się od dostawców zewnętrznych i zwiększyć odporność systemów gospodarczych i obronnych. Programy takie jak European Defence Fund (EDF), Strategic Technologies for Europe Platform (STEP) czy IPCEI Dual-Use integrują polityki przemysłowe z obronnymi i wspierają inwestycje w technologie o znaczeniu strategicznym¹¹.

Według analiz NATO i OECD (2024), 27% scale-upów technologicznych w krajach sojuszniczych działa w sektorze dual-use, a wśród nowych spółek technologicznych odsetek ten sięga 55%, generując ok. 70% całkowitego finansowania innowacji obronnych. Rozwój technologii dual-use sprzyja budowie gospodarki odpornej, opartej na synergii między sektorem publicznym a prywatnym i zwiększa tym samym konkurencyjność przemysłu i stabilność strategiczną¹².

Tabela 1. Znaczenie technologii dual-use w systemie bezpieczeństwa technologicznego.

Obszar	Znaczenie	Przykłady i dane
Bezpieczeństwo narodowe i obronność	Technologie dual-use wzmacniają zdolności obronne i umożliwiają adaptację rozwiązań cywilnych do celów militarnych. Umożliwiają szybkie reagowanie na zagrożenia i zwiększają odporność infrastruktury krytycznej.	UAV, AI w analizie danych wywiadowczych, technologie kwantowe.
Proliferacja broni masowego rażenia	Kontrola eksportu dual-use zapobiega transferowi technologii do państw lub podmiotów mogących je wykorzystać w sposób zagrażający bezpieczeństwu.	Reżimy: Wassenaar Arrangement, NSG, MTCR, Australia Group.

⁹ European Commission. (2026). *Exporting dual-use items*. Retrieved February 2026, from https://policy.trade.ec.europa.eu/help-exporters-and-importers/exporting-dual-use-items_en.

¹⁰ Wassenaar Arrangement. (2025). List of Dual-Use Goods and Technologies and Munitions List (2025) Corrigendum [PDF]. Retrieved from <https://www.wassenaar.org/app/uploads/2026/01/List-of-Dual-Use-Goods-and-Technologies-and-ML-2025-Corr.pdf>; Wassenaar Arrangement. (2025). *List of Dual-Use Goods and Technologies and Munitions List (2025) Corrigendum* [PDF]. Retrieved from <https://www.wassenaar.org/app/uploads/2026/01/List-of-Dual-Use-Goods-and-Technologies-and-ML-2025-Corr.pdf>

¹¹ European Commission. 2025. *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en;

¹² Science and Technology Trends, NATO, Volume 1, 2025-2045, <https://sto-trends.com/>; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2025). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025: Driving Change in a Shifting Landscape* (PDF). OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/10/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2025_bae3698d/5fe57b90-en.pdf.

Bezpieczeństwo informacyjne i cybernetyczne	Technologie o podwójnym zastosowaniu, zwłaszcza w obszarze ICT i AI, mogą wzmacniać cyber-obronę, ale też generować ryzyko ataków, dezinformacji czy nieautoryzowanego dostępu do danych.	AI foundation models (NTIA 2024), systemy kryptograficzne, cyber-narzędzia ofensywne.
Suwerenność i odporność technologiczna	Rozwój lokalnych zdolności dual-use ogranicza zależność od zagranicznych dostawców i wzmacnia strategiczną autonomię państwa lub UE.	STEP, EIC, IPCEI Defence, CRMA – programy UE wspierające dual-use.
Innowacyjność i konkurencyjność gospodarcza	Technologie dual-use są źródłem przełomowych innowacji, które mają znaczenie zarówno dla sektora obronnego, jak i cywilnego.	Internet, GPS, technologie materiałowe, biotechnologia.
Nadzór etyczny i społeczny	Rozwój technologii dual-use wymaga nadzoru etycznego i społecznego, aby zapobiegać wykorzystaniu ich do łamania praw człowieka, masowej inwigilacji czy destabilizacji politycznej.	Biotechnologie, systemy rozpoznawania twarzy, modele generatywne AI.

Źródło: Opracowanie własne.

Dual-use jako instrument suwerenności technologicznej

Technologie o podwójnym zastosowaniu łączą strumień wsparcia B+R, produkcję i regulację w sektorach cywilnych oraz obronnych. W ujęciu bezpieczeństwa technologicznego interesujące są: zdolność do produkcji autonomicznej (PA) oraz kontrola cyklu życia technologii (LCM: *life-cycle management*): od koncepcji i badań, przez wytwarzanie, serwis i modernizacje, aż po utylizację oraz kontrolę wiedzy i danych. Te dwa obszary stanowią podstawę suwerenności technologicznej, redukują ryzyka poprzez skracanie łańcuchów dostaw i minimalizują nieuprawnione transfery technologii.

Tabela 2. Technologie dual-use w cyklu życia technologii: implikacje dla produkcji autonomicznej (PA) i LCM.

Faza cyklu życia technologii	Istotność dla bezpieczeństwa technologicznego	Przykłady dual-use (z polskiego programu IDA)	Efekt dla AP/LCM
Projektowanie i wczesne B+R	Wczesna kontrola wymagań bezpieczeństwa i eksportowych; ograniczanie późniejszych kosztów zgodności	Symulatory systemów autonomicznych (TRL 3) tworzą dane syntetyczne i cyfrowe bliźniaki do testów algorytmów	Krótsze cykle iteracji, krajowe know-how, mniej wrażliwości na dane zewnętrzne
Prototypowanie i testy	Niezależność walidacji; ograniczanie „czarnej skrzynki” w modelach AI	Walidacja percepcji i decyzji w środowiskach generowanych; testy bezpieczeństwa funkcjonalnego	Pełniejsza kontrola IP i jakości; łatwiejsze audyty

Produkcja	Krytyczny moment ryzyka zależności importowej i wąskich gardeł	Mobilne warsztaty druku 3D (TRL 6) dla części metalowych/ kevlarowych/ metamateriałów; roboty z wizyjną AI (TRL 5) do elastycznej automatyzacji	Lokalizacja wytwarzania, <i>just-in-time</i> części, odporność na zerwanie dostaw
Eksploatacja i wsparcie	Ciągłość działania systemów krytycznych; szybka naprawa	Produkcja części na teatrze działań; autonomiczne operacje logistyczne/ rozminowywanie	Krótsze przestoje, niższe koszty logistyki, większa gotowość
Bezpieczeństwo danych i konfiguracji	Ochrona IP, modeli, telemetrii i konfiguracji	Sprzętowe szyfrowanie AES-256 + MFA (TRL 7) w nośnikach /serwerach /UAS	Integralność całego LCM; zmniejszenie wektorów ataku
Wycofanie i utylizacja	Zapobieganie przeciekom komponentów i know-how	Procedury demilitaryzacji, niszczenie kluczy, śledzenie komponentów	Domknięcie cyklu, zgodność regulacyjna

Źródło: Opracowanie własne.

Niektóre technologie dual-use mogą realnie wzmocnić suwerenność technologiczną państwa, gdyż pozwalają na realizację całego łańcucha wartości, a przy tym utrzymywać nadzór nad przepływem wiedzy, danych i elementów krytycznych w całym cyklu życia. W większości państwa UE nadal, w znacznej mierze są uzależnione od importu komponentów oraz zaawansowanych rozwiązań technologicznych z państw pozaeuropejskich.

W kontrze do tego uzależnienia, technologie dual-use wzmocniają odporność państwa na przerwanie łańcuchów dostaw (mikroelektronika, materiały krytyczne, komponenty precyzyjne). Poprzez m. in. rozwój i wspieranie krajowych zdolności wytwórczych w zaawansowanych technologiach (np. mikroelektronika, druk 3D, AI). W sytuacjach kryzysowych, wojennych lub geopolitycznych napięć, państwo może samodzielnie wytwarzać niezbędny sprzęt i części zamiennie zarówno dla wojska, jak i infrastruktury cywilnej. Lokalne fabryki i mobilne warsztaty (np. druk 3D) umożliwiają produkcję na żądanie, zapewniając szybką reakcję i utrzymanie ciągłości operacyjnej.

Kontrola cyklu życia technologii dual-use jest równie ważna dla utrzymania suwerenności technologicznej i bezpieczeństwa technologicznego. Posiadanie pełnej kontroli nad całym łańcuchem wartości gwarantuje, że systemy (np. komunikacyjne, sensoryczne) są wolne od podatności, luk lub prób nieautoryzowanych modyfikacji przez podmioty zewnętrzne. Dzięki temu państwo może elastycznie reagować na zakłócenia i szybko skracać czas niezbędny do przywrócenia pełnej operacyjności systemów obronnych i infrastruktury krytycznej.

Wprowadzenie rygorystycznych mechanizmów kontroli i regulacji do zabezpieczenia autonomii i cyklu życia technologii dual-use zdaje się więc być niezbędne. Ścisłe przepisy dotyczące udzielania licencji, eksportu (*end-user certificates*) i zapobiegania reeksportowi, chronią strategiczne zdolności państwa przed niekontrolowanym przepływem lub proliferacją. Polityka taka, wspierana przez współpracę publiczno-prywatną, sprzyja rozwojowi krajowych ekosystemów innowacji, jednocześnie chroniąc przewagę technologiczną.

Rozwój technologii dual-use stanowi element strategii redukcji zależności Europy od zewnętrznych dostawców zaawansowanych technologii szczególnie w obszarach obronności, energetyki i cyfryzacji. Zgodnie z Białą Księgą Komisji¹³ Europejskiej z 2024 roku oraz dokumentem „Advancing European Economic Security”,¹⁴ intensywne wsparcie badań i innowacji o charakterze podwójnego zastosowania ma umożliwić stopniowe uniezależnianie się od importu komponentów strategicznych, takich jak czujniki, mikroprocesory AI, systemy komunikacji satelitarnej i kwantowej. Wspomniane dokumenty podkreślają, że technologie dual-use są instrumentem wzmacniania zdolności obronnych, ale także narzędziem integracji polityki przemysłowej, technologicznej i bezpieczeństwa. Wpisuje się to w szersze cele Europejskiej Strategii Autonomii Strategicznej i pakietu bezpieczeństwa gospodarczego z 2024 roku¹⁵.

Z perspektywy NATO, rozwój technologii dual-use jest z kolei wzmacniany przez programy DIANA (Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic) oraz NATO Innovation Fund (NIF), które mobilizują ponad 1 miliard euro na wspieranie startupów i MŚP w dziedzinach materiałów, energii, komunikacji, sensorów i robotyki. NATO traktuje te technologie jako filar sojuszniczej suwerenności technologicznej, rozumianej jako niezależność w dostępie do rozwiązań w domenach przyszłościowych, od systemów autonomicznych po cyberbezpieczeństwo. DIANA i NIF funkcjonują jako pomost między przemysłem cywilnym a wojskowym, pozwalając krajom członkowskim na rozwój nowoczesnych komponentów i integrację krajowych ekosystemów innowacji w ramach szerszych europejsko-transatlantyckich sieci.

Rozwiązania takie jak zaawansowane systemy satelitarne, analityka danych oparta na sztucznej inteligencji oraz kompleksowe cyberbezpieczeństwo, zapewniają ochronę przed wieloma różnymi zagrożeniami. Umożliwiają ciągły monitoring, wczesne wykrywanie anomalii i szybką reakcję, np. w przypadku ataków na sieci komunikacyjne czy infrastrukturę energetyczną. Takie zintegrowane podejście między bezpieczeństwem fizycznym a cyfrowym (*security-safety nexus*) wzmacnia ogólną odporność systemów na wszelkie incydenty, od cyberataków po awarie fizyczne.

¹³ European Commission, White Paper on Options for Enhancing Support for Research and Development Involving Technologies with Dual-Use Potential, COM(2024) 27 final, Bruksela, 24 stycznia 2024. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/7ae11ca9-9ff5-4d0f-a097-86a719ed6892_en?filename=ec_rtd_white-paper-dual-use-potential.pdf

¹⁴ European Commission, Commission launches White Paper on options for enhancing support for research and development involving dual-use technologies, komunikat prasowy ip/24/363, Bruksela, 24 stycznia 2024. Dostęp online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_363

¹⁵ European Commission, Dual-use technologies, European Commission – Research and Innovation, Bruksela, b.d. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

Zdolność do autonomicznej produkcji i kontroli cyklu życia technologii

KOMPONENT STRATEGICZNEJ AUTONOMII UE

Technologie dual-use stały się jednym z narzędzi operacjonalizacji European Strategic Autonomy¹⁶ i koncepcji Open Strategic Autonomy¹⁷, ponieważ łączą wymiar bezpieczeństwa z konkurencyjnością przemysłową i innowacyjnością. Rozwój i skalowanie takich rozwiązań są konieczne dla redukcji zależności w krytycznych łańcuchach wartości i wzmocnienia pozycji Europy w globalnych standardach technologicznych. Technologie dual-use są wskazywane jako priorytetowy obszar programu ramowego, mający łączyć cywilne finansowanie badań z potrzebami obronnymi¹⁸. Zdolność do generowania i utrzymywania przewag w obszarze technologii podwójnego zastosowania staje się testem realnej europejskiej suwerenności technologicznej wobec zarówno USA, jak i Chin. W efekcie dual-use staje się horyzontalnym filarem polityki bezpieczeństwa gospodarczego UE, łącząc strategię obronne, przemysłowe i badawczo-innowacyjne¹⁹.

Rozwój technologii dual-use wspiera równoczesną transformację europejskiego przemysłu obronnego i ekosystemu innowacji cywilnych, tworząc efekt podwójnej dyfuzji technologii. Inwestycje w obszarach takich jak technologie kwantowe, AI czy nowe sensory są projektowane od początku jako dual-use, żeby umożliwić szybkie przejście rozwiązań z zastosowań wojskowych do cywilnych (i odwrotnie)²⁰. Zastosowane podejście dual-use *by design* zwiększa produktywność badań i ułatwia włączenie MŚP oraz startupów do łańcuchów wartości EDF i programów cywilnych. Powiązanie instrumentów takich jak Horizon Europe, European Defence Fund i *place-based innovation* pilotaży dual-use na poziomie regionów ma budować paneuropejskie klastry, gdzie współdziałają przemysł obronny, uczelnie i sektor cyfrowy. W rezultacie technologie dual-use stają się praktycznym mechanizmem zacierania sztywnych granic między polityką przemysłową a polityką obronną.

¹⁶ European Commission, Strategic autonomy and european economic and research security, Research and Innovation – Europe in the World: International Cooperation, European Commission. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/europe-world/international-cooperation/strategic-autonomy-and-european-economic-and-research-security_en

¹⁷ Open strategic autonomy, economic and research security in EU foreign policy, CORDIS – EU research results, European Commission, dostęp online: https://cordis.europa.eu/programme/id/HORIZON_HORIZON-CL2-2025-01-DEMOCRACY-04

¹⁸ European Commission. White paper on options for enhancing support for research and development involving technologies with dual-use potential, COM (2024) 27 final, Brussels, 24 January 2024, European Commission. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/7ae11ca9-9ff5-4d0f-a097-86a719ed6892_en

¹⁹ European Commission. EU defence industry transformation roadmap: unleashing disruptive innovation for defence readiness, Communication from the Commission to the European Parliament and the Council COM (2025) 845 final, Brussels, 19 November 2025. Dostęp online: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/513de692-d08c-40cc-80c3-cb6611ace178_en?filename=EU-Defence-Industry-Transformation-Roadmap.pdf

²⁰ European Commission. EU defence industry transformation roadmap: unleashing disruptive innovation for defence readiness, Communication from the Commission to the European Parliament and the Council COM (2025) 845 final, Brussels, 19 November 2025. Dostęp online: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/513de692-d08c-40cc-80c3-cb6611ace178_en?filename=EU-Defence-Industry-Transformation-Roadmap.pdf

Komisja Europejska bezpośrednio wskazuje technologie dual-use (oprogramowanie i technologie o podwójnym zastosowaniu cywilnym i wojskowym) jako narzędzia budowania suwerenności technologicznej UE wobec wyzwań geopolitycznych. Komisja podkreśla, że technologie o znaczeniu na rzecz bezpieczeństwa i obrony coraz częściej pochodzą z sektora cywilnego, gdzie inwestycje prywatne są wyższe, koszty pośrednie niższe, a cykle badawczo-rozwojowe szybsze²¹. System wsparcia dla technologii dual-use w UE tworzą Europejski Fundusz Obrony (EDF) oraz programy Horyzont Europa, uzupełniane przez Strategic Technologies for Europe Platform (STEP).

Jednocześnie w Polsce dual-use stanowi operacyjny wymiar suwerenności i bezpieczeństwa technologicznego poprzez Ministerialny Program 2025-2029 „Wsparcie Kompetencji w Obszarze Innowacji Dual-Use”, który skupia się na rozwoju i komercjalizacji technologii o podwójnym zastosowaniu oraz budowaniu ekosystemu innowacyjności. Program stanowi odpowiedź na deficyty kompetencyjne i brak pośrednich mechanizmów łączących naukę, biznes i sektor obronny w Polsce, zwłaszcza na wczesnych etapach rozwoju technologii dual-use. Jego jakością polega na adresowaniu barier miękkich: niedoboru mentorów, braku doświadczenia w walidacji wojskowo-cywilnej, silosowości instytucjonalnej oraz niskiej zdolności zespołów do poruszania się między rynkiem cywilnym a obronnym. Program nie rozwiązuje natomiast barier twardych, takich jak finansowanie scale-upu, dostęp do zamówień publicznych obronnych, certyfikacja czy budowa zdolności produkcyjnych. W efekcie należy go traktować jako instrument przygotowawczy (*capacity-building*), użyteczny tylko w połączeniu z powyższymi mechanizmami unijnymi²².

Istotnym czynnikiem suwerenności technologicznej jest aspekt kontroli nad łańcuchami wartości od surowca do zaawansowanego produktu. W sektorze elektroniki obronnej Europa znajduje się w pozycji szczególnie zagrożonej: zaledwie 8% światowej produkcji półprzewodników, 6% obwodów drukowanych i 4% podłoży IC dla zastosowań obronnych odbywa się w UE²³.

Unia Europejska wskazuje półprzewodniki, materiały krytyczne, baterie i niektóre produkty farmaceutyczne jako obszary, gdzie *de-risking* jest konieczny z powodu wysokiego potencjału szantażu ekonomicznego i zagrożeń dla bezpieczeństwa. Sektor elektroniki, stanowiący 17% wartości sprzętu obronnego (wzrost z 10% w 2000 roku, prognozowany wzrost do 25% w 2035-2040), charakteryzuje się szczególną podatnością na przerwę w łańcuchach dostaw pochodzących z Azji²⁴.

²¹ European Commission. White paper on options for enhancing support for research and development involving technologies with dual-use potential, COM (2024) 27 final, Brussels, 24 January 2024, European Commission. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/7ae11ca9-9ff5-4d0f-a097-86a719ed6892_en

²² Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Program ministra na lata 2025–2029 „Wsparcie kompetencji w obszarze innowacji dual-use”. Dostęp online: <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/program-ministra-na-lata-20252029-wsparcie-kompetencji-w-obszarze-innowacji-dual-use>

²³ European Defence Industry Faces Critical Need for Electronics Made in Europe, According to New Report, 2025, <https://www.electronics.org/news-release/european-defence-industry-faces-critical-need-electronics-made-europe-according-new-0>

²⁴ *Securing the Electronics Value Chain: The Blind Spot in the European Union's Industrial Defence Strategy?* Dostęp online: <https://go.electronics.org/electronics-value-chain>

EFEKT PODWÓJNEGO MNOŻNIKA GOSPODARCZO-STRATEGICZNEGO

Wydatki obronne generują udokumentowany efekt podwójnego mnożnika gospodarczo-strategicznego, w którym inwestycje militarne przekładają się na wzrost innowacyjności i produktywności sektora cywilnego. Z badań wynika, że 10% wzrost publicznych wydatków obronnych na B+R prowadzi do 5–6% wzrostu prywatnych wydatków B+R w tej samej branży, co potwierdza mechanizm *crowding-in*, a nie wypychania inwestycji prywatnych²⁵. Sektor obronny pełni funkcję katalizatora rozwoju technologii o zastosowaniach cywilnych, w tym fotoniki, AI dla logistyki oraz zaawansowanych materiałów²⁶.

Efekt mnożnikowy technologii dual-use przekłada się na mierzalny wzrost produktywności całej gospodarki, a nie tylko sektorów bezpośrednio powiązanych z obronnością. Wzrost relacji wydatków obronnych na R&D do wartości dodanej o 1 punkt procentowy podnosi całkowitą produktywność czynników (TFP) średnio o 8,3%, a to świadczy o trwałym charakterze spillover'ów technologicznych²⁷. Równoległe badania rynku pracy pokazują, że jedno miejsce pracy w sektorze wysokich technologii generuje pięć dodatkowych miejsc pracy poza sektorem technologicznym, z czego większość powstaje w usługach i zawodach wspierających²⁸. Europejski Bank Centralny potwierdza, że wydatki obronne na B+R mają wyższy i trwalszy mnożnik wzrostu PKB niż inne kategorie wydatków wojskowych, ponieważ przesuują strukturę wydatków publicznych w stronę innowacji. W konsekwencji rozwój technologii dual-use zwiększa zdolności obronne państw i długookresowy potencjał wzrostu i odporność gospodarki na szoki zewnętrzne²⁹.

Tabela 3. Efekt mnożnikowy wydatków obronnych na R&D i wpływ na produktywność (TFP).

Wymiar analizy	Wskaźnik ilościowy	Zakres oddziaływania	Znaczenie dla dual-use
Intensywność wydatków obronnych na R&D	+1 p.p. relacji defence R&D / value added	Gospodarka ogółem	Akceleracja transferu technologii z obronności do sektorów cywilnych
Wzrost produktywności	+8,3% wzrost TFP	Sektor prywatny i publiczny	Trwały spillover technologiczny poza sektor obronny

²⁵ Moretti, E., Steinwender, C., Van Reenen, J. (2025), The innovation dividend of defense R&D, ifo Institut, EconPol Forum 3/2025. Dostęp online: <https://www.ifo.de/DocDL/econpol-forum-3-2025-steinwender-et-al-defense-sovereignty.pdf>

²⁶ Moretti, E. (2019), High-tech jobs and the local multiplier effect, Brookings Institution.

²⁷ Tamże; Public R&D Spillovers and Productivity Growth (Dyevre, 2024). Dostęp online: https://www.ecb.europa.eu/press/conferences/ecbforum/shared/pdf/2024/EFCB_2024_Dyevre_paper.en.pdf

²⁸ Moretti, E., Steinwender, C., Van Reenen, J. (2025), The innovation dividend of defense R&D, ifo Institut, EconPol Forum 3/2025. Dostęp online: <https://www.ifo.de/DocDL/econpol-forum-3-2025-steinwender-et-al-defense-sovereignty.pdf>

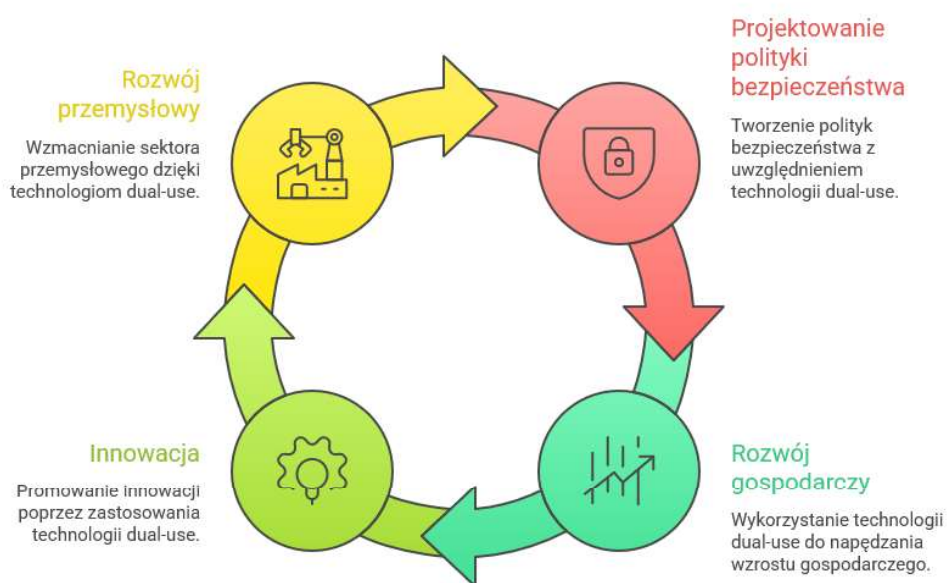
²⁹ European Central Bank (2025), Macroeconomic impacts of defence spending, ECB Economic Bulletin, September 2025. Dostęp online: https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/articles/2025/html/ecb.ebart202506_01~d41c118e13.en.html

Mechanizm oddziaływania	Crowding-in prywatnego R&D	Firmy wysokiej technologii	Wzrost absorpcji technologii dual-use przez rynek cywilny
Charakter efektu	Długookresowy (persistent)	Międzysektorowy	Utrwalanie przewag technologicznych w gospodarce
Skala makro-ekonomiczna	Wzrost produktywności ponad średnią sektorową	Cała gospodarka	Dual-use jako instrument polityki wzrostu i bezpieczeństwa

Opracowanie własne na podstawie: Moretti, E., Steinwender, C., Van Reenen, J. (2025). *The Innovation Dividend of Defense R&D*. EconPol Forum, No. 3/2025, ifo Institut, Munich; Moretti, E., Steinwender, C., Van Reenen, J. (2019). *The Intellectual Spoils of War? Defense R&D, Productivity and International Spillovers*. NBER Working Paper No. 26483, National Bureau of Economic Research, Cambridge; European Central Bank (ECB). (2025). *Macroeconomic impacts of defence spending*. ECB Economic Bulletin, Issue 4/2025. Frankfurt am Main; Dyevre, A. (2024). *Public R&D Spillovers and Productivity Growth*. ECB Forum on Central Banking Conference Paper, Sintra; Moretti, E. (2019). *High-Tech Jobs and the Local Multiplier Effect*. Brookings Institution, Washington, DC.

Zestawione dane wskazują, że wydatki obronne na R&D pełnią funkcję dźwigni strukturalnej, która zmienia sposób rozwoju całej gospodarki krajowej, a nawet regionalnej. Oznacza to, że technologie dual-use powinny być traktowane jako narzędzie rozwoju polityki gospodarczej, innowacyjnej i przemysłowej przy projektowaniu polityki bezpieczeństwa.

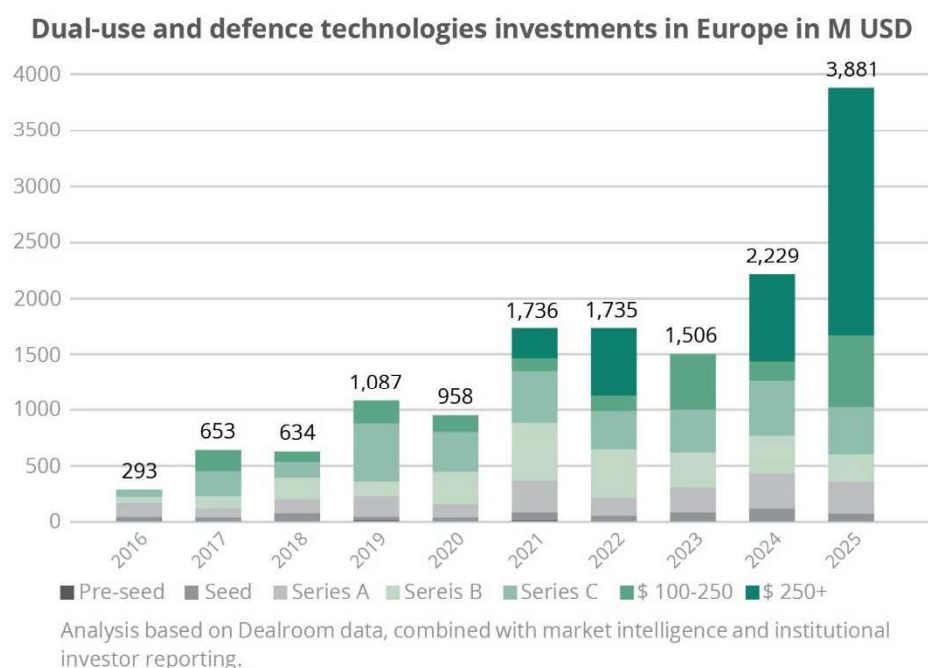
Wykres 4. Synergia technologii dual-use z krajowym systemem innowacji i gospodarką.



Źródło: Opracowanie własne.

Wyraźnie zwiększa się europejska dynamika inwestycji w technologie obronne i dual-use, które rosły z około 293 mln USD w 2016 r. do rekordowych 3,881 miliarda USD w 2025 r., wskazując na skokową akumulację kapitału w tym segmencie rynku. Znaczący wzrost po 2021 r. odzwierciedla rosnące zainteresowanie inwestorów prywatnych i instytucjonalnych, w tym funduszy *venture capital* i funduszy państwowych, wynikające m.in. z geopolitycznych napięć i polityk zwiększania suwerenności technologicznej UE. Ta trajektoria sugeruje, że segment dual-use staje się coraz ważniejszym mechanizmem finansowania innowacji o podwójnym zastosowaniu, łączącym potrzeby obronne z cywilnymi rynkami wzrostu i przyciągającym szeroki wachlarz inwestorów³⁰.

Wykres 5. Inwestycje w technologie obronne i dual-use w Europie [mln USD].



Źródło: Wojciech Drewczynski, *M&A in the Dual-use Ecosystem*.

Zidentyfikowane efekty mnożnikowe i rosnąca skala inwestycji w Europie potwierdzają, że technologie dual-use mają potencjał oddziaływania systemowego, wykraczający poza sektor obronny i obejmujący całą gospodarkę. Technologie dual-use stają się jednym z nielicznych obszarów, w których cele bezpieczeństwa, innowacyjności i długookresowego wzrostu gospodarczego mogą być realizowane jednocześnie w ramach jednego instrumentarium polityk publicznych.

³⁰ Wojciech Drewczynski *M&A in the Dual-use Ecosystem*, *Dual-Use Founder's Handbook: From Foundation to Scale* (2025). Dostęp online: <https://psik.org.pl/images/Dane-i-raporty/Publikacje-czlonkow/Dual-use-Founders-Handbook-From-Foundation-to-Scale.pdf>



Na podstawie analizy desk research wyodrębniono szereg barier utrudniających rozwój technologii o podwójnym zastosowaniu, obejmujących zarówno uwarunkowania formalne, jak i praktyczne aspekty funkcjonowania systemu innowacji. Ograniczenia te odnoszą się do ram prawnych, sposobu interpretacji przepisów, dostępu do finansowania oraz braku skutecznych mechanizmów współpracy między sektorem cywilnym a obronnym. Wskazano także na niewystarczające wsparcie instytucjonalne i brak spójnej strategii państwowej, które osłabiają zdolność do pełnego wykorzystania potencjału technologii dual-use. W kolejnych częściach opracowania przedstawiono główne grupy tych barier oraz ich wpływ na rozwój innowacji w Polsce i Unii Europejskiej.

Bariery regulacyjne

Bariery regulacyjne obejmują przepisy prawa oraz praktyki administracyjne wpływające na warunki prowadzenia działalności B+R i obrotu technologiami, w szczególności w obszarze kontroli eksportu i certyfikacji. Bariery te są bezpośrednio związane z aspektami kształtującymi środowisko innowacyjne w Europie. To też podstawowy czynnik systemu rozwoju takich technologii, determinując ich wdrażanie i komercjalizację. Ich charakter obejmuje normy unijne, krajowe regulacje eksportowe oraz wymogi certyfikacyjne, które mogą spowalniać transfer wiedzy z sektora cywilnego do obronnego.

Na potrzeby niniejszego rozdziału bariery rozwoju technologii o podwójnym zastosowaniu rozumiane są jako trwałe ograniczenia systemowe, prawne i operacyjne, które utrudniają prowadzenie badań, transfer technologii oraz ich wdrażanie i komercjalizację. Nadmierna kontrola eksportu odnosi się do restrykcyjnego i niejednoznacznego stosowania mechanizmów licencyjnych, w tym klauzul typu *catch-all*, które zwiększają niepewność prawną i koszty zgodności. Brak jednolitych praktyk w Unii Europejskiej oznacza rozbieżności interpretacyjne i implementacyjne między państwami członkowskimi, prowadzące do fragmentacji rynku i nierównych warunków rozwoju innowacji. Niepewność kwalifikacji projektów B+R dotyczy trudności w jednoznacznym określeniu, czy dana działalność badawcza podlega reżimowi dual-use. To kształtuje decyzje aplikacyjne, finansowanie oraz zarządzanie ryzykiem prawnym. Z kolei ryzyko nadmiernej zgodności z przepisami (*over-compliance*) oznacza skłonność instytucji, przedsiębiorstw i inwestorów do stosowania ostrożniejszych niż wymagane praktyk regulacyjnych, a w efekcie zniechęca do angażowania się w projekty technologii podwójnego zastosowania.

NADMIERNA KONTROLA EKSPORTU³¹

Wskazuje się, że jak dotąd dostępne są jedynie bardzo ograniczone informacje pozwalające ocenić wpływ kontroli eksportu na badania i innowacje o podwójnym zastosowaniu. Podkreśla się, że tzw. „klauzule obejmujące wszystko” (*catch-all provisions*) oraz niejasne zasady kwalifikacji technologii wprowadzają stan niepewności prawnej i interpretacyjnej,

³¹ np. art. 5 Regulation (EU) 2021/821)

które utrudniają prowadzenie badań i transfer technologii.³² Tego rodzaju wnioski zawarto w raporcie Komisji Europejskiej Trade and Economic Security (2025) oraz w dokumencie EU Export Control Implementation Report (2024), gdzie podkreślono wzrost liczby odmów udzielenia licencji eksportowych dla towarów i technologii wrażliwych. W rzeczywistości potwierdza to zaostrzenie reżimu regulacyjnego. W komunikacie Komisji Europejskiej z 31 stycznia 2025 r. podkreślono, że w Unii Europejskiej rośnie liczba zarówno zezwoleń, jak i odmów na eksport najbardziej wrażliwych technologii³³. Oznacza to, że system kontroli eksportu staje się coraz bardziej rygorystyczny (z powodu m. in: wzrostu percepcji ryzyka geopolitycznego, rozszerzenia zakresu regulacyjnego, w tym klauzul *catch-all* i kontroli transferów niematerialnych). Dodatkowo, w streszczeniu Białej księgi z 24 stycznia 2024 r. opublikowanym na stronie Komisji Europejskiej „Exporting dual-use items” opisano działania mające uporządkować i ujednoczyć przepisy dotyczące obrotu technologiami o podwójnym zastosowaniu³⁴.

Powstaje w ten sposób środowisko wysokiej niepewności prawnej w zakresie obrotu technologiami dual-use. Zakłada się, że może ono zniechęcać do inicjowania projektów międzynarodowych w obszarach dual-use, ograniczać wymianę danych, sprzętu i know-how, a w konsekwencji spowalniać tempo umiędzynarodowienia badań.

BRAK JEDNOLITYCH PRAKTYK W UNII EUROPEJSKIEJ

Brak jednolitych praktyk interpretacyjnych i implementacyjnych w państwach członkowskich Unii Europejskiej, stanowi kolejną barierę dla rozwoju technologii dual-use, zarówno w zakresie regulacji eksportowych, jak i finansowania badań i rozwoju. Fundamentalnym problemem pozostają niejednolite tłumaczenia najistotniejszych kategorii prawnych, w szczególności pojęć *specially designed* lub *modified for military use*, których interpretacje pozostają w kompetencji krajowej członków UE, i nie są zdefiniowane w prawie unijnym³⁵. Ten stan prawny generuje istotną niepewność dla przedsiębiorstw i instytucji badawczych, które muszą samodzielnie interpretować te pojęcia w procesie klasyfikacji towarów i technologii. Prowadzi to do różnych praktyk krajowych w zakresie wydawania licencji eksportowych i zgłaszania projektów badawczych. Dane krajowe dotyczące autoryzacji eksportowych i odmów wydania licencji, wyraźnie wskazują istotne rozbieżności między państwami członkowskimi w podejściu do

³² European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

³³ European Commission, Report highlights EU's approach to export controls of dual-use items, European Commission – Directorate-General for Trade, Bruksela, 31 stycznia 2025. Dostęp online: https://policy.trade.ec.europa.eu/news/report-highlights-eus-approach-export-controls-dual-use-items-2025-01-31_en

³⁴ European Commission, Exporting dual-use items, European Commission – Trade Policy, Bruksela, b.d. Dostęp online: https://policy.trade.ec.europa.eu/help-exporters-and-importers/exporting-dual-use-items_en

³⁵ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

tych samych kategorii towarów³⁶. Widoczne są przy tym znaczne różnice w krajowych praktykach oceny ryzyka i stosowania środków kontrolnych³⁷.

W odpowiedzi na fragmentację krajowych systemów kontroli i stosowanie przez eksporterów *forum shopping*, Komisja Europejska opublikowała 25 stycznia 2024 roku nowe wytyczne dotyczące zbierania i przetwarzania danych licencyjnych³⁸.

Wytyczne te, uzgodnione z ekspertami krajowymi, zawierają szczegółowe procedury gromadzenia danych przez Komisję oraz krajowe organy kontroli eksportu. Ma to umożliwić publikację w rocznym sprawozdaniu UE bardziej kompletnych informacji na temat licencji eksportowych, w tym odmów transakcji. Nowe podejście ma ułatwić dialog z partnerami spoza UE oraz promować dobre praktyki raportowania na arenie międzynarodowej. Dodatkowo, w kwietniu 2025 roku, Komisja przyjęła Zalecenie (UE) 2025/683 w sprawie koordynacji krajowych list kontrolnych towarów dual-use, które mimo dobrowolnego charakteru proponuje ramy współpracy między państwami członkowskimi w zakresie wymiany informacji o projektach krajowych list kontrolnych. Takie rozwiązanie pozwoli zapobiegać powstawaniu niekontrolowanej mozaiki regulacji krajowych. Zalecenie to wzywa państwa członkowskie do dobrowolnej konsultacji z Komisją i innymi krajami UE przed przyjęciem krajowych środków kontrolnych, co ma służyć harmonizacji podejścia do oceny ryzyka i formatu list kontrolnych wzorowanych na praktykach reżimów wielostronnych, takich jak Porozumienie z Wassena³⁹.

Sytuacja europejskiego rynku rozwoju technologii dual-use uległa zmianie po inwazji Rosji na Ukrainę, kiedy część państw (Francja, Hiszpania, W. Brytania) wprowadziły jednostronne rozporządzenia o eksporcie technologii dual-use. Jak wskazuje Parlament Europejski w dokumencie z października 2025 roku, UE wciąż nie dysponuje jednolitym, szybkim i skutecznym systemem kontrolnym. W świetle istniejących dowodów na wykorzystywanie towarów dual-use pochodzenia zachodniego przez Rosję do celów wojennych jest to szczególnie niepokojące⁴⁰.

³⁶ European Commission, Report highlights EU's approach to export controls of dual-use items, European Commission – Directorate-General for Trade, Bruksela, 31 stycznia 2025. Dostęp online: https://policy.trade.ec.europa.eu/news/report-highlights-eus-approach-export-controls-dual-use-items-2025-01-31_en

³⁷ Mark Bromley, Kolja Brockmann, A tale of two systems: alignment, divergence and coordination in EU and us dual-use export controls, IAI Papers, Rzym, 2024.

³⁸ European Commission, *Commission publishes new Guidelines for annual report on dual-use export controls*, European Commission – Directorate-General for Trade, Bruksela, 25 stycznia 2024. Dostęp online: https://policy.trade.ec.europa.eu/news/commission-publishes-new-guidelines-annual-report-dual-use-export-controls-2024-01-25_en; European Commission, *Commission Recommendation (EU) 2024/214 of 10 January 2024 on guidelines setting out the methodology for data gathering and processing for the preparation of the annual report on the control of exports, brokering, technical assistance, transit and transfer of dual-use items pursuant to Regulation (EU) 2021/821 of the European Parliament and of the Council*, Dz.U. UE L, 2024/214, Bruksela, 10 stycznia 2024.

³⁹ European Commission, *EU bolsters economic security with Recommendation on export controls*, European Commission – Directorate-General for Trade, Bruksela, 16 kwietnia 2025. Dostęp online: https://policy.trade.ec.europa.eu/news/eu-bolsters-economic-security-recommendation-export-controls-2025-04-16_en; European Commission, *Commission Recommendation (EU) 2025/683 of 8 April 2025 on coordination of national control lists*, Dz.U. UE L, 2025/683, Bruksela, 8 kwietnia 2025.

⁴⁰ J. Helder, C. Klaui, R. Denton, I. Brooks, S. Malhi, S. Tsakanakis, J. Matson, C. Ezaz, O. Haynes, A. Keay, *EU Updates Dual-Use Export Control List: Key Changes for Emerging Technologies*, Akin Gump Strauss Hauer & Feld, 2024. Dostęp online: <https://www.akingump.com/en/insights/alerts/eu-updates-dual-use-export-control-list-key-changes-for-emerging-technologies>

NIEPEWNOŚĆ KWALIFIKACJI PROJEKTÓW B+R

Niepewność w zakresie kwalifikowania projektów badawczo-rozwojowych jako dual-use, wynikająca z braku systemowych mechanizmów przeglądu oraz jednolitych wskazówek dowodowych – stanowi barierę operacyjną zarówno dla wnioskodawców programów takich jak Horizon Europe, jak i dla beneficjentów krajowych funduszy (np. NCBR w Polsce).

W programie Horizon Europe nie ma wymogu systemowego przeglądu (*systematic review*) charakteru dual-use we wnioskach badawczych. Nie występuje, ani ogólny, ani celowany wymóg przedstawienia dowodów (*evidence requirement*) dotyczących potencjalnych zastosowań wojskowych lub podwójnego użytku technologii⁴¹. W konsekwencji kwalifikacja projektu jako dual-use pozostaje w gestii samych wnioskodawców, którzy często nie dysponują specjalistyczną wiedzą prawną ani techniczną pozwalającą na poprawną ocenę, czy ich projekt spełnia definicje Załącznika I do Rozporządzenia (UE) 2021/821, które odnosi się do „technologii specjalnie zaprojektowanych lub zmodyfikowanych do użytku wojskowego”. Eksperti wskazują, że brak jest obligatoryjnego mechanizmu *flag* lub *checkbox* w formularzach aplikacyjnych Horizon Europe, który zmuszałby wnioskodawców do oceny potencjału dual-use już na etapie składania wniosku. Prowadzi to do nieświadomego niedostosowania wielu projektów do wymagań kontroli eksportu i bezpieczeństwa badań⁴². Powyższy problem jest bardziej systemowy, gdyż trudności interpretacyjne dotyczą wnioskodawców, instytucji finansujących oraz organów podatkowych skutkując nadmierną ostrożnością i zawężającą wykładnią przepisów (np. w zakresie ulgi B+R)⁴³.

Problem niepewności kwalifikacyjnej jest szczególnie dotkliwy dla startupów i małych przedsiębiorstw technologicznych, które często nie rozpoznają kiedy ich działalność R&D zakwalifikuje się w zakres dual-use i wymaga stosowania procedur kontroli eksportowej oraz licencjonowania. Jak wynika z raportu Mind the Bridge „Going Beyond the Divide 2024”, wśród około 15 000 startupów typu scale-up w krajach NATO i sojusznicych – stanowiących około 25% całego ekosystemu VC-backed – które rozwijają technologie o potencjale dual-use, jedynie około 5–6% (700+) firm faktycznie rozszerzyło swoje rozwiązania na zastosowania obronne. Świadczy to o wielkim niedoborze świadomości i umiejętności klasyfikacyjnych w tym sektorze⁴⁴. Trudnością okazuje się być określenie poziomu TRL (*Technology Readiness Level*) w rozwoju danej technologii. Jak podkreślają eksperci w konsultacji publicznej, większość przedsiębiorstw po prostu unika deklarowania charakteru dual-use w aplikacjach. W lipcu 2025 roku Komisarz ds. Badań i Innowacji Ekaterina Zaharieva potwierdziła, że przyszły program Horizon Europe będzie *dual-use by default*. W praktyce oznacza to, że wsparcie dla projektów o podwójnym zastosowaniu będzie dostępne w całym programie, nie tylko w ramach Europejskiej Rady

⁴¹ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

⁴² League of European Research Universities (LERU), Dual-use and defence in Horizon Europe: this is not the way to go, Leuven, 2023. Dostęp online: <https://www.leru.org/news/dual-use-and-defence-in-horizon-europe-this-is-not-the-way-to-go>

⁴³ Raport Ulga B+R, archiwum Łukasiewicz-ITECH, 2025.

⁴⁴ European Commission, 2025. *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

ds. Innowacji. Będzie to istotna zmiana w 40-letniej polityce wyłącznie cywilnego charakteru programów ramowych⁴⁵.

NADMIERNY RYGOR ZGODNOŚCI Z PRZEPISAMI

Ryzyko nadmiernej zgodności z przepisami (*over-compliance*) stanowi barierę dla rozwoju sektora technologii dual-use gdyż zniechęca do inwestowania zarówno fundusze VC (*venture capital*), jak i przedsiębiorstwa. Według raportu Mind the Bridge „Going Beyond the Divide 2024”, długie i nieprzewidywalne cykle zakupowe w sektorze obronnym oraz postrzegane ryzyka regulacyjne i reputacyjne znacząco obniżają atrakcyjność inwestycji dual-use dla funduszy VC, przy czym tylko około 5-6% startupów deep-tech o potencjale dual-use faktycznie rozszerza swoją działalność na zastosowania obronne⁴⁶. Unika się inwestycji w sektor obronny z uwagi na kwestie etyczne, wymagania ESG, czy ograniczenia dotyczące inwestycji związanych z wojskiem. Nawet dziś niektóre fundusze inwestują wyłącznie w technologie nieśmiercionośne lub *civilian-first* po to, by zachować reputację. Dodatkowo sektor obronny nie został zakwalifikowany do sektora zrównoważonego, a to ogranicza mu dostęp do kapitału. Oprócz tego transakcje w sektorze obronnym podlegają wzmożonej kontroli regulacyjnej, szczególnie w kontekście transgranicznym.

WYNIKI BADANIA EKSPERCKIEGO

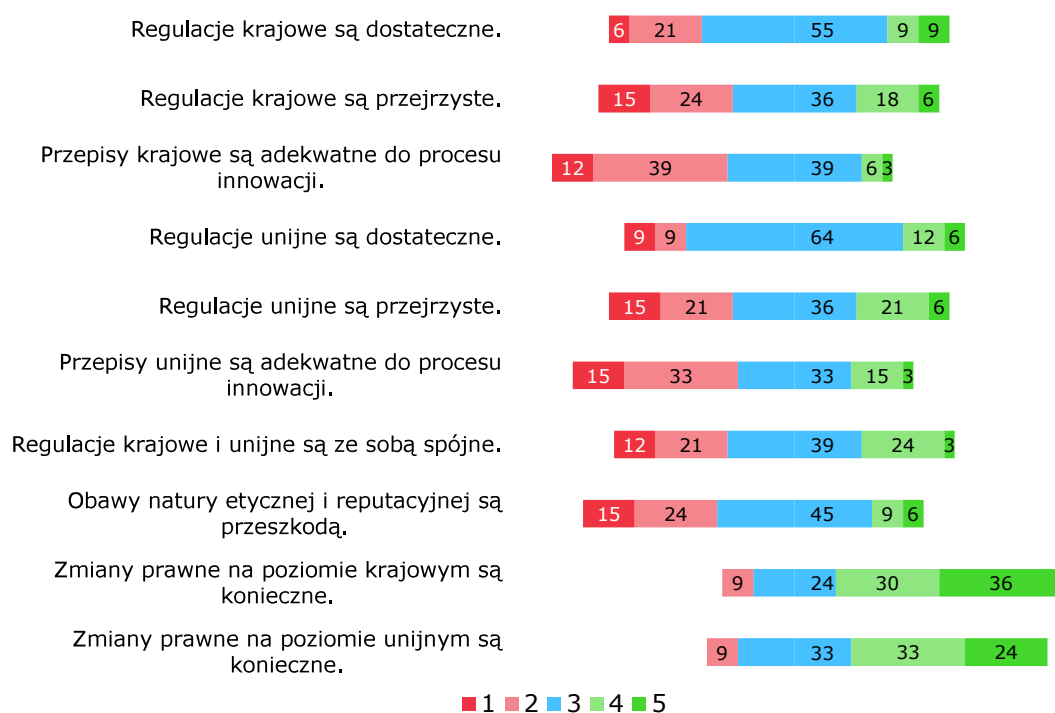
Dla uzyskania całościowego obrazu barier prawnych utrudniających rozwój technologii podwójnego zastosowania, w pierwszej kolejności oceniono poziom regulacji krajowych i unijnych w następujących wymiarach (kryteriach):

- dostateczności – rozumianej jako optymalny zakres, szczegółowość i egzekwowalność regulacji, bez pozostawiania istotnych luk prawnych;
- przejrzystości – rozumianej jako zrozumiałość i dostępność dla adresatów, tak aby możliwe było przewidywanie skutków prawnych działań także przez nie-ekspertów;
- adekwatności – rozumianej jako optymalne dopasowanie regulacji do specyfiki i realiów występujących obecnie w procesie generowania innowacji;
- spójności – rozumianej jako logiczna zgodność wewnętrzna oraz z innymi aktami prawnymi krajowymi i unijnymi, np. bez kolidujących wymogów.

⁴⁵ Horizon Europe will be 'dual use by default,' Zaharieva says, <https://sciencebusiness.net/news/dual-use/horizon-europe-will-be-dual-use-default-zaharieva-says>

⁴⁶ Gärtner, F., *Navigating defense tech and dual-use investments: key legal considerations*, Mind the Bridge, 2024.

Wykres 6. Regulacje. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w % (1- zdecydowanie się nie zgadzam, do 5- zdecydowanie się zgadzam).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania – Technologie dual-use: bariery i perspektywy.

Wyniki badań wskazują, że bariery w regulacjach unijnych są oceniane jako mniejsze niż w krajowych. Z odpowiedzi wynika, że **regulacje krajowe i unijne dotyczące dual-use są uznawane za zbyt mało przejrzyste (39%)**. Zdaniem ekspertów, przejrzystość, zrozumiałość regulacji unijnych, jest wyższa niż krajowych, choć nadal budzi obawy (36% grupy). Spośród wszystkich kryteriów, **najniżej oceniana jest adekwatność regulacji krajowych (52%) i unijnych (48%) do realiów procesu innowacji**. Prawdopodobnie obecny zakres regulacji technologii dual-use jest zbyt restrykcyjny i/lub szczegółowy i nie odpowiada wymaganiom stawianym przez nowoczesne procesy tworzenia innowacji. Dostateczność regulacji w Polsce i UE jest cechą budzącą najwięcej wątpliwości, gdyż znacznie ponad połowa ankietowanych nie potrafiła zająć stanowiska.

Spójność regulacji krajowych z unijnymi jest najlepiej oceniana (27%) spośród czterech kryteriów, mimo że 33% respondentów oceniło ją negatywnie. Możliwą przyczyną takiego podziału opinii jest różna, niejednakowa spójność regulacji obowiązujących w różnych obszarach specjalizacji ankietowanych.

W kolejnych pytaniach kwestionariusza ustalono, że niemal połowa respondentów nie zajęła stanowiska w kwestiach etycznych, natomiast 40% uznało, że **obawy etyczne i reputacyjne nie stanowią istotnej bariery** dla rozwoju technologii podwójnego zastosowania. Opinia ta może zaskakiwać, biorąc pod uwagę możliwość ich wykorzystania do celów militarnych. Ponadto stoi w sprzeczności z uzyskanymi wynikami badań *desk research*, w których akcentowane są opory natury etycznej.

Największą zgodność respondenci-eksperti wyrazili w kwestii potrzeby zmian, poprawy regulacji technologii dual-use. **Znacząca większość uznała za konieczne skorygowanie przepisów prawa krajowego (66%) oraz unijnego (59%).** Odpowiedzi na pytania otwarte w ankiecie, pozwoliły zidentyfikować następujące bariery regulacyjne o charakterze systemowym i prawnym:

Tabela 4. Bariery regulacyjne dla rozwoju technologii podwójnego zastosowania

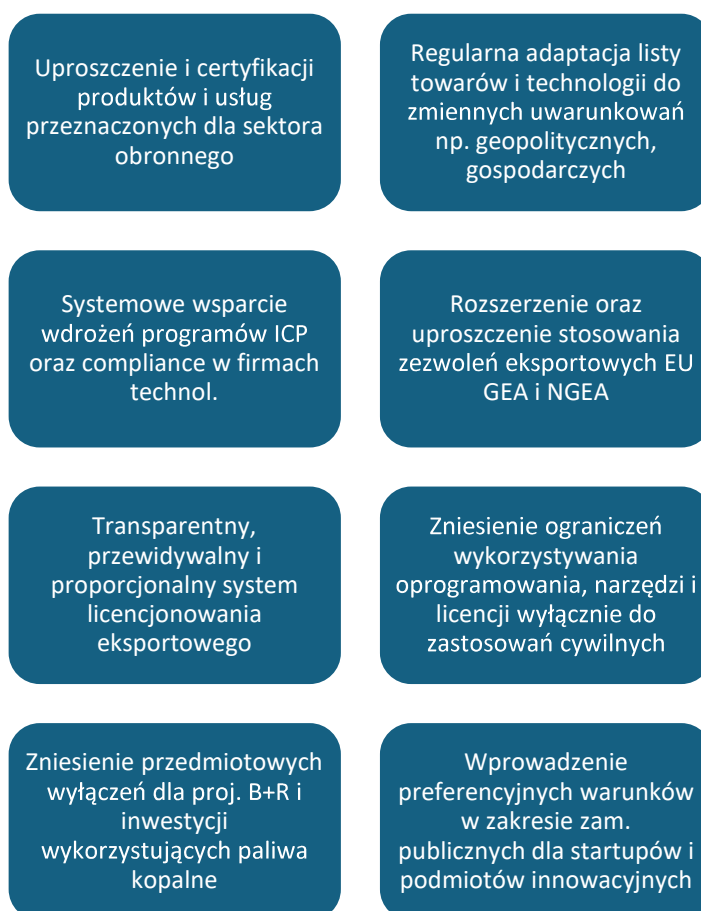
Bariera	Potencjalny wpływ na rozwój
Niejednoznaczność przepisów dotyczących kontroli eksportu	Nieprecyzyjne definicje i niejednolita interpretacja listy towarów podlegających kontroli eksportowej w UE prowadzą do niespójnego stosowania przepisów przez państwa członkowskie. Może to skutkować niepewnością regulacyjną i utrudnieniem w planowaniu działalności eksportowej firm technologicznych.
Trudności we wdrażaniu innowacji na rynek	Złożone i czasochłonne procedury dopuszczania innowacyjnych produktów do obrotu komercyjnego stanowią istotną barierę wejścia, szczególnie dla nowych technologii dual-use, spowalniając tempo ich wdrażania i zwiększając koszty.
Brak spójnych definicji i standardów technicznych w UE i NATO	Różnice w przepisach między państwami członkowskimi UE i NATO dotyczące definicji oraz standardów technicznych utrudniają interoperacyjność, procesy certyfikacji oraz współpracę transgraniczną w projektach dual-use.
Brak ujednoczonych procedur bezpieczeństwa	Brak wspólnych, uznawanych na poziomie międzynarodowym procedur oceny i certyfikacji bezpieczeństwa produktów, oprogramowania i technologii ogranicza możliwość ich wdrażania w sektorze obronnym i zastosowaniach cywilnych o podwyższonych wymaganiach.
Brak regulacji dotyczących niematerialnego transferu technologii (ITT)	Brak jednoznacznych przepisów dotyczących form transferu wiedzy i technologii drogą elektroniczną, zdalnego dostępu do danych czy konsultacji eksperckich, ogranicza międzynarodową współpracę B+R i cyfrowy obrót technologiami podwójnego zastosowania.
Brak procedur szybkiego testowania innowacji przez siły zbrojne	Obecny system zamówień publicznych nie przewiduje ścieżek szybkiego zakupu i testowania innowacyjnych technologii przez wojsko w warunkach operacyjnych. Ogranicza to zdolność do szybkiego wdrażania przełomowych rozwiązań.
Brak spójności regulacji UE z przepisami USA (szczególnie w cyber-bezpieczeństwie)	Niedostosowanie unijnego systemu regulacyjnego do standardów obowiązujących w USA ogranicza transatlantycki transfer technologii i współpracę przemysłową, szczególnie w zakresie bezpieczeństwa cyfrowego.

Niespójność i złożoność procedur eksportowych w UE	Brak harmonizacji oraz nadmierna biurokracja związana z eksportem i transferem technologii w ramach UE spowalnia proces komercjalizacji innowacji i zniechęca do angażowania się w projekty międzynarodowe.
Brak jasnych wytycznych dla projektów B+R w kontekście prawa	Luki regulacyjne dotyczące projektów międzynarodowych, w szczególności brak wytycznych w zakresie zgodności z kontrolą eksportu, ochrony własności intelektualnej oraz bezpieczeństwa informacji, tworzą ryzyko prawne dla instytucji badawczych.
Nieprecyzyjne lub niejasne klauzule dostępu i wymogi dot. procedur, klauzul dostępu i kryteriów.	Firmy inwestujące w rozwój rozwiązań dual-use w ramach projektu cywilnego, nie mają gwarancji że uzyskają dostęp do programów wojskowych i że będą mogły je wdrożyć w sektorze obronnym.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - Technologie dual-use: bariery i perspektywy

Ponadto w trakcie badania respondenci oprócz barier, zgłosili propozycje zmian w odniesieniu do konkretnych obszarów.

Wykres 7. Propozycje zmian regulacyjnych, zmniejszających bariery dla technologii podwójnego zastosowania.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - Technologie dual-use: bariery i perspektywy.

Wyniki badania pokazują, że bariery regulacyjne w obszarze technologii dual-use mają bardziej charakter poznawczy i operacyjny niż normatywny. Regulacje funkcjonują jako źródło niepewności decyzyjnej. Niepewność ta, widoczna w dużym odsetku odpowiedzi neutralnych w kryteriach dostateczności, przejrzystości i adekwatności regulacji stanowi najpoważniejsze ograniczenie dla rozwoju technologii podwójnego zastosowania, niezależnie od formalnego poziomu restrykcyjności przepisów. Jednocześnie wyraźna większość ekspertów opowiadająca się za koniecznością zmian regulacyjnych wskazuje, że problem jest powszechnie rozpoznany, lecz słabo zoperacjonalizowany. Dane sugerują więc istnienie luki między świadomością barier, a zdolnością systemu do ich jednoznacznej diagnozy i korekty.

Bariery operacyjne

Bariery operacyjne wynikające z wymogów zgodności regulacyjnej są szczególnie dotkliwe w relacjach między startupami dual-use a sektorem obronnym, gdzie różnice kultur organizacyjnych i oczekiwania wobec TRL tworzą dodatkowe wyzwania. Wiele sił zbrojnych nie jest przyzwyczajonych do pracy ze startupami znajdującymi się na etapie TRL 6, które wymagają dalszych inwestycji w skalowanie i integrację systemów, podczas gdy tradycyjne zamówienia obronne oczekują rozwiązań gotowych do wdrożenia (TRL 8-9)⁴⁷. Ta luka dojrzałości technologicznej nakłada się na rosnące obciążenia proceduralne związane z kontrolą eksportu, weryfikacją *end-use* i *end-user*, certyfikacją bezpieczeństwa oraz wymogami związanymi z ochroną informacji niejawnych. W praktyce wymaga to od startupów zatrudnienia specjalistów compliance i prawnych już na wczesnych etapach rozwoju, zanim wygenerują one przychody⁴⁸. Przykładowo, w przypadku naruszenia sankcji UE zgodnie z Dyrektywą 2024/1226, przedsiębiorstwa mogą zostać ukarane grzywnami w wysokości od 1% do 5% całkowitego światowego obrotu lub karami stałymi w wysokości od 8 do 40 milionów euro, a zamierzone naruszenia embarga skutkują co najmniej rokiem pozbawienia wolności⁴⁹. Te rygorystyczne kary sprawiają, że wiele przedsiębiorstw przyjmuje podejście *over-compliance* czyli bardziej restrykcyjne interpretacje przepisów niż faktyczne wymagania. Zwiększa to koszty operacyjne i spowalnia procesy innowacyjne, szczególnie w małych i średnich przedsiębiorstwach, które nie dysponują zasobami do utrzymania wyspecjalizowanych działów compliance⁵⁰.

„SEKURYTYZACJA” POLITYKI NAUKOWO-TECHNOLOGICZNEJ ORAZ INNOWACYJNEJ

Globalne kryzysy – w tym pandemia COVID-19, wojna w Ukrainie oraz rosnące napięcia geopolityczne – przyczyniły się do narastającej „sekurytyzacji” polityki STI, rozumianej

⁴⁷ European Commission. 2025. *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

⁴⁸ Tamże.

⁴⁹ Dyrektywa (UE) 2024/1226 Parlamentu Europejskiego i Rady z 24 kwietnia 2024 r. w sprawie określenia przestępstw związanych z naruszeniem unijnych środków ograniczających oraz sankcji za takie naruszenia i zmiany Dyrektywy (UE) 2018/1673. Dostęp online: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/criminal-offences-and-penalties-for-the-violation-of-eu-restrictive-measures.html>

⁵⁰ Dual Use Technologies 2025; Dual-Use Compliance: The Hidden Cost of Getting It Wrong in Aerospace and Defense. Dostęp online: <https://www.clevr.com/blog/dual-use-compliance-in-aerospace-and-defense-what-you-need-to-know>

jako proces przekształcania zagadnień badawczych, technologicznych i innowacyjnych w kwestie bezpieczeństwa państwa.

OECD wprowadził „framework trzech P” (ochrona, promocja, projekcja) opisujący typy interwencji politycznych mających na celu wzmocnienie strategicznej autonomii technologicznej: (1) ochrona – ograniczanie przepływów wiedzy i redukcja ryzyk wynikających ze współzależności poprzez kontrole eksportowe, screening inwestycji zagranicznych i bariery pośrednie; (2) promocja – wzmocnianie krajowych zdolności innowacyjnych przez polityki przemysłowe i misyjne; (3) projekcja – rozszerzanie i pogłębianie międzynarodowych powiązań STI poprzez sojusze technologiczne i udział w międzynarodowych organach normalizacyjnych⁵¹. W praktyce jednak, domenami politycznymi napędzającymi te zmiany są handel, sprawy zagraniczne, obronność i przemysł, podczas gdy ministerstwa badań i innowacji oraz agencje finansujące badania odgrywają mniej centralną rolę.

OGRODICZENIA ZWIĄZANE Z OCHRONĄ WŁASNOŚCI INTELEKTUALNEJ

Ograniczenia związane z ochroną własności intelektualnej (IP) oraz transferem technologii stanowią inny rodzaj barier rozwoju technologii dual-use. Jest to szczególnie widoczne w kontekście narastających napięć geopolitycznych i rosnącej złożoności przepisów dotyczących kontroli eksportu. Fundamentalnym problemem jest tutaj brak jednolitej metodyki identyfikacji projektów dual-use oraz brak wspólnych wytycznych dotyczących interpretacji kluczowych pojęć prawnych, takich jak *specifically designed lub modified for military use*. To sprawia, że współpraca międzynarodowa i transfery technologii między instytucjami badawczymi oraz przedsiębiorstwami z różnych krajów członkowskich UE napotykać znaczące przeszkody interpretacyjne i proceduralne⁵². Problem ten jest szczególnie dotkliwy w kontekście niematerialnego transferu technologii (*Intangible Technology Transfer*, ITT), który obejmuje zarówno przekazywanie danych technicznych (*technical data*), jak i pomocy technicznej (*technical assistance*) w formie szkoleń, konsultacji, wiedzy praktycznej czy komunikacji ustnej i elektronicznej. Zgodnie z art. 3 i 8 Rozporządzenia UE 2021/821 w sprawie kontroli eksportu towarów dual-use, transfer technologii niematerialnych wymaga autoryzacji eksportowej, gdy dotyczy zastosowań określonych w art. 4 ust. 1, obejmujących potencjalne użycie wojskowe lub proliferację broni masowego rażenia. Jednak w praktyce kontrola ITT jest znacznie trudniejsza niż kontrola eksportu fizycznych towarów, gdyż transfer technologii niematerialnych może odbywać się np. poprzez e-mail, rozmowy telefoniczne, udział w konferencjach, szkolenia online, dostęp do chmury czy nawet nieformalne rozmowy między naukowcami⁵³.

Szczególne wyzwania związane z transferem technologii dual-use dotyczą startupów sprzętowych, które w środowisku międzynarodowym napotykać na strukturalne bariery skalowania produkcji oraz ochrony IP. Startupy sprzętowe charakteryzują się znacznie większą kruchością (*fragility*) niż przedsiębiorstwa softwarowe, gdyż nie posiadają

⁵¹ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling transitions in times of disruption. OECD Publishing. DOI:<https://doi.org/10.1787/0b55736e-en>

⁵² European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

⁵³ Celik, Emin, Intangible Transfer of Technology Under the European Union Dual-Use Goods Regulation, TradeWin, <https://blog.tradewin.net/intangible-transfer-of-technology-under-the-european-union-dual-use-goods-regulation>

infrastruktury niezbędnej do skalowania produkcji sprzętu, a to czyni je zależnymi od producentów kontraktowych i skomplikowanych globalnych łańcuchów dostaw. Statystyki pokazują, że startupy sprzętowe konsumenckie są o połowę mniej prawdopodobne do pozyskania drugiej rundy finansowania niż przedsiębiorstwa technologiczne ogólnie, zaś 97% z nich upada przed piątym rokiem działalności⁵⁴. Głównym problemem jest tzw. *manufacturing valley of death* – luka między prototypowaniem a produkcją masową. W kontekście dual-use problem ten jest dodatkowo zaostrzony przez wymogi kontroli eksportu, które nakładają ograniczenia na lokalizację produkcji, wybór dostawców komponentów oraz transfer dokumentacji technicznej do producentów znajdujących się w innych jurysdykcjach, szczególnie poza UE czy NATO⁵⁵.

WYNIKI BADANIA EKSPERCKIEGO

Wyniki badania eksperckiego pokazały, że bariery organizacyjne rozwoju technologii dual-use w Polsce, wynikają z trwałej fragmentacji odpowiedzialności i braku jednoznacznej architektury zarządzania. Eksperti konsekwentnie wskazują na nadmiar instytucji zaangażowanych w procesy regulacyjne, licencyjne i decyzyjne oraz brak jednego punktu koordynacji po stronie państwa wskazując, że „w procesie ubiegania się o zezwolenia uwikłanych jest za dużo instytucji (Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Krajowa Administracja Skarbowa, często z pośrednictwem Agencji Rozwoju Przemysłu oraz Polskiego Funduszu Rozwoju), co utrudnia proces”. Badanie wnosi istotną obserwację, że ta wieloinstytucyjność wydłuża procedury i generuje niepewność organizacyjną po stronie podmiotów B+R i przedsiębiorstw, które nie są w stanie przewidzieć przebiegu procesu ani przypisać odpowiedzialności za jego poszczególne etapy.

Drugim istotnym wynikiem badania jest empiryczne potwierdzenie, że najpoważniejsze bariery organizacyjne ujawniają się na styku sektorów: cywilnego, naukowego i obronnego. Respondenci wskazują na słabą współpracę uczelni z przemysłem i wojskiem, ograniczoną gotowość przemysłu obronnego do pracy ze startupami oraz niedopasowanie trybu działania sił zbrojnych do iteracyjnego charakteru innowacji technologicznych. Badanie wykazało, że luka TRL jest problemem organizacyjnym i wynika z braku procedur umożliwiających testowanie, walidację i stopniowe włączanie rozwiązań rozwijanych na wcześniejszych poziomach gotowości, gdyż „problemem jest brak chęci i gotowości przemysłu do współpracy ze spółkami technologicznymi oraz ograniczone możliwości testowania rozwiązań przez wojsko. Wojsko potrzebuje gotowych produktów, a nie technologii na poziomie TRL 4–6”. W rezultacie rozwój technologii dual-use spowalnia się właśnie w fazach przejściowych między badaniami, pilotażem a wdrożeniem.

Trzecim obszarem, który badanie wyraźnie wydobywa, są bariery organizacyjne w codziennej realizacji projektów, niedostatecznie widoczne w analizach regulacyjnych. Eksperti wskazali na ograniczony dostęp do infrastruktury testowej i poligonów, trudności w uzyskaniu informacji o zasadach korzystania z tych zasobów oraz na obciążenia wynikające z pracy na informacjach wrażliwych. Badanie przyniosło też ważny wniosek, że

⁵⁴ European Commission. 2025. *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

⁵⁵ World Intellectual Property Organization (WIPO), 9 Cross-border collaborations: challenges and opportunities, WIPO Web Publications. Dostęp online: <https://www.wipo.int/web-publications/a-primer-on-technology-transfer-in-the-field-of-biotechnology/en/9-cross-border-collaborations-challenges-and-opportunities.html>

wymogi bezpieczeństwa i compliance, przy braku proporcjonalnych mechanizmów wsparcia organizacyjnego, wymuszają na startupach i MŚP strategię nadmiernej ostrożności, zwiększając koszty operacyjne i obniżają skłonność do podejmowania projektów dual-use. Tym samym bariery organizacyjne są pochodną regulacji i czynnikiem ograniczającym tempo i skalę rozwoju tego segmentu technologii.

Bariery finansowe

BRAK INSTRUMENTÓW FINANSOWANIA

Niedostępność instrumentów finansowania dla technologii dual-use na poziomach 6-9 TRL, nazywana jest „doliną śmierci” (*valley of death*). Ten systemowy deficyt uniemożliwia przejście z etapu badań i rozwoju do wdrożenia operacyjnego i produkcji seryjnej. Mimo zwiększonego finansowania publicznego, obecne procedury zamówień publicznych nadal opierają się na przestarzałych modelach zakupowych co skutkuje luką w finansowaniu startupów po zakończeniu projektów pilotażowych. Główne bariery i wyzwania rozwoju startupów obronnych (dual-use) na etapie TRL 6 wynikają z:

- słabych modeli biznesowych i ograniczonych zasobów finansowych start-upów (brak stabilnych źródeł finansowania, rezerw kapitałowych);
- braku własnej infrastruktury produkcyjnej, zaplecza technicznego i możliwości produkcji seryjnej;
- ograniczonego dostępu do partnerów przemysłowych w tym możliwości wpięcia w istniejące łańcuchy dostaw;
- barier proceduralnych, certyfikacyjnych i organizacyjnych, typowych dla sektora obronnego;
- wysokiej zależności od kapitału spoza Europy, braku niezależności i konkurencyjności;
- braków spójnych mechanizmów między programami cywilnymi i obronnymi;
- niestabilności i braku bezpieczeństwa inwestycyjnego w sektorze technologii podwójnego zastosowania⁵⁶.

Pomimo pięciokrotnego wzrostu finansowania na startupy obronne w Europie, od 2021 roku mamy do czynienia z wysokim stopniem uzależnienia szczególnie od amerykańskich inwestorów. Dodatkowo, pomimo ogólnego wzrostu inwestycji finansowanie *defence-tech* pozostaje relatywnie niskie w porównaniu z innymi sektorami technologicznymi, a całkowita wartość funduszy VC dedykowanych dual-use wynosi około 3,6 miliarda USD. Stanowi to zaledwie ułamek kapitału dostępnego dla tradycyjnych startupów technologicznych⁵⁷.

Przejście od badań podstawowych i stosowanych (TRL 1–5) do demonstracji i wdrożenia w środowisku operacyjnym i komercjalizacji (TRL 6–9) wymaga odmiennego rodzaju finansowania niż granty badawcze. Na etapach TRL 6–9 potrzebne są inwestycje

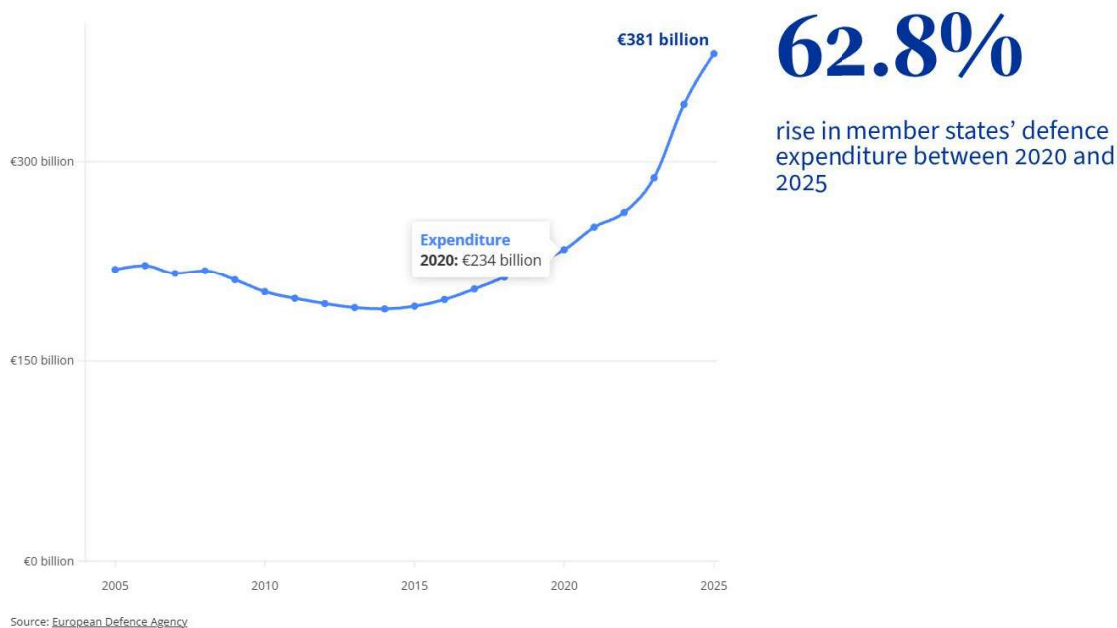
⁵⁶ Mind the Bridge, Going Beyond the Divide 2024; Kipurs, A. (2025, 30 października). To keep up in defence innovation, Europe must fix its 'fielding gap'. Resilience Media. Dostęp online: <https://www.resiliencemedia.co/p/to-keep-up-in-defence-innovation-europe-must-fix-its-fielding-gap>

⁵⁷ Tamże.

w infrastrukturę produkcyjną, certyfikację, testy w warunkach rzeczywistych oraz budowę kanałów dystrybucji. Tego rodzaju aspekty nie znajdują się w tradycyjnych programach badawczo-rozwojowych takich jak Horizon Europe czy krajowych agencji badawczych.

Zgodnie z dokumentami Europejskiej Agencji Obrony (EDA), Europa wydaje mniej niż 0,05% PKB na badania i technologie obronne. Łączne wydatki obronne państw członkowskich UE osiągnęły w 2024 roku 326 miliardów euro (1,9% PKB), z czego 31% przeznaczono na inwestycje w zakup nowego sprzętu⁵⁸.

Wykres 8. Wydatki na obronność w latach 2005–2025.



Źródło: European Council: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/defence-numbers/>

Te inwestycje zakupowe koncentrują się jednak na gotowych systemach od dużych producentów obronnych, podczas gdy innowacyjne rozwiązania od startupów na etapach TRL 6–8, nie mają dostępu do tych strumieni finansowania, ponieważ nie są jeszcze w pełni operacyjne, mimo że przekroczyły już etap badań akademickich kwalifikujących się do finansowania z programów takich jak European Defence Fund (EDF). Raport długoterminowego przeglądu EDA z maja 2024 roku podkreśla tę lukę, wskazując że Agencja powinna wspierać państwa członkowskie na wszystkich etapach cyklu rozwoju, przy czym szczególnie krytyczne jest „przejście od B+R do zdolności operacyjnych”. EDA w swoich pięciu zadaniach wskazuje wyraźnie, że Hub for EU Defence Innovation (HEDI), działający w synergii z EU Defence Innovation Scheme (EUDIS) zarządzanym przez Komisję, ma za zadanie dostarczać demonstratory i eksperymenty, „łącząc kropki z rozwojem zdolności”⁵⁹. Choć pojawiają się nowe instrumenty finansowania, które nie

⁵⁸ European Defence Agency. (2025). *Annual Report 2024*, ed. Robin Emmott. European Defence Agency. <https://eda.europa.eu/docs/default-source/brochures/eda---annual-report-2024.pdf>; Council of the European Union. (2026). *EU defence in numbers*. Retrieved February 2026, from <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/defence-numbers>.

⁵⁹ European Defence Agency (EDA), EDA as the intergovernmental defence nexus at EU level – supporting mods along all the steps of the capability development cycle & beyond. Defence data

wydają się być wystarczające do tego by zbudować spójny i trwały europejski ekosystem rozwoju technologii dual-use⁶⁰.

OGRANICZONY DOSTĘP DO PRYWATNEGO KAPITAŁU

Ograniczony dostęp do prywatnego kapitału pozostaje fundamentalną barierą dla skalowania europejskiego ekosystemu technologii dual-use, szczególnie w porównaniu z Stanami Zjednoczonymi, które zdominowały globalny rynek finansowania sektora obronnego. Warto zauważyć, że podczas gdy w ekosystemie NATO i sojusznicznych krajów funkcjonuje około 15 000 startupów o potencjale dual-use, liczba „czystych” startupów wyspecjalizowanych w technologiach obronnych (*pure defence-tech scale-ups*) wynosi zaledwie poniżej 200. To świadczy o dużym niedowartościowaniu potencjału komercyjnego sektora i niskim zainteresowaniu inwestorów na ryzyko związane z lokowaniem kapitału w branży obronnej⁶¹. Ta dysproporcja wynika z obaw środowiska VC dotyczących długich cykli sprzedażowych, percepcji ryzyka regulacyjnego, wymogów zgodności i reputacyjnych ograniczeń ESG, które przez lata zniechęcały inwestorów do zaangażowania się w branżę obronną.

Funkcjonuje około 54 aktywnych funduszy VC specjalizujących się w technologiach dual-use, a ich koncentracja geograficzna jest wyraźnie poza Europą. Inwestorzy amerykańscy napędzają 40-50% wszystkich przepływów kapitału do europejskich startupów dual-use. Przez to europejski ekosystem pozostaje strukturalnie uzależniony od amerykańskiego kapitału i warunkowany przez strategie *exit* dostosowane do rynku i regulacji USA⁶².

Kryzys kapitału wzrostowego w sektorze technologii dual-use ujawnia systemowe niedobory w europejskim finansowaniu innowacji wrażliwych dla bezpieczeństwa. Według sprawozdania European Cybersecurity Investment Platform – przygotowanego przez Europejski Bank Inwestycyjny we współpracy z Komisją Europejską - Unia Europejska ma szacunkową lukę finansowania *venture capital*, a problem ten jest szczególnie dotkliwy dla startupów w fazach wzrostu (*scale-up*). Brak specjalistycznych inwestorów akceptujących ryzyko w branży obronnej skutkuje ogólnie ograniczoną dostępnością dedykowanego finansowania prywatnego, a to z kolei ogranicza zarówno liczbę firm, które mogą otrzymać finansowanie, jak i skalę tego finansowania (*ticket size*)⁶³.

2024–2025, Brussels. Dostęp online: <https://eda.europa.eu/docs/default-source/brochures/2025-eda-defencedata-web.pdf>

⁶⁰ EARTO (European Association of Research and Technology Organisations), EARTO policy recommendations 2024–2029: “no EU tech, no EU competitiveness”, Brussels, <https://www.earto.eu/wp-content/uploads/EARTO-Recommendations-No-EU-Tech-No-EU-Competitiveness-Final.pdf>

⁶¹ Mind the Bridge, “Going Beyond the Divide 2024”; Kipurs, A. (2025, 30 października). To keep up in defence innovation, Europe must fix its ‘fielding gap’. Resilience Media. Dostęp online: <https://www.resiliencemedia.co/p/to-keep-up-in-defence-innovation-europe-must-fix-its-fielding-gap>

⁶² Palchynska, Lisa, Europe raises record \$1.5B for defence tech. Why is it still behind the US in the VC race?, Vestbee. Dostęp online: <https://www.vestbee.com/insights/articles/europe-raises-record-1-5-b-for-defence-tech>

⁶³ *European Cybersecurity Investment Platform*, European Investment Bank, 2022. Dostęp online: <https://www.eib.org/attachments/lucalli/20220206-european-cybersecurity-investment-platform-en.pdf>

STRUKTURALNA DYSPROPORCJA MIĘDZY INWESTYCJAMI

Strukturalna dysproporcja między inwestycjami publiczno-wojskowymi, a finansowaniem prywatnym startupów dual-use, ujawnia krytyczną lukę w modelu finansowania, którą europejskie instytucje finansowe dopiero zaczynają adresować. Raport PIE z grudnia 2024 roku „What policies for a secure and competitive Europe?” wskazuje, że „dolinę śmierci” między finansowaniem badań a komercjalizacją dla startupów dual-use można przezwyciężyć poprzez dedykowane instrumenty finansowe wspierające etapy od walidacji do produkcji. Mimo rozszerzenia wsparcia Europejskiego Banku Inwestycyjnego i aktywizacji funduszy takich jak EIF czy NATO Innovation Fund, europejski ekosystem finansowania technologii dual-use nadal boryka się z istotną luką kapitałową pomiędzy etapem badań a produkcją skalowaną. Europa pozostaje strukturalnie słabsza w rozwoju innowacji obronno-cywilnych w porównaniu z bardziej zintegrowanymi ekosystemami w USA, Izraelu czy Singapurze⁶⁴.

BRAK KONTRAKTÓW PILOTAŻOWYCH I DŁUGIE CYKLE ZAMÓWIEŃ

Brak kontraktów pilotażowych i długie cykle zamówień obronnych, stanowią kolejne bariery finansowe rozwoju technologii dual-use. Siły zbrojne wykazują niechęć do współpracy ze startupami preferując przedsiębiorców zdolnych do dostarczenia w pełni gotowych systemów. Problem ten ma charakter wieloaspektowy i obejmuje kilka powiązanych ze sobą barier:

- Nieadekwatny model zamówień wymagający udowodnienia pełnej operacyjności przed podpisaniem umowy -> wysokie koszty walidacji bez gwarancji zakupu.
- Długi horyzont zwrotu (od 6 do 10 lat) -> wzrost ryzyka technologicznego.
- Złożoność procedur i certyfikacji -> uszczuplenie zasobów finansowych.

Bariery finansowe rozwoju technologii dual-use w Europie wynikają z fragmentacji rynków krajowych oraz braku zharmonizowanych procedur zakupowych, które ograniczają dostęp MŚP do kontraktów pilotażowych i inwestycji wdrożeniowych. Jak wskazuje raport CEPS/CSDS (2025), Unia Europejska nie posiada dobrze rozwiniętych mechanizmów wsparcia dla startupów obronnych, takich jak te funkcjonujące w Stanach Zjednoczonych (DARPA, DIU) czy Wielkiej Brytanii (DASA), a realne zdolności w tym zakresie występują jedynie we Francji⁶⁵. Zgodnie z analizą Parlamentu Europejskiego, dominacja narodowych strategii zakupowych typu *buy national* i istnienie 27 odrębnych reżimów – utrwalają protekcyjność. W praktyce blokuje to napływ kapitału i utrudnia rozwój innowacyjnych podmiotów technologicznych o zasięgu paneuropejskim⁶⁶.

W odpowiedzi na te wyzwania instytucje europejskie (Komisja Europejska i Europejska Agencja Obrony) podejmują działania na rzecz skrócenia cykli zakupowych, uproszczenia procedur oraz wzmocnienia instrumentów finansowych wspierających sektor dual-use. Do

⁶⁴ Resilience Media; Dealroom, The state of defence tech 2025. Dostęp online:

<https://dealroom.co/uploaded/2025/09/State-of-Defence-Tech-2025-Dealroom-Resilience.pdf>

⁶⁵ Resilience Media; Dealroom, The state of defence tech 2025. Dostęp online:

<https://dealroom.co/uploaded/2025/09/State-of-Defence-Tech-2025-Dealroom-Resilience.pdf>

⁶⁶ European Parliamentary Research Service (EPRS), Building a common market for European defence, autorzy: Sebastian Clapp, Martin Höflmayr (z udziałem Falk Vambrie), Members' Research Service, PE 775.924, Brussels, September 2025. Dostęp online:

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI\(2025\)775924_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI(2025)775924_EN.pdf)

najważniejszych inicjatyw należą: Europejski Fundusz Obrony (EDF) o budżecie 7,3 miliarda euro, Defence Equity Facility zarządzany przez Europejski Fundusz Inwestycyjny (EIF), Europejski Program Przemysłu Obronnego (EDIP) z budżetem 1,5 miliarda euro oraz instrument SAFE, który ma umożliwić państwom członkowskim pozyskanie do 150 miliarda euro pożyczek na inwestycje obronne w uproszczonym trybie⁶⁷. Razem tworzą one załączek bardziej spójnego i elastycznego ekosystemu finansowania, zdolnego do wspierania europejskich startupów i MŚP w sektorze technologii obronno-cywilnych⁶⁸.

Przykład ukraińskich reform prokuracyjnych, opisany w raporcie PRISM Ukraine (2025), pokazuje, że cyfryzacja procesów, decentralizacja decyzji oraz bezpośrednie sprzężenie zwrotne między użytkownikiem a producentem mogą skrócić cykle zakupowe z lat do miesięcy, znacząco zwiększając efektywność i elastyczność systemu⁶⁹. Komisja Europejska i EDA wskazują model ukraiński jako inspirację dla reform europejskich, postulując w raportach takich jak DIGITALEUROPE (2025) i Bruegel (2025) potrzebę radykalnego skrócenia czasu prokuracji, zwiększenia skali wspólnych zamówień oraz wdrożenia szybkich mechanizmów kontraktowych⁷⁰. Wśród rekomendowanych rozwiązań znajduje się upowszechnienie tzw. modeli nabywcy wiodącego (*lead customer models*), w których sektor publiczny jasno komunikuje swoje potrzeby strategiczne, tworząc przewidywalne warunki dla inwestycji badawczo-rozwojowych i komercjalizacji innowacji wśród europejskich MŚP⁷¹.

SŁABE WYKORZYSTANIE INSTRUMENTÓW EDF ORAZ FENG

Niski poziom zastosowania instrumentów Europejskiego Funduszu Obronnego oraz Funduszu Europejskiego Nowych Gospodarek (FENG) do finansowania technologii dual-use wynika z szeregu barier systemowych.

Widoczność i raportowanie projektów dual-use finansowanych ze środków unijnych są słabo zdefiniowane, gdyż brakuje systemowych mechanizmów identyfikacji, a same programy nie wymagają dowodowych analiz potencjału podwójnego zastosowania już na etapie wniosku⁷². Wskazuje się na ograniczenie dostępności finansowania instytucjonalnego w UE i brak dedykowanych ścieżek dla skalowania technologii dual-use, szczególnie w zakresie TRL 6–9. Ten deficyt krytycznie utrudnia komercjalizację

⁶⁷ European Commission, Proposal for a council regulation establishing the security action for Europe (safe) through the reinforcement of the European defence industry instrument, COM (2025) 122 final, 2025/0122 (NLE), Brussels, 19 March 2025.

⁶⁸ European Commission; High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy, Joint white paper for European defence readiness 2030, JOIN (2025) 120 final, Brussels, 19 March 2025.

⁶⁹ PRISM (Ukraine), Blue and yellow annex. To the white paper on the future of European defence, Policy Briefs, 2025. Dostęp online: https://prismua.org/wp-content/uploads/2025/04/Blue_and_yellow_annex_on_defense.pdf

⁷⁰ Redefining defence innovation: an industry blueprint for NATO's rapid adoption action plan. DIGITALEUROPE, Roadmap for nato, publikacja online (Brussels, February 2025). Dostęp online: <https://cdn.digitaleurope.org/uploads/2025/02/DIGITALEUROPE-ROADMAP-FOR-NATO-FINAL-WEB.pdf>

⁷¹ Flynn, Anthony, Research on SME involvement in public procurement: a review, critique and conceptual framework, journal of purchasing and supply management, 2025, art. no. 101052, dostęp online: 27 June 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2025.101052>

⁷² European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

i wdrożenia⁷³. Systemy monitorowania i pomiaru efektów projektów dual-use w ramach EDF i FENG są fragmentaryczne i nie dostarczają pełnej informacji decyzyjnej dla polityków i inwestorów⁷⁴. Istnieją duże rozbieżności w praktykach krajowych, które powodują, że projekty dual-use są często niedostatecznie kwalifikowane do wsparcia, a w efekcie fundusze rozwojowe nie są optymalnie wykorzystywane⁷⁵.

Inicjatywy *dual-use ventures* nie mają wystarczającego dostępu do kapitału wzrostowego, zaś administracyjne ograniczenia w systemie EDF i FENG zmniejszają atrakcyjność tych instrumentów dla innowatorów. Badania pokazują, że mechanizmy European Defence Industry Reinforcement (EDIRPA) oraz EDF „nie były projektowane jako narzędzia dla dual-use, a ich obecne modele wsparcia preferują wojskowe zastosowania końcowe przed projektami o potencjale cywilno-wojskowym”⁷⁶.

System przyznawania grantów EDF i FENG nie ma jasnych kryteriów identyfikacji i walidacji projektów dual-use, a wdrażanie krajowych korytarzy aplikacyjnych (np. FENG dla MŚP w Polsce) generuje rozbieżności regulacyjne oraz faworyzuje tradycyjne technologie obronne. W efekcie, projekty z sektora energetyki, infrastruktury cyfrowej, zaawansowanych materiałów czy przemysłu satelitarnego mają trudności z wejściem do programu bez partnerstwa z dużym kontraktorem zbrojeniowym⁷⁷.

Można wskazać systemowe błędy w monitoringu, ewaluacji i raportowaniu projektów dual-use w ramach programów ramowych UE, które przekładają się na brak efektów synergii cywilno-wojskowych⁷⁸. Badania potwierdzają, że model grantowy dla projektów B+R w Europie jest zazwyczaj *civilian first*, a projekty dual-use wymagające przejścia przez TRL 6–8 nie są klasyfikowane w sposób, który pozwala na efektywne pozyskanie dużych grantów i inwestycji⁷⁹.

WYNIKI BADANIA EKSPERCKIEGO

Obecny stan barier związanych z finansowaniem rozwoju dual-use, zbadano oceniając krajową wystarczalność źródeł i skuteczność narzędzi w praktyce, a także oceniając unijne

⁷³ European Commission. 2025. *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

⁷⁴ Polski Instytut Ekonomiczny (PIE), What policies for a secure and competitive Europe? 10 ideas for the European Commission, Policy Paper nr 4/2024, Warsaw, 2024

⁷⁵ European Parliament; European Parliamentary Research Service (EPRS), Building a common market for european defence, Briefing, PE 775.924, Brussels, 2025. Dostęp online: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI\(2025\)775924_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI(2025)775924_EN.pdf)

⁷⁶ Wolff, Guntram B.; Steinbach, Armin; Zettelmeyer, Jeromin, The Governance and Funding of European Rearmament, Bruegel, Policy Brief, Brussels, 2025. Dostęp online: <https://www.bruegel.org/policy-brief/governance-and-funding-european-rearmament>

⁷⁷ Izabela Albrycht; Wojciech Lorenz, NATO Augments Its Technology Policy: Opportunities and Challenges for the Allies, Polish Institute of International Affairs (PISM), Warsaw. Dostęp online: <https://pism.pl/publications/nato-augments-its-technology-policy-opportunities-and-challenges-for-the-allies>

⁷⁸ Flynn A., Research on SME involvement in public procurement: A review, critique and conceptual framework, Journal of Purchasing and Supply Management

⁷⁹ Paolo Garonna, The European Defense Industry: From Fragmentation to Innovation, LUISS Guido Carli, Rome, 2020. Dostęp online: https://tesi.luiss.it/28498/1/637242_SCORTECCI_GIANMARCO.pdf

instrumenty finansowe pod kątem wrażliwości na specyfikę obszaru technologii podwójnego zastosowania.

Wykres 9. Finansowanie. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w % (1- zdecydowanie się nie zgadzam, do 5- zdecydowanie się zgadzam).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - *Technologie dual-use: bariery i perspektywy*.

Ogólna ocena wszystkich kwestii związanych z krajowym finansowaniem jest negatywna. Aż 64% badanych uważa, że **krajowe źródła finansowania projektów dual-use nie są wystarczające**, a 57% twierdzi, że te narzędzia nie działają w praktyce. Jednak **najgorzej (największa grupa ankietowanych) oceniana jest skuteczność obecnych form współpracy nauki z biznesem przy dual-use**.

Twierdzenie, że unijne instrumenty finansowe w wystarczającym stopniu uwzględniają specyfikę tych technologii, wzbudza najwięcej wątpliwości, ale też sceptycyzmu (42% ankietowanych). W trakcie badania eksperci zwrócili uwagę na to, że alokację środków finansowych do poszczególnych instrumentów finansowych, powinna poprzedzić „gruntowna ocena i priorytetyzacja obszarów technologicznych, które w pierwszej kolejności chcemy zasilać finansowo”.

Badanie wykazało obawy dotyczące efektu mody wywołanego źle zorganizowanym finansowaniem projektów B+R. Zwiększone zainteresowanie finansowaniem dual-use może przyciągnąć podmioty nastawione wyłącznie na pozyskanie środków, a nie na dostarczenie użytecznych rozwiązań obronnych.

Ponadto zwrócono uwagę na fakt, iż **narzędzia finansowe służące konkretnemu wsparciu projektów dual-use, np. dla przyspieszenia prac B+R, powinny od początku być konstruowane tak, aby funkcjonowały także po przekroczeniu progu wojny**.

Zdaniem niektórych ankietowanych, obecne programy finansowania wspierają rozwój technologii na poziomie TRL 4-6 (*proof-of-concept*, demonstratory), podczas gdy sektor obronny wymaga produktów gotowych do użycia (TRL 8-9). W efekcie powstaje "dolina śmierci dla prototypów", które pozostają niewdrożone z powodu braku mechanizmów finansowania etapów końcowych rozwoju i produkcji seryjnej.

Tabela nr 5. informuje jakie instrumenty lub narzędzia, zdaniem ankietowanych, przyspieszyłyby rozwój technologii dual-use:

Tabela 5. Propozycje instrumentów i narzędzi finansowania.

Granty i dotacje bezpośrednie	
Granty walidacyjne oraz proof-of-concept	<ul style="list-style-type: none"> Szybkie granty walidacyjne i pilotażowe Instrumenty typu "proof of concept" o zmniejszonej biurokracji i możliwości szybkiego uruchomienia projektu (wzór: DARPA - szybkie zlecenie kontraktu i rzetelna ocena wyników) Micro-granty do 0,5 mln zł na adaptacje technologii do potrzeb sektora obronnego
Granty ukierunkowane na dual-use	<ul style="list-style-type: none"> Granty i programy B+R ukierunkowane na technologie o podwójnym zastosowaniu Granty celowane na dual-use z komponentem obronnym i warunkiem wdrożenia Dedykowane programy finansujące projekty o dużym ryzyku Wyższy poziom finansowania dual-use dla przedsiębiorców starających się o granty
Rozbudowa istniejących programów	<ul style="list-style-type: none"> Więcej programów typu SZAFIR/PERUN + większe finansowanie Szybsze rozstrzyganie konkursów (obecnie 1-2 lata)
Instrumenty kapitałowe i kredytowe	
Kredyty preferencyjne	<ul style="list-style-type: none"> Preferencyjne kredyty dla fazy inwestycyjnej precyzyjnie ukierunkowanych projektów B+R Gwarancje dla fazy inwestycyjnej
Fundusze inwestycyjne	<ul style="list-style-type: none"> Specjalistyczne fundusze inwestycyjne dual-use Specjalistyczny fundusz VC/PE dual-use
Instrumenty fiskalne	
Ulgi i korzyści podatkowe	<ul style="list-style-type: none"> Korzyści podatkowe dla przedsiębiorstw inwestujących środki własne w technologie dual-use wskazane przez państwo Ulgi podatkowe dla projektów dual-use
Zamówienia	
	<ul style="list-style-type: none"> Zamówienia rządowe Finansowanie prototypów i testów w warunkach rzeczywistych ze środków resortów
Fundusze międzynarodowe	
	<ul style="list-style-type: none"> Narzędzia wspierające sektor prywatny w dostępie do Funduszu Innowacji NATO

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - *Technologie dual-use: bariery i perspektywy*.

Wyniki badania pokazują, że bariera finansowa w rozwoju technologii dual-use w Polsce to zarówno niedobór środków ale **strukturalne i strategiczne niedopasowanie instrumentów finansowych do etapów końcowych rozwoju technologii**. Badanie eksperckie potwierdza zaistnienie „doliny śmierci dla prototypów” w Polsce. Istotnym spostrzeżeniem jest wynik badania i empiryczne potwierdzenie, że krajowe i unijne narzędzia finansowe są postrzegane przez ekspertów jako **nieskuteczne w praktyce (57%) i niewystarczające (64%)**, a najsłabszym ogniwem systemu okazuje się finansowanie współpracy nauki z biznesem oraz brak mechanizmów przejścia od grantów B+R do kontraktów wdrożeniowych. W opozycji do analizy desk research, akcentującej rosnącą liczbę instrumentów i budżetów (EDF, EIB, EIF, EDIP), badanie eksperckie pokazuje, że **problemem jest brak priorytetyzacji technologicznej, przewidywalnych zamówień i finansowania etapów produkcji seryjnej**, a to w ocenie ekspertów skutkuje utrwaleniem luki między innowacją a zdolnością operacyjną.

Bariery organizacyjne i instytucjonalne

ROZPROSZENIE KOMPETENCJI

Rozproszenie kompetencji w zarządzaniu technologiami dual-use oraz brak dedykowanych agencji krajowych koordynujących politykę w tym obszarze, stanowią jedną z barier organizacyjnych szczególnie obecną w regionie Europy Środkowo-Wschodniej (CEE). Europejski system zarządzania dual-use uznawany jest za fragmentaryczny i bardzo nieprzejrzysty⁸⁰. Jednocześnie rozproszenie kompetencji między różne ministerstwa (obrony, gospodarki, spraw zagranicznych, nauki) oraz niewystarczająca koordynacja między poziomem krajowym a unijnym, prowadzą do niespójności polityki i nadmiernej złożoności regulacyjnej⁸¹. Obszar Europy Środkowo-Wschodniej posiada wyjątkową lukę w koordynacji projektów dual-use. Wskazuje się, że mimo rosnącego ekosystemu startupów dual-use w Polsce, Czechach, Rumunii i na Węgrzech, brak krajowych struktur instytucjonalnych dedykowanych koordynacji polityki dual-use hamuje rozwój tego sektora⁸². W praktyce oznacza to, że przedsiębiorstwa działające w obszarze dual-use muszą nawigować między wieloma organami administracyjnymi bez jasnej „jednej agencji” odpowiedzialnej za strategię, finansowanie i wsparcie operacyjne w zakresie technologii o podwójnym zastosowaniu⁸³.

⁸⁰ Silvia Lorenzo Perez; Asha Allen; Aimée Duprat-Macabies; Sarah Graham; Tom Bowman; Dhanaraj Thakur, From Export Control to Unknown Exports: How the EU’s Dual-Use Regime Falls Short on Tackling Spyware, Center for Democracy & Technology, Brussels; https://cdt.org/wp-content/uploads/2025/12/CDT-Europe-Report-on-the-Dual-Use-Regulation.pdf?utm_source.com; CNTR Monitor 2024: Perspectives on dual use, CNTR Monitor, Geneva, 2024. Dostęp online: https://www.cntrarmscontrol.org/fileadmin/Medien/Monitor/CNTR_Monitor_2024_EN_web.pdf?utm_source.com

⁸¹ European University of Liège (ULiège / ESU), Unlocking the Potential of Dual-Use Research and Innovation: Report on the Implementation of the New EU Dual-Use Regulation. Dostęp online: <https://www.esu.ulg.ac.be/report-on-the-implementation-of-the-new-eu-dual-use-regulation>

⁸² Teodora Atanasova, “Someone Might Argue That Investing in a Pen Factory Is Dual-Use”. Dostęp online: <https://therecursive.com/dual-use-tech-in-europe-defense-shift/>

⁸³ European Commission, 2025, *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

Dodatkowo region Europy Środkowo-Wschodniej charakteryzuje się silnym rozproszeniem ekosystemu przemysłu obronnego. Składa się on głównie z MŚP działających w niszach dual-use, bez liderów branży ani scentralizowanych struktur zarządzających rozwojem sektora. Ta fragmentacja strukturalna sprawia, że kraje CEE mają trudności w skalowaniu projektów dual-use i integracji z europejskimi programami wsparcia⁸⁴.

W Polsce zwraca się uwagę, że powyższy stan rzeczy tj. fragmentacja instytucjonalna i brak dedykowanych agencji dual-use, prowadzi do niedostatecznej koordynacji między polityką przemysłową, innowacyjną i obronną. To z kolei osłabia zdolność państw do strategicznego kierowania rozwojem strategicznych i krytycznych technologii⁸⁵. Brak ram koordynacyjnych prowadzi do sprzecznych decyzji w zakresie licencjonowania eksportu, finansowania badań oraz wsparcia komercjalizacji⁸⁶.

BRAK KOORDYNACJI ORGANIZACYJNEJ

Brak koordynacji na arenie międzynarodowej i krajowej wynika z protekcjonizmu narodowego, przejawiającego się w faworyzowaniu krajowych dostawców i rozwiązań technologicznych, rozproszenia narzędzi, kompetencji i środków na różne poziomy władzy. W efekcie działania na rzecz rozwoju technologii dual-use nawet w jednym państwie stają się fragmentaryczne i bardziej konkurencyjne względem siebie niż komplementarne⁸⁷. Dodatkowo brak agencji dedykowanych dla rozwoju technologii dual-use powoduje asymetrię w porównaniu do państw i partnerów, którzy posiadają takie rozwiązania. To z kolei hamuje na poziomie międzynarodowym rozwój ekosystemu bezpieczeństwa a na poziomie krajowym tworzy przewagi konkurencyjne dla tych aktorów, którzy posiadają gotowe rozwiązania⁸⁸. Podkreśla się, że bez sprawnych mechanizmów integracji polityki między różnymi resortami (*cross-departmental coordination*), rządy nie są w stanie efektywnie zarządzać złożonymi domenami technologicznymi takimi jak dual-use⁸⁹.

⁸⁴ Cernat, L., Guinea, O., & Preuss, H. (2025). Openness and fragmentation in EU defence procurement (Policy Brief No. 20/2025). European Centre for International Political Economy (ECIPE), Dostęp online: https://ecipe.org/wp-content/uploads/2025/12/ECI_25_PolicyBrief_20-2025_Openess_LY06.pdf; Black, J., Jenkins, D., Persi Paoli, G., Kepe, M., Kokkoris, A., & Hlavka, J. (n.d.). Eastern European countries: Measures to enhance balanced defence industry in Europe and to address barriers to defence cooperation across Europe — Technical Annex: Country profiles and appendixes. European Defence Agency. Dostęp online: <https://eda.europa.eu/docs/default-source/documents/rr-1459-eda-central-and-eastern-europe-report---technical-annex---final.pdf>

⁸⁵ Juszcak, A., Kruczkowska, E., Maślanka, Ł., Michalski, B., Pszczółkowska, D., Sobkiewicz, M., Strzelecki, J., Szymański, P., Święcicki, I., & Wąsiński, M. (2024). What policies for a secure and competitive Europe? 10 ideas for the European Commission. Polish Economic Institute.

⁸⁶ Clapp, S., Höflmayr, M., & Vambrie, F. (2025). BUILDING A COMMON MARKET FOR EUROPEAN DEFENCE (EPRS Briefing, PE 775.924). European Parliamentary Research Service. Dostęp online: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/775924/EPRS_BRI%282025%29775924_EN.pdf

⁸⁷ Wolff, G. B., Steinbach, A., & Zettelmeyer, J. (2025). The governance and funding of European rearmament (Policy Brief 15/2025). Bruegel. Dostęp online: <https://www.bruegel.org/policy-brief/governance-and-funding-european-rearmament>

⁸⁸ Scazzieri, L. (2025, January 30). Towards an EU 'defence union'? Centre for European Reform. Dostęp online: <https://www.cer.eu/publications/archive/policy-brief/2025/towards-eu-defence-union>

⁸⁹ de Wee, G., & Jakoet-Salie, A. (2025). Policy integration for overcoming fragmented government action in South Africa: The case of the National Policy on Food and Nutrition Security. Policy & Politics. DOI:<https://doi.org/10.1111/polp.70018>

Brak platform współpracy jako bariera został unaoczniony już wcześniej. Warto wskazać, że przekłada się on na niemożność skalowania innowacji dual-use w Europie, szczególnie w wymiarze operacyjnym i komercjalizacyjnym. Przy szacowanym wysokim potencjale wzrostu sektora dual-use wynosi pozostałe on nierealizowany, bez platform i mechanizmów współpracy⁹⁰. Z tego też wynika deficyt systemowych danych, monitoringu i wystandaryzowanych kanałów komunikacji na rzecz identyfikacji potrzeb obronnych, dopasowania ich do możliwości naukowców i przedsiębiorstw oraz realizację wspólnych projektów. W tym zakresie szczególnie postuluje się wypracowanie wystandaryzowanych kanałów komunikacji, jasnych procedur identyfikacji potrzeb, transparentnych procesów zamówień i dedykowanych mechanizmów wsparcia dla startupów⁹¹.

Wyraźny brak zintegrowanych platform współpracy między sektorem obronnym, nauką i przemysłem pozostaje jednym z głównych ograniczeń rozwoju technologii dual-use w Europie, szczególnie w krajach CEE, generując wyzwania i problemy w postaci:

- fragmentacji ekosystemu innowacji;
- niedostatecznej wymiany informacji o potrzebach i możliwościach sektora obronnego, nauki i biznesu;
- ograniczonego dostępu firm do finansowania europejskiego;
- braku regionalnych ośrodków koordynacyjnych;
- niskich zdolność do skalowania innowacji;
- słabej kultury współpracy międzysektorowej;
- strategii nieodpowiednio i niewystarczająco powiązanych z europejskimi inicjatywami;
- niewystarczających mechanizmów transferu technologii;
- braku długofalowych dual-use innovation hubs zdolnych do systematycznej identyfikacji projektów o podwójnym zastosowaniu i wspierania ich realizacji;
- słabych systemów ewaluacji i monitoringu współprac.

Powyższe deficyty generują takie problemy jak: brak mechanizmów umożliwiających przepływ wiedzy między środowiskiem badawczym a przemysłem obronnym, trudności MŚP i przedsiębiorców z wejściem w łańcuchy wartości programów i projektów UE, ograniczona możliwość przejścia od badań do komercjalizacji, brak zaufania między sektorem publicznym, naukowym i przemysłowym, utrudniony udział w projektach

⁹⁰ Balnord, Casimir Pulaski Foundation & Polski Fundusz Rozwoju. (2025). Dual-Use Founder's Handbook: From Foundation to Scale (Vol. 2 – Edition 2025). Balnord. Dostęp online:

<https://psik.org.pl/images/Dane-i-raporty/Publikacje-czlonkow/Dual-use-Founders-Handbook-From-Foundation-to-Scale.pdf>

⁹¹ Albrycht, I., Antunes, D., Burian, W., Cederlöf, J., Gray, C., Gieroń, M., Górską, P., Jędrzejczak, Ł., Mazur, M., Marsili, M., McSorley, T. D., Mole, M., Novohradská, J., Sierański, K., Szczukocki, A., Timmers, P., Ustyjańczuk, M., Wójtowicz, A., & Wywiół, P. (2024). Dual-use technology – cross-sector cooperation in the cyber security sector: Policy brief. Kosciuszko Institute. Dostęp online:

<https://ik.org.pl/wp-content/uploads/2025/01/Dual-use-technology-%E2%80%93-cross-sector-cooperation-in-the-cyber-security-sector.pdf>

ponadnarodowych, brak wskaźników oceny efektywności projektów dual-use na poziomie UE.

Ogólnie rzecz ujmując najefektywniejsze rozwiązania realizowane są poprzez modele współpracy oparte na potrójnej helisie, gdzie współpracują ze sobą sektor obronny, naukowy i biznes. Brak takiego modelu w postaci platformy koordynującej w obszarze technologii dual-use, generuje deficyty rozwojowe takie jak:

- Ograniczona komunikacja między sektorami, skutkująca brakiem stałych i przejrzystych kanałów wymiany informacji między nauką, przemysłem i administracją publiczną.
- Niespójność priorytetów badawczych z rzeczywistymi potrzebami obronnymi, która utrudnia praktyczne wykorzystanie potencjału nauki w obszarze bezpieczeństwa.
- Słabo rozwinięte mechanizmy transferu technologii, obejmujące brak efektywnych modeli licencjonowania, spin-offów i wspólnych laboratoriów o profilu dual-use.
- Niedostateczne finansowanie projektów, widoczne na wszystkich etapach cyklu innowacji – od badań podstawowych po wdrożenia i komercjalizację.
- Brak systemowych rozwiązań wspierających rozwój talentów i specjalistów w dziedzinie technologii o podwójnym zastosowaniu.
- Niski poziom zaufania między nauką, biznesem i administracją, który utrudnia budowę trwałych partnerstw i wspólnych przedsięwzięć.
- Niejasne i niespójne ramy regulacyjne oraz zasady ochrony własności intelektualnej, ograniczające swobodę współpracy międzysektorowej.
- Brak wspólnych wskaźników efektywności (KPI), uniemożliwiający ocenę jakości i rezultatów współpracy w modelu triple helix.
- Niewykorzystany potencjał modelu triple helix⁹², który – zamiast wzmacniać synergię nauki, biznesu i państwa – prowadzi do rozproszenia działań i ograniczenia zdolności Europy do budowy spójnego systemu innowacji o podwójnym zastosowaniu⁹³.

Istnieją przykłady funkcjonujących platform współpracy w Europie takie jak: AMYNA Innovation Platform w Szwecji (jako most pomiędzy naukowcami, biznesem a sektorem obrony), DASA w Wielkiej Brytanii. Brak takich platform w Europie Środkowo-Wschodniej powoduje, że państwa te nie wykorzystują w pełni potencjału innowacyjnego i gospodarczego, sektor obronny słabo komunikuje swoje potrzeby, nie ma możliwości ustalenia priorytetów strategicznych, cykle rozwojowe wydłużają się przez indywidualne procesy negocjacji sektorów i interesariuszy, występują w pozycji junior partnera w dialogu z kontrahentami zachodnimi.

⁹² Haryadi, A., Sulistyadi, E., & Asmoro, N. (2025). Driving innovation in the defense sector: Unlocking the power of industry, academia, and government collaboration. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 4(2), 991–1002. DOI: <https://doi.org/10.55927/fjmr.v4i2.48>

⁹³ Das, O. P. (2024). The making of technological innovation ecosystem in defence sector. *Journal of Defence Studies*. Dostęp online: <https://idsa.in/wp-content/uploads/2024/11/02-jds-18-3-2024-Om-Prakash-Das.pdf>

NISKIE KOMPETENCJE

Niski poziom kompetencji uczelni, instytutów badawczych i innych organizacji wykonujących badania (Research Performing Organisations, RPOs), w zakresie zgodności z przepisami kontroli eksportu (*export control compliance*) - stanowią jedną z najbardziej krytycznych barier dla rozwoju dual-use w Europie. Świadomość i dostępność wytycznych (*guidance*) w RPO na temat kontroli eksportu dual-use są ograniczone, a programy wewnętrznej zgodności (Internal Compliance Programmes, ICP) w organizacjach badawczych wciąż się rozwijają⁹⁴. Sprawia to, że instytucje nie są przygotowane do nawigowania po złożonych przepisach unijnych i krajowych. Unia Europejska posiada tylko kilka organizacji badawczych z w pełni rozwiniętymi strukturami compliance. Większość instytucji dopiero zaczyna inwestować w środki zgodności eksportowej, w tym w określanie badań potencjalnie podlegających kontroli eksportu⁹⁵.

Wskazuje się, że nawet duże ośrodki akademickie w UE nie dysponują wystarczającą wiedzą, aby samodzielnie interpretować przepisy dotyczące kontroli eksportu i reagować na konkretne przypadki⁹⁶. Brak specjalistycznego wsparcia zmusza instytucje do polegania na krajowych organach właściwych do interpretacji a to wydłuża procesy decyzyjne i wprowadza niepewność regulacyjną. Ograniczona świadomość problematyki dual-use wśród badaczy i kadry zarządzającej oraz brak wewnętrznych procedur szkoleniowych prowadzą do ryzyka niezamierzonych naruszeń prawa. W efekcie system badawczy UE pozostaje reaktywny, a nie prewencyjny⁹⁷.

W Unii Europejskiej brakuje spójnych mechanizmów *capacity-building*, które zapewniłyby kadrze badawczej i urzędniczej jednolite standardy wiedzy w zakresie kontroli eksportu i bezpieczeństwa badań⁹⁸. Przykładowo w Wielkiej Brytanii wdrożono dedykowany, sześćoetapowy program szkoleniowy dla praktyków compliance. W UE tego rodzaju wsparcie dopiero jest rozwijane. Brak harmonizacji i stałych zasobów powoduje, że uczelnie i instytuty badawcze działają w rozproszeniu, a ich reakcje na wyzwania dual-use zależą od indywidualnych kompetencji pojedynczych pracowników. Dodatkowo wskazuje się, że kontrole eksportu mające na celu ochronę bezpieczeństwa w środowisku akademickim są postrzegane jako ograniczenie wolności badań⁹⁹.

⁹⁴ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

⁹⁵ Tamże.

⁹⁶ League of European Research Universities (LERU). (2018). The Dual Use Regulation – Specific Concerns from the Academic Sector. Leuven: LERU. Dostęp online: <https://www.leru.org/files/Publications/LERU-Dual-Use-Note-July-2018.pdf>

⁹⁷ Bauer, S., & Bromley, M. (2016). THE DUAL-USE EXPORT CONTROL POLICY REVIEW: BALANCING SECURITY, TRADE AND ACADEMIC FREEDOM IN A CHANGING WORLD. EU Non-Proliferation Consortium, Non-Proliferation Papers No. 48, March 2016. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Brussels–Stockholm, Dostęp online: https://www.sipri.org/sites/default/files/EUNPC_no-48.pdf

⁹⁸ Tamże; Directorate-General for External Policies, DUAL USE EXPORT CONTROLS: WORKSHOP REPORT, Policy Department, European Parliament, EP/EXPO/B/INTA/FWC/2013-08/Lot7/11, PE 535.000, October 2015. European Union.

⁹⁹ Héau, L. (2025). The EU Research Security Initiative: Implications for the Application of Export Controls in Academia and Research Institutes. EU Non-Proliferation and Disarmament Consortium, Non-Proliferation and Disarmament Papers, No. 94, March 2025.

Wyniki badań potwierdzają, że świadomość kwestii dual-use wśród studentów i młodych badaczy pozostaje na bardzo niskim poziomie. Ponad połowa badanych w projektach międzynarodowych nigdy nie spotkała się z terminem *dual-use research of concern*, a większość uczelni nie integruje tego zagadnienia z programami kształcenia. Brak edukacji prowadzi do utrwalenia luk kompetencyjnych, które w przyszłości przekładają się na niedostateczne przygotowanie instytucji do pracy z projektami o potencjalnym zastosowaniu obronnym¹⁰⁰. Odpowiedzialna nauka wymaga połączenia zasad Open Science z zasadami bezpieczeństwa badań i eksportu technologii, jednak realizacja tego postulatu wymaga harmonizacji podejść na poziomie europejskim, stałych programów szkoleniowych i finansowego wsparcia dla RPO. W przeciwnym razie luka kompetencyjna w obszarze dual-use będzie się pogłębiać, ograniczając zdolność Europy do bezpiecznego i odpowiedzialnego rozwoju technologii strategicznych¹⁰¹.

Podsumowując, niski poziom kompetencji w zakresie compliance stanowi barierę dla rozwoju i bezpieczeństwa badań nad technologiami dual-use w Europie poprzez: brak systemowych szkoleń, zharmonizowanych wytycznych, zasobów kadrowych i wspólnych mechanizmów budowania zdolności. To powoduje, że uczelnie i instytuty badawcze funkcjonują w warunkach niepewności regulacyjnej i ograniczonej odpowiedzialności instytucjonalnej.

BRAK ZHARMONIZOWANEGO ZARZĄDZANIA WŁASNOŚCIĄ IP

Wyzwaniem dla efektywnej komercjalizacji i transferu technologii dual-use w Europie, szczególnie w warunkach rosnących napięć geopolitycznych jest brak zharmonizowanego zarządzania własnością intelektualną (IP). Trudności w identyfikacji i prowadzeniu projektów z potencjałem militarnym wynikają m.in. z braku ustandaryzowanych procedur zarządzania IP, które mogłyby jednocześnie chronić wrażliwe informacje naukowo-techniczne i umożliwić ich transfer między partnerami konsorcjów badawczych¹⁰². Problem jest szczególnie widoczny w międzynarodowych projektach finansowanych przez Horizon Europe, gdzie partnerzy z różnych krajów i sektorów (akademicki, przemysł, sektor obronny) muszą uzgodnić warunki współwłasności patentów, licencjonowania i komercjalizacji, przy jednoczesnym przestrzeganiu przepisów kontroli eksportu, które są zróżnicowane między państwami członkowskimi.

Słabości w transferze technologii do skali (scale-up) wynikają z braku jasnych reguł zarządzania IP w warunkach dual-use. Gdy startupy dual-use próbują skalować technologie opracowane we wspólnych projektach badawczych, napotykać na problemy związane z określeniem, kto posiada prawa do patentów, kto ma prawo licencjonować technologię dla zastosowań cywilnych versus obronnych oraz jak zarządzać dostępem do danych technicznych przy jednoczesnym przestrzeganiu wymagań bezpieczeństwa¹⁰³.

¹⁰⁰ Vinke, S., Rais, I., & Millett, P. (2022). The dual-use education gap: awareness and education of life science researchers on nonpathogen-related dual-use research. *Health security*, Vol. 20, No. 1. Published online 15 February 2022. DOI:<https://doi.org/10.1089/hs.2021.0177>

¹⁰¹ Responsible Open Science in Europe (ROSiE): „Policy Brief – Responsible Open Science” (2024)

¹⁰² European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

¹⁰³ Dual-Use Technologies 2025; Celik, E. (2023, 1 maj). Intangible transfer of technology under the European Union dual-use goods regulation. *TradeWin Blog*. Dostęp online: <https://blog.tradewin.net/intangible-transfer-of-technology-under-the-european-union-dual-use-goods-regulation>; Olejniczak-Michalska, A. (2025, 09 stycznia). Dual-use technology transfers:

Rosnące napięcia geopolityczne i techno-polityczne wpływają na obieg wiedzy i IP, powodując fragmentację międzynarodowych sieci badawczych i utrudniając transfer technologii między krajami. W warunkach „sekurytyzacji” polityki STI, wiele krajów wprowadza bardziej rygorystyczne kontrole dostępu do danych¹⁰⁴.

Rozbieżności w krajowych przepisach i brak wspólnych procedur generują niepewność prawną zarówno dla badaczy, jak i przedsiębiorstw. W rezultacie procesy decyzyjne dotyczące licencjonowania, współwłasności patentów czy transferu technologii są wydłużone, kosztowne i podatne na błędy¹⁰⁵. Wspólny, europejski „IP framework” pozwoliłby w pełni wykorzystać potencjał współpracy między przemysłem, nauką i administracją publiczną. Ten brak szczególnie dotyka małych i średnich przedsiębiorstw oraz uczelni. Współwłasność patentów, niejednolite umowy konsorcyjne i złożone negocjacje licencyjne z partnerami z różnych krajów UE stanowią istotne obciążenie administracyjne¹⁰⁶. Dla MŚP, które nie dysponują wyspecjalizowanymi działami prawnymi, oznacza to często rezygnację z udziału w projektach międzynarodowych lub utratę części praw do opracowanych technologii¹⁰⁷. Wydaje się, że standaryzacja zasad IP obejmująca wzory umów, jasne modele podziału praw i uproszczone procedury licencjonowania jest warunkiem koniecznym dla efektywnego transferu technologii z uczelni do przemysłu obronnego¹⁰⁸.

Brak wspólnych europejskich zasad zarządzania IP w projektach dual-use ma konsekwencje ekonomiczne i strategiczne. Niejasne reguły ochrony własności intelektualnej w badaniach obronnych sprzyjają niezamierzonym „wyciekom technologii” i ograniczają zdolność państw UE do zachowania kontroli nad wynikami badań finansowanych ze środków publicznych¹⁰⁹. W efekcie Europa traci część wartości dodanej wypracowanej dzięki inwestowaniu w badania o znaczeniu strategicznym.

Technology exports vs. Technical assistance. In Principle – International Trade. Dostęp online: <https://codozasady.pl/en/p/dual-use-technology-transfers-technology-exports-vs-technical-assistance>

¹⁰⁴ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling transitions in times of disruption. OECD Publishing. DOI:<https://doi.org/10.1787/0b55736e-en>

¹⁰⁵ European Commission (Directorate-General for Trade), Ecorys & SIPRI. (2015). Data and information collection for EU dual-use export control: Final report. European Commission. <https://www.sipri.org/sites/default/files/final-report-eu-dualuse-review.pdf>;

¹⁰⁶ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

¹⁰⁷ Scazzieri, L. (2025). Towards an EU ‘defence union’? Centre for European Reform. Dostęp online: <https://www.cer.eu/publications/archive/policy-brief/2025/towards-eu-defence-union>

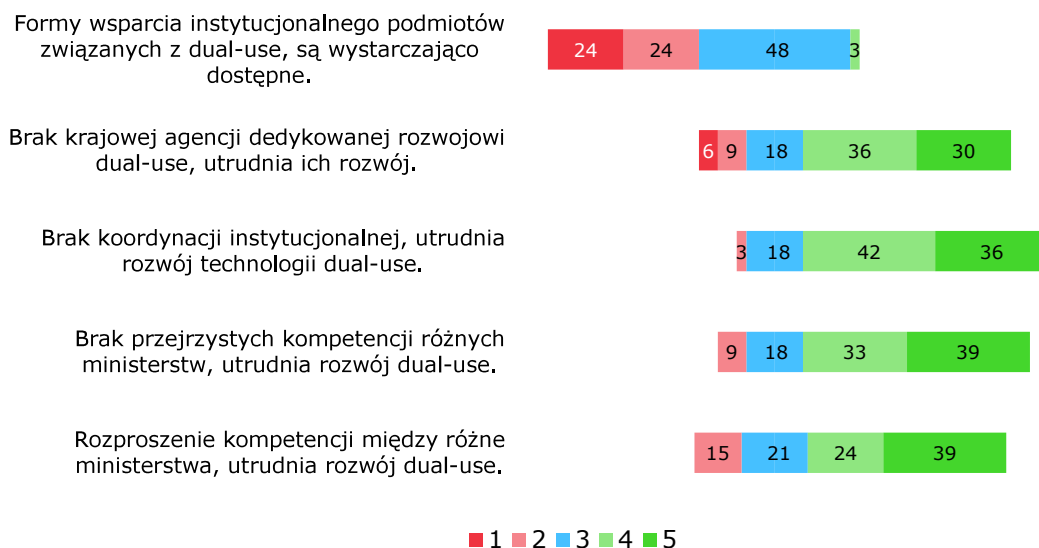
¹⁰⁸ 9 Cross-border collaborations: challenges and opportunities. Dostęp online: <https://www.wipo.int/web-publications/a-primer-on-technology-transfer-in-the-field-of-biotechnology/en/9-cross-border-collaborations-challenges-and-opportunities.html>

¹⁰⁹ Moretti, E., Steinwender, C., & Van Reenen, J. (2019d). The Intellectual Spoils of War? Defense R&D, Productivity and International Spillovers. *Journal of Political Economy*. Dostęp online: <https://www.nber.org/papers/w26483>

WYNIKI BADANIA EKSPERCKIEGO

Obecny stan przeszkód organizacyjno-instytucjonalnych zbadano oceniając dostępność wsparcia podmiotów dual-use ze strony instytucji krajowych, koordynację ich pracy oraz zakresów kompetencyjnych.

Wykres 10. Organizacje i instytucje. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w %
(1- zdecydowanie się nie zgadzam, do 5- zdecydowanie się zgadzam).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - Technologie dual-use: bariery i perspektywy.

Ogólna ocena wszystkich kwestii związanych ze wsparciem instytucjonalnym jest mocno negatywna. Prawie połowa respondentów uważa, że **obecny dostęp do form wsparcia instytucjonalnego (np. doradztwa, inkubacji) jest niewspółmierny do potrzeb.**

Zdaniem ankietowanych **najistotniejszą barierą jest brak koordynacji działań wśród instytucji udzielających wsparcia (78%).** Przeszkodami są ponadto **niejasny podział (72%) oraz zbytne rozproszenie kompetencji (64%) pomiędzy różnymi resortami odpowiedzialnymi za to wsparcie.**

Dla 2/3 ekspertów problemem jest **brak dedykowanej agencji publicznej odpowiedzialnej za wspieranie rozwoju technologii dual-use.**

Zdaniem ekspertów najbardziej efektywne formy wsparcia instytucjonalnego¹¹⁰ dostępnego podmiotom gospodarczym to:

- Innovative Dual-use technology Accelerator - bootcamp organizowany przez Polski Fundusz Rozwoju;
- Konsultacje udzielane przez Departament Obrotu Towarami Wrażliwymi i Bezpieczeństwa Technicznego (DOT) w Ministerstwie Rozwoju i Technologii (MRiT);
- Europejski Fundusz Obronny (EDF) - program unijny wspierający współpracę w zakresie badań i rozwoju technologii obronnych;

¹¹⁰ Przez wsparcie instytucjonalne rozumie się działania instytucji publicznych, tj. ministerstw, agencji rządowych, funduszy państwowych.

- Europejska Rada ds. Innowacji (EIC) - program unijny wspierający najbardziej przełomowe, ryzykowne i ambitne innowacje technologiczne w całej Europie;
- Współpraca w ramach klastrów technologicznych / branżowych.

Tabela poniżej zawiera propozycje zmian organizacyjno-instytucjonalnych, zaproponowanych przez ekspertów-respondentów w odpowiedziach otwartych.

Tabela 6. Propozycje zmian organizacyjno-instytucjonalnych.

Obszar zmiany	Opis i spodziewane skutki
Wsparcie komercjalizacji i internacjonalizacji	Instytucjonalne wsparcie dla promocji i skalowania polskich technologii dual-use na rynkach zagranicznych. Zwiększenie konkurencyjności MŚP i startupów.
Dedykowana agencja ds. technologii dual-use	Utworzenie niezależnej instytucji koordynującej i finansującej projekty dual-use (na wzór DARPA, DASA, AID). Agencja wspierałaby integrację sektora cywilnego i wojskowego, testowanie, wdrażanie i promocję innowacji.
Dedykowane zespoły robocze ds. dual-use	Utworzenie roboczych zespołów rządowego i parlamentarnego zajmujących się tylko technologiami dual-use. Spodziewana lepsza koordynacja kompetencji i przepływ informacji.
Centralizacja kompetencji	Skoncentrowanie rozproszonych kompetencji w jednej instytucji, np. przy Ministerstwie Obrony. Zmniejszenie rozproszenia decyzyjnego i lepsza kontrola nad projektami dual-use.
Koordinacja między instytucjami a sektorem prywatnym	Utworzenie instytucji łącznikowych między MON, agencjami, uczelniami i przemysłem. Ułatwienie komunikacji, partnerstw i przepływu informacji.
Koordinacja kwestii infrastrukturalnych między grupami krajów	Wspólne rozwiązywanie problemów dot. infrastruktury, materiałów oraz informacji w projektach dual-use w ramach formatów regionalnych (zwłaszcza Inicjatywy Trójmorza).
Narodowy program ponad resortowy	Stworzenie programu obejmującego wiele ministerstw, wspierającego technologie dual-use z wykorzystaniem funduszy krajowych i unijnych. Wskazanie priorytetowych projektów.
Integracja między obszarowa na poziomie budżetu państwa	Odejście od silosowego planowania budżetu państwa na rzecz łączenia wydatków z różnych polityk publicznych (obronnej, innowacyjnej, przemysłowej) wokół wspólnych celów strategicznych. W efekcie budżet będzie narzędziem realizacji przekrojowych priorytetów dual-use, a nie tylko sumą budżetów poszczególnych resortów.

Ułatwienia zakupowe i proceduralne	Uproszczenie ścieżek zakupowych dla wojska i administracji, np. dla testowania prototypów. Zwiększenie elastyczności wdrażania innowacji.
Zwiększenie świadomości w administracji publicznej	Podniesienie kompetencji urzędników w zakresie potencjału i znaczenia technologii dual-use. Szkolenia i klarowna struktura komunikacyjna.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - *Technologie dual-use: bariery i perspektywy*.

Wyniki badania eksperckiego pokazują, że bariery organizacyjne i instytucjonalne w rozwoju technologii dual-use w Polsce mają przede wszystkim charakter koordynacyjny, a nie „zasobowy”. Podsumowując można wskazać, że przeszkodą jest brak koordynacji działań instytucji udzielających wsparcia, któremu towarzyszą: niejasny podział ról i rozproszenie kompetencji między resortami. Badanie uwidacznia skalę problemu oraz wagę braku dedykowanej agencji publicznej odpowiedzialnej za wsparcie rozwoju technologii dual-use. Dodatkowo badanie eksperckie pokazuje, że dostępność i spójność istniejących form wsparcia jest oceniana jako niewspółmierna do potrzeb, a problemem jest brak jednolitej architektury instytucjonalnej umożliwiającej przejście od identyfikacji potrzeb do testowania, wdrożenia i skalowania technologii.

Bariery technologiczne

LUKA MIĘDZY BADANIAM I WDROŻENIEM

Opisywana wcześniej *valley of death* między B+R a zdolnościami operacyjnymi, to jedna z głównych barier w obszarze technologicznym. Istnieją wąskie gardła skalowania i wdrażania w warunkach operacyjnych (*fielding*), które wynikają z niedopasowania między dynamiką innowacyjną startupów dual-use a powolnymi procedurami zamówień i integracji w siłach zbrojnych¹¹¹. Długie cykle zamówień sił zbrojnych (tradycyjnie 6–10 lat) kontrastują ostro z dynamiką startupów, które mogą pracować w oparciu o cykle 6–18 miesięcy. Taka rozbieżność sprawia, że nawet „doskonałe” technologie mogą zdezaktualizować się zanim dotrą do operacyjnego wdrożenia¹¹². Widoczna staje się potrzeba znacznego przyspieszenia przejścia od badań do zdolności operacyjnych, szczególnie w warunkach rosnących zagrożeń geopolitycznych¹¹³.

Szacuje się, że przez powyższą lukę europejski ekosystem startupów obronnych jest opóźniony średnio o 5 lat w stosunku do amerykańskich, głównie z powodu braku

¹¹¹ European Commission. 2025. *Dual-use technologies — Research and Innovation*. Directorate-General for Research and Innovation. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/dual-use-technologies_en

¹¹² Mind the Bridge „Going Beyond the Divide 2024”; Kipurs, A. (2025, 30 października). TO KEEP UP IN DEFENCE INNOVATION, EUROPE MUST FIX ITS ‘FIELDING GAP’. Resilience Media. Dostęp online: <https://www.resiliencemedia.co/p/to-keep-up-in-defence-innovation-europe-must-fix-its-fielding-gap>

¹¹³ European Defence Agency (EDA). (2024). 2024 long-term review: EDA as the intergovernmental defence nexus at EU level – Supporting MoDs along all the steps of the capability development cycle & beyond. European Defence Agency. Dostęp online: <https://eda.europa.eu/docs/default-source/documents/2024-long-term-review-of-the-european-defence-agency.pdf>

zintegrowanych kanałów od prototypu do wdrożenia operacyjnego¹¹⁴. Nawet technologie osiągające poziomy TRL 6–7 nie przechodzą do fazy operacyjnej, ponieważ brakuje instytucjonalnych mechanizmów *deployment readiness* i powiązania priorytetów obronnych z finansowaniem UE¹¹⁵. Europa działa w oparciu o rozproszony model zamówień publicznych, w przeciwieństwie do amerykańskiego modelu popytowego, w którym to potrzeby militarne napędzają cykl innowacji¹¹⁶. Brak zintegrowanego procesu od identyfikacji potrzeb do wdrożenia zdolności bojowych generuje „krytyczne luki zdolnościowe” (*critical capability gaps*), ograniczające gotowość operacyjną Unii¹¹⁷.

Europa potrzebuje dedykowanego instrumentu przyśpieszenia, gdyż, wskazuje się, że w ciągu najbliższych pięciu lat europejski sektor obronny będzie potrzebował ponad 250 tys. nowych inżynierów i ekspertów¹¹⁸. Ważne jest stworzenie jednolitego systemu zarządzania cyklem życia technologii od badań i prototypowania po produkcję i wdrożenie¹¹⁹. Brak spójnego frameworku łączącego poziomy TRL, PRL i SRL¹²⁰ prowadzi do osłabienia procesu translacji innowacji oraz wydłużenia time-to-field dla nowych rozwiązań technologicznych¹²¹.

Głównym problemem europejskiego ekosystemu obronnego okazuje się brak mechanizmów ich efektywnej translacji w realne zdolności operacyjne i przemysłowe¹²². Rozdział pomiędzy światem badań a praktyką wdrożeniową, zmniejsza szanse na komercjalizację, a brak koordynacji między uczestnikami ekosystemu, wydłuża proces adaptacji innowacji nawet o kilka lat.

¹¹⁴ Chinn, D., Stöber, J., Köhler, J., Fischer, H., & Wagner, K. (2024). EUROPEAN DEFENSE TECH START-UPS: IN IT FOR THE LONG RUN. McKinsey & Company, Aerospace & Defense Insights. Dostęp online: <https://www.mckinsey.de/industries/aerospace-and-defense/our-insights/european-defense-tech-start-ups-in-it-for-the-long-run>

¹¹⁵ European Academy, “European Defence Readiness,” EU Agenda, 2025. Dostęp online: <https://euagenda.eu/publications/download/623851>

¹¹⁶ Sezal, M. A. (2024, czerwiec). EUROPEAN DEFENCE INDUSTRY, DUAL-USE TECHNOLOGIES, AND GEOPOLITICS. Lecturer (University of Groningen), The Hague Research Institute for Eastern Europe, the South Caucasus & Central Asia. Dostęp online: <https://hagueresearch.org/european-defence-industry-dual-use-technologies-and-geopolitics/>

¹¹⁷ European External Action Service & European Commission. (2025, 19 March). WHITE PAPER FOR EUROPEAN DEFENCE – READINESS 2030. European Union. Dostęp online: https://commission.europa.eu/document/download/e6d5db69-e0ab-4bec-9dc0-3867b4373019_en?filename=White+paper+for+European+defence+%E2%80%93+Readiness+2030.pdf

¹¹⁸ Scaramella, R., Toulumian, A., Ciampi, E., Demotes-Mainard, J., & Ceragioli, L. (2025). Key Challenges Facing Europe’s Proposed Defense Expansion: Developing a Unified European Defence and Industrial Vision. Oliver Wyman. Dostęp online: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2025/08/key-challenges-facing-europes-proposed-defense-expansion.html>

¹¹⁹ Scazzieri, L. (2025, 29 października). The EU’s defence readiness 2030 roadmap: ambition and constraints. Centre for European Reform. Dostęp online: <https://www.cer.eu/insights/eu-defence-readiness-2030-roadmap-ambition-and-constraints>

¹²⁰ Odpowiednio *Policy Readiness Level, Societal Readiness Level*

¹²¹ Javahernia, A., & Sunmola, F. (2017). A simulation approach to innovation deployment readiness assessment in manufacturing. *Production & Manufacturing Research*, 5(1), 81–89. <https://doi.org/10.1080/21693277.2017.1322542>

¹²² European Defence Readiness; Chinn, D., Stöber, J., Köhler, J., Fischer, H., & Wagner, K. (2024). European defense tech start-ups: in it for the long run. McKinsey & Company, Aerospace & Defense Insights. Dostęp online: <https://www.mckinsey.de/industries/aerospace-and-defense/our-insights/european-defense-tech-start-ups-in-it-for-the-long-run>

NIEDOSTATECZNY POZIOM STANDARYZACJI I INTEROPERACYJNOŚCI

Z punktu widzenia włączania innowacji w łańcuchy dostaw, jak i wdrożeń w środowisku operacyjnym, niedostateczny poziom standaryzacji i interoperacyjności w sektorze technologii dual-use jest jedną z najbardziej krytycznych barier rozwoju. Szczególnie jest to widoczne na przykładzie współpracy transatlantyckiej i projektów europejskich.

Brak precyzji i harmonizacji definicji (takich jak *specially designed* oraz *modified for military use*) prowadzi do niejasności prawnej i rozbieżności interpretacyjnych między krajami członkowskimi. W praktyce skutkuje to tym, że projekty badawcze i komercyjne produkty mogą podlegać zupełnie odmiennym wymogom licencyjnym lub kontrolnym zależnie od kraju realizacji czy partnerstwa. To skutecznie zniechęca zarówno sektor naukowy, jak i prywatny do inicjatyw *cross-border* oraz osłabia efektywność polityki rozwoju technologii dual-use w UE¹²³.

Problem interoperacyjności w środowisku bezpieczeństwa europejskiego dotyczy całego spektrum technologii krytycznych: od sensorów i systemów cyber po zaawansowane materiały, AI oraz systemy bezzałogowe. Jako główne wyzwania wymienia się: brak spójnych standardów komunikacji (protokołów, interfejsów danych), zróżnicowanie certyfikacji oraz trudności w implementacji wspólnych norm bezpieczeństwa dla produktów dual-use wdrażanych zarówno w misjach NATO, jak i EU¹²⁴. W konsekwencji, zdolność do wdrożenia *plug-and-play* między systemami różnych partnerów lub państw jest mocno ograniczona, a pełne wykorzystanie potencjału innowacji a to stanowi poważnie utrudnione¹²⁵. Wzrost liczby projektów o charakterze dual-use, zwłaszcza wdrażanych w ramach EDF, wymaga „pilnej i pogłębionej harmonizacji oraz standaryzacji” (*urgent and comprehensive harmonization and standardization*) zarówno technicznej, jak i proceduralnej. EDA podejmuje działania mające na celu rozwój wspólnych platform normatywnych (np. EUMILCERT – European Security Certification Framework), buduje interoperacyjne¹²⁶ katalogi produktów oraz prowadzi prace nad ujednoczeniem systemów interoperacyjnej komunikacji i zarządzania danymi dla nowych technologii (np. AI, sensor networks, zabezpieczenia kwantowe)¹²⁷. W zakresie poprawy interoperacyjności należy wskazać, że pomimo istnienia zbiorów standardów technicznych (np. NATO)¹²⁸ to nadal brak jest mechanizmów, które zapewniłyby ich wzajemną kompatybilność. W szczególności

¹²³ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

¹²⁴ Valentyn Stoliarchuk, Combat-validated digital certification model for NATO system qualification and defense innovation (Kyiv National Economic University & Stoliarchuk R&D; SSRN, 2 kwietnia 2025). DOI:<https://doi.org/10.2139/ssrn.5232664>

¹²⁵ NATO Parliamentary Assembly, Critical dual-use technologies: commercial, regulatory, societal and national security challenges (General Report 051 esc 24 e rev.2 fin), Rapporteur: Harriett Baldwin, Economics and Security Committee, 26 August 2024. Dostęp online: <https://www.nato-pa.int/download-file?filename=/sites/default/files/2024-12/051%20ESC%2024%20E%20rev.2%20fin%20-%20CRITICAL%20DUAL-USE%20TECHNOLOGIES%20-%20BALDWIN%20REPORT.pdf>

¹²⁶ What Is Interoperability — And Why It Matters to NATO. Dostęp online: <https://www.act.nato.int/article/what-is-interoperability/>

¹²⁷ European Defence Agency, ANNUAL REPORT 2023 (Catalogue number QU-AA-24-001-EN-N), Brussels 2024. Dostęp online: <https://eda.europa.eu/docs/default-source/brochures/qu-aa-24-001-en-n.pdf>

¹²⁸ Defence Standards. Discover defence standards of NATO and EU. <https://www.defstand.com/world-built-on-standards/defence-standards/>

dynamicznych dziedzinach jak sztuczna inteligencja, technologie autonomiczne, cyberbezpieczeństwo czy półprzewodniki brakuje skoordynowanych, zharmonizowanych standardów technicznych. W obszarze AI brakuje jednolitego podejścia do oceny ryzyk dual-use. To skutkuje niespójną regulacyjną oraz słabą efektywnością mechanizmów kontroli¹²⁹.

Europejski deficyt standaryzacyjny nie współgra z realiami innych państw, takich jak Chiny, które systematycznie integrują normy cywilne i wojskowe w takich obszarach jak AI, półprzewodniki i technologie kwantowe. Chiny traktują standaryzację jako narzędzie budowania przewagi strategicznej¹³⁰, w czym Europa pozostaje reaktywna i fragmentaryczna. Interoperacyjność staje się dziś warunkiem efektywności operacyjnej i odporności systemowej w obliczu szybkich zmian technologicznych i zagrożeń hybrydowych. Brak koordynacji między UE a NATO w tym zakresie osłabia zdolność Europy do tworzenia spójnej architektury technologicznej. Potrzeba więc nowego paradygmatu: dynamicznej, iteracyjnej standaryzacji wspieranej przez cyfrowe narzędzia certyfikacyjne, testy interoperacyjności i wspólne platformy oceny ryzyka, które nadążałyby za tempem zmian w środowisku technologicznym i geopolitycznym¹³¹. Dodatkowo, fragmentacja procedur certyfikacji oraz niespójność definicji techniczno-prawnych między państwami członkowskimi powodują rozbieżności w wymaganiach wdrożeniowych, a wolne tempo wypracowywania standardów sprawia, że regulacje nie nadążają za postępem technologicznym.

OGRANICZONY DOSTĘP DO DANYCH I KOMPONENTÓW KRYTYCZNYCH

Jedną z najistotniejszych barier technologicznych dla europejskiego sektora technologii dual-use, szczególnie w kontekście rozwoju technologii kwantowych i półprzewodników – jest ograniczony dostęp do danych i komponentów krytycznych. Wyraźnie widoczny jest wzrost liczby decyzji kontrolnych i licencyjnych w 2024 roku – komisja wydała 831 odmów licencji eksportowych dla towarów dual-use, blokując transakcje o łącznej wartości 0,98 miliarda euro, podczas gdy w tym samym roku państwa członkowskie autoryzowały eksport na kwotę 57,3 miliarda euro. Wzrost liczby odmów wskazuje na rosnącą ostrożność regulacyjną i ograniczenie dostępu do kluczowych komponentów¹³².

Rozszerzenie unijnego rozporządzenia o kontroli eksportu (EU 2021/821) na technologie wschodzące (m.in. kwantowe i półprzewodnikowe) istotnie zwiększa obciążenia administracyjne i koszty rozwoju technologii dual-use. Wymogi wczesnej klasyfikacji, uzyskiwania licencji i monitorowania partnerów powodują przesunięcie akcentu z innowacji na compliance. Wysokie sankcje za naruszenia przepisów oraz niepewność prawna skłaniają firmy i instytucje badawcze do ostrożności. Konieczność szczegółowej weryfikacji łańcuchów dostaw utrudnia współpracę międzynarodową, zwłaszcza z podmiotami spoza UE. Regulacje

¹²⁹ Andreas Brenneis, „Assessing dual use risks in AI research: necessity, challenges and mitigation strategies”, *Research ethics review*, vol. 21, no. 2 (2025), DOI:10.1177/17470161241267782

¹³⁰ Meng, J.-H. & Wang, J., “The policy trajectory of dual-use technology integration governance in China: A sequential analysis of policy evolution,” *Technology in society*, vol. 72, 2023, 102175. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102175>

¹³¹ NATO Interoperability Standards and Profiles (NISP) — Volume 1: Introduction, rev. v15.0 final-84-gb677ce4, 18 Aug 2023, ADatP-34(N)(2), (C3B Interoperability Profiles Capability Team). Dostęp online: <https://live.nisp.nw3.dk/pdf/NISP-Vol1-v15.pdf>

¹³² Sara Nordin & Orion Berg, “New Dual-Use Export Control and Outbound Investment Approach as Part of the EU’s Economic Security Strategy,” *White & case insight alert*, 06 February 2024. Dostęp online: <https://www.whitecase.com/insight-alert/new-dual-use-export-control-and-outbound-investment-approach-part-eus-economic>

te mają charakter trwały, a to wymusza budowę kompetencji compliance jako nowego elementu infrastruktury bezpieczeństwa technologicznego¹³³.

Jedną z najistotniejszych barier technologicznych w rozwoju europejskich technologii dual-use jest strukturalna zależność od zewnętrznych łańcuchów dostaw, szczególnie w obszarach półprzewodników, komponentów elektronicznych, materiałów krytycznych i modułów oprogramowania¹³⁴. Europa kontroluje jedynie ok. 9% światowej produkcji półprzewodników, przy całkowitej dominacji Tajwanu (92%) w produkcji zaawansowanej oraz znaczącej roli Chin w montażu i testowaniu¹³⁵. Europejski przemysł obronny w dużym stopniu opiera się na dostawach z Chin co czyni go wrażliwym na zaburzenia geopolityczne i presję regulacyjną. Wskazuje się na krytyczne uzależnienie europejskiej infrastruktury AI od amerykańskich chipów¹³⁶.

Rosnąca fragmentacja globalnego systemu kontroli eksportu to kolejna poważna bariera technologiczna, ograniczająca dostęp do krytycznych komponentów i danych. Blokada Rosji w Porozumieniu Wassenaar uniemożliwiła aktualizację globalnej listy kontrolnej, zmuszając UE do stworzenia równoległego mechanizmu kontroli w oparciu o Rozporządzenie 2021/821¹³⁷. Identyfikuje się zjawisko *forum shopping*, w którym państwa członkowskie importują towary objęte kontrolą z krajów o mniej restrykcyjnych przepisach, osłabiając tym samym skuteczność całego systemu UE¹³⁸. W obszarze technologii kwantowych restrykcje eksportowe mogą działać nieproduktywnie, gdyż presja regulacyjna USA paradoksalnie przyspiesza rozwój chińskich krajowych łańcuchów dostaw¹³⁹. Wskazuje się, że zbyt sztywne regulacje mogą pogłębiać globalną fragmentację i ograniczać legalny rozwój europejskiego sektora B+R¹⁴⁰.

¹³³ Wolf Theiss, "EU to expand dual-use goods export control and sanctions regimes – update on Russian sanctions packages and emerging technologies," Client Alert, 23 September 2025. Dostęp online: <https://www.wolftheiss.com/insights/eu-to-expand-dual-use-goods-export-control-and-sanctions-regimes-update-on-russian-sanctions-packages-and-emerging-technologies>

¹³⁴ Eversheds Sutherland, Updates to the EU dual-use export control list, 18 September 2025. Dostęp online: <https://www.eversheds-sutherland.com/en/global/insights/updates-to-the-eu-dual-use-export-control-list>

¹³⁵ Seraph, Rearming Europe's defence industry: securing supply chain transparency and resilience, 24 czerwca 2025. Dostęp online: <https://seraph.com/insights/rearming-europes-defence-industry-securing-supply-chain-transparency-and-resilience/>

¹³⁶ Azzoni, P. (2025, 28 marca). Securing the AI chips supply and value network. Inside Association. Dostęp online: <https://www.inside-association.eu/2025/03/28/securing-the-ai-chips-supply-and-value-network/>

¹³⁷ European Commission, Proposal for a regulation on strengthening export controls of dual-use goods and technology (com (2025) 19), Brussels. Accessed via EU Transparency Register: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2025\)19&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2025)19&lang=en); U moves to consolidate export control powers after Russia blocks multilateral agreements," Worlddecr, 23 October 2025, Dostęp online: <https://www.worlddecr.com/news/eu-moves-to-consolidate-export-control-powers-after-russia-blocks-multilateral-agreements/>

¹³⁸ European Parliamentary Research Service (EPRS), Dual-use export controls as tools of EU economic security: from coordination to a proactive eu approach. Briefing pe 777.960 – October 2025. Marcin Szczepański. Dostęp online: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/777960/EPRS_BRI\(2025\)777960_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/777960/EPRS_BRI(2025)777960_EN.pdf)

¹³⁹ Huber, E. (2025, 27 czerwca). Export controls accelerate China's quantum supply chain. Royal United Services Institute (RUSI) Commentary. Dostęp online: <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/export-controls-accelerate-chinas-quantum-supply-chain>

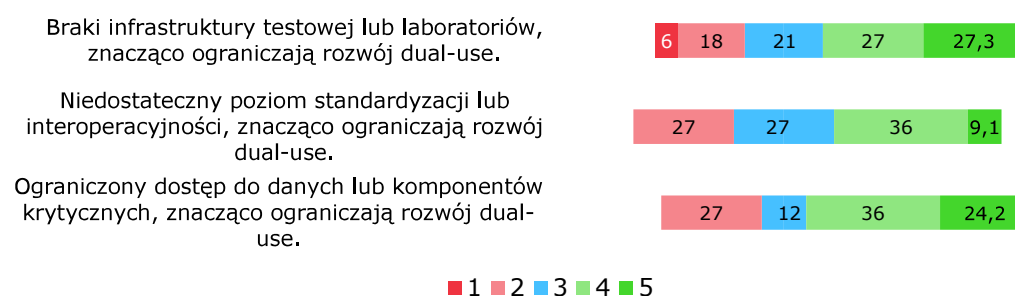
¹⁴⁰ Kadous, S., LaMountain, L. & Loynd, R., „Quantum Technology and Export Controls,” The regulatory review, 13 września 2025. Dostęp online: <https://www.theregreview.org/2025/09/13/seminar-quantum-technology-and-export-controls>

Ograniczenia w zakresie europejskich i krajowych produkcji zaawansowanych komponentów technologicznych i surowców stanowi kolejne technologiczne wyzwanie. Bezpieczeństwo obronne państw jest strukturalnie powiązane ze zdolnością do niezależnej produkcji półprzewodników i innych komponentów krytycznych. Unia Europejska nadal ich nie posiada¹⁴¹. W efekcie, europejski system dual-use opiera się na kruchych podstawach infrastrukturalnych i pozostaje narażony na ryzyka zewnętrzne oraz zmienność polityki handlowej globalnych graczy¹⁴². Zaleca się budowanie strategicznych rezerw, mapowanie zależności w całym łańcuchu wartości oraz wdrażanie polityk dual-sourcingowych¹⁴³.

WYNIKI BADANIA EKSPERCKIEGO

Kwestie barier związanych z infrastrukturą i samą technologią, zbadano oceniając poziomy trzech różnych deficytów tj. infrastruktury badawczej, standaryzacji oraz komponentów krytycznych, które wymienia się w literaturze jako blokery procesu B+R lub komercjalizacji.

Wykres 11. Infrastruktura. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w % (1- zdecydowanie się nie zgadzam, do 5- zdecydowanie się zgadzam).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania – Technologie dual-use: bariery i perspektywy.

Duża część ankietowanych (61%) uważa, że **ograniczony dostęp do danych lub komponentów krytycznych jest istotną barierą dla rozwoju dual-use**, i jednocześnie ponad połowa % zgadza się z opinią że **problem tkwi w brakach infrastruktury testowej lub laboratoriów**. Chociaż kwestia niedostatecznego poziomu standaryzacji lub interoperacyjności jest oceniona najmniej jednoznacznie ze wszystkich – nadal aż 45% ankietowanych uznaje to za przeszkodę nie mniejszą niż wcześniejsze.

¹⁴¹ Chu, M.-C. M. (2023). China's defence semiconductor industrial base in an age of globalisation: Cross-strait dynamics and regional security implications. *Journal of Strategic Studies*. DOI:<https://doi.org/10.1080/01402390.2023.2164852>; Monsees, L. (2024). The paradox of semiconductors—EU governance between sovereignty and interdependence. *Cambridge Review of International Affairs*, 38(1), 3–21. DOI:<https://doi.org/10.1080/09557571.2024.2405915>.

¹⁴² Seraph, Rearming Europe's defence industry: securing supply chain transparency and resilience, 24 czerwca 2025. Dostęp online: <https://seraph.com/insights/rearming-europes-defence-industry-securing-supply-chain-transparency-and-resilience/>

¹⁴³ Jasper Helder, Chiara Klau, Ross Denton, Imogen Brooks, Simi Malhi, Stefan Tsakanakis, James Matson, Charlotte Ezaz & Oliver Haynes, "EU Updates Dual-Use Export Control List: Key Changes for Emerging Technologies," Akin Gump Strauss Hauer & Feld llp insights & alerts, 16 września 2025. Dostęp online: <https://www.akingump.com/en/insights/alerts/eu-updates-dual-use-export-control-list-key-changes-for-emerging-technologies>

Z kolei na podstawie własnych doświadczeń podczas realizacji projektów dual-use, eksperci zwrócili przede wszystkim uwagę na następujące bariery infrastrukturalno-technologiczne:

Tabela 7. Bariery infrastrukturalno-technologiczne dla rozwoju dual-use.

Bariera	Możliwe skutki dla rozwoju technologii dual-use
<p>Brak infrastruktury testowej dedykowanej dla technologii dual-use</p>	<p>Brak poligonów dedykowanych do testowania technologii dual-use oraz ograniczony dostęp do istniejących wojskowych obiektów testowych skutkuje niemożliwością przeprowadzania prób w warunkach zbliżonych do operacyjnych. Mniejsze podmioty, takie jak startupy i MŚP, muszą dostosować się do wojskowych harmonogramów, co spowalnia iterację rozwoju i weryfikację technologii. To ogranicza zdolność do osiągnięcia wysokiej gotowości technologicznej (TRL), niezbędnej do wdrożeń wojskowych i eksportowych.</p>
<p>Braki w dostępie do surowców strategicznych</p>	<p>Zakłócenia w globalnych łańcuchach dostaw, szczególnie dotyczące metali ziem rzadkich (np. neodym, dysproz), utrudniają rozwój komponentów wymagających wysokich parametrów technicznych (magnesy, sensory, napędy). Może to wpływać na wzrost kosztów i opóźnienia w realizacji projektów o potencjale dual-use, a także ograniczać niezależność technologiczno-materiałową.</p>
<p>Trudności w zakupie aparatury i komponentów elektronicznych</p>	<p>Problemy z pozyskiwaniem specjalistycznej aparatury badawczej oraz zaawansowanych komponentów elektronicznych (np. mikrokontrolerów, sensorów wysokiej klasy) wpływają negatywnie na tempo prowadzonych prac badawczo-rozwojowych. Może to ograniczać możliwość adaptacji technologii cywilnych do zastosowań wojskowych, gdzie często wymagane są wyższe standardy niezawodności i odporności środowiskowej.</p>
<p>Ograniczenia w dostępie do informacji niejawnych</p>	<p>Bariery prawne i organizacyjne w przyznawaniu dostępu do informacji niejawnych utrudniają efektywną współpracę z instytucjami państwowymi i międzynarodowymi w zakresie projektów obronnych. Skutkiem jest ograniczony przepływ wiedzy, utrudnienia w prowadzeniu badań oraz brak możliwości pełnej integracji zespołów projektowych w ramach programów UE i NATO.</p>
<p>Niedostosowanie infrastruktury IT do wymagań przetwarzania danych nie-jawnych</p>	<p>Brak odpowiednio zabezpieczonego sprzętu oraz oprogramowania do szyfrowania i przetwarzania danych niejawnych znacząco ogranicza współpracę międzynarodową w ramach projektów dual-use. Problemy te szczególnie dotyczą jednostki badawcze i MŚP, które nie dysponują zasobami do wdrożenia kosztownej infrastruktury zgodnej z normami bezpieczeństwa.</p>

Ograniczenia w transgranicznym przesyłaniu próbek materiałowych	Obowiązujące przepisy ograniczają możliwość przesyłania między krajami UE próbek materiałowych większych niż 5 kg, które traktowane są jako dostawy handlowe. To utrudnia realizację wspólnych eksperymentów i testów laboratoryjnych w ramach projektów międzynarodowych, prowadząc do wydłużenia cyklu badawczo-rozwojowego i obniżenia efektywności współpracy.
--	--

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badania - *Technologie dual-use: bariery i perspektywy*.

Deficyty spowalniające tempo rozwoju technologii podwójnego zastosowania, są najbardziej odczuwalne w następujących ogniwach VC:

- testowanie i walidacja – brak dostępnej infrastruktury do testów technologii czyli np. poligonów, ale również brak informacji o tym jak można uzyskać do nich dostęp;
- finansowanie – niski poziom finansowania badań podstawowych i pre-seed;
- wdrażanie – problemem jest uzależnienie surowcowe skutkujące ograniczoną zdolnością produkcji dużych serii.

Wyniki badania eksperckiego pokazują, że bariery technologiczne dual-use w Polsce są w praktyce barierami „wdrożeniowymi”. Respondenci wskazują przede wszystkim na deficyty infrastruktury testowej i laboratoriów oraz ograniczony dostęp do danych i komponentów krytycznych, a także na niedostatki standaryzacji i interoperacyjności. Badanie pokazuje wyraźne przesunięcie akcentu z ogólnej diagnozy o *valley of death* i fragmentacji europejskich łańcuchów dostaw na empirycznie potwierdzony, operacyjny obraz wąskich gardeł taki jak: brak poligonów (i informacji o dostępie), ograniczenia pracy na danych niejawnych, niedostosowanie infrastruktury IT do współpracy w projektach oraz praktyczne trudności w pozyskiwaniu aparatury, komponentów i próbek do testów. W opozycji do desk research, które opisuje problem głównie jako makro-rozbieżność tempa innowacji i prokuracji oraz brak mechanizmów *deployment readiness*, badanie eksperckie pokazuje, że hamulce są namacalne i mierzalne na poziomie realizacji projektów: to testowanie i walidacja w warunkach zbliżonych do operacyjnych, dostęp do komponentów oraz infrastruktura bezpieczeństwa informacji, które spowalniają przejście do kolejnych poziomów gotowości technologicznej.

Bariery społeczno-kulturowe

NISKA AKCEPTACJA SPOŁECZNA

Niska akceptacja społeczna tzw. „militaryzacji innowacji” stanowi barierę dla rozwoju europejskiego ekosystemu technologii dual-use, szczególnie w krajach o tradycyjnie pacyfistycznym nastawieniu, takich jak Niemcy, Szwecja czy Holandia¹⁴⁴. Szczególnie widoczne jest to w takich państwach jak Polska, które doświadczyły zarówno konfliktów

¹⁴⁴ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

zbrojnych, jak i komunizmu¹⁴⁵. Projekty dual-use bywają postrzegane przez społeczeństwo i część społeczności akademickiej jako „military” mimo znaczącego komponentu cywilnego. Pojawiają się przez to obiekcje natury etycznej, a także reputacji w zakresie współpracy z sektorem obronnym. Problem ten jest szczególnie dotkliwy w środowisku uniwersyteckim, gdzie tradycje otwartości naukowej, wolności akademickiej i międzynarodowej współpracy zderzają się z wymogami bezpieczeństwa, poufności i kontroli eksportu charakterystycznymi dla badań obronnych¹⁴⁶.

Dla osiągnięcia suwerenności technologicznej UE konieczne są zarówno inwestycje jak i uregulowanie zastosowań dual-use AI w sposób, który zbalansuje innowację z odpowiedzialnością etyczną i społeczną akceptacją. Europejska strategia AI musi uwzględniać obawy społeczeństwa dotyczące autonomicznych systemów broni, nadzoru masowego i potencjalnego nadużycia technologii rozwijanych z publicznych środków¹⁴⁷. Bariery społeczne i regulacyjne wokół technologii dual-use odnoszą się do braku transparentnego dialogu społecznego i mechanizmów konsultacji obywatelskich¹⁴⁸. Wskazuje się, że prowadzi to do erozji zaufania publicznego wobec programów badawczo-rozwojowych łączących cele cywilne i obronne¹⁴⁹.

NIEPEWNOŚĆ ZASTOSOWAŃ KOŃCOWYCH

Kwestia niepewności co do zastosowania końcowego technologii finansowanych ze środków publicznych budzi szerokie obawy, że mogą one być wykorzystywane do tworzenia autonomicznych systemów broni lub wspierać reżimy represyjne poprzez eksport uzbrojenia. Zmiana tej percepcji wymaga nowej narracji (podobnej do tej, która towarzyszyła programowi Apollo czy DARPA), gdzie technologie opracowane na potrzeby obrony przyniosły znaczne korzyści społeczne (np. Internet, GPS, technologie autonomiczne)¹⁵⁰. Percepcja ryzyka oraz zmienność środowiska geopolitycznego zniechęcają prywatne firmy technologiczne do angażowania się w inicjatywy wojskowo-cywilne, nawet gdyby przynosiły one strategiczne i gospodarcze korzyści. W rezultacie

¹⁴⁵ Cséfalvayová, Katarína, The dual-use dilemma: why Europe must rethink civil-military innovation, Institute for Central Europe (ICE), 2025. Dostęp online: <https://iceoz.eu/en/the-dual-use-dilemma-why-europe-must-rethink-civil-military-innovation>

¹⁴⁶ R. Kuipers, “When defence comes knocking at the UT’s door,” U-today – University of Twente news, 11 November 2025. Dostęp online: <https://www.utoday.nl/spotlight/76171/when-defence-comes-knocking-at-the-uts-door/>; Éanna Kelly, „Scientists step up opposition to EU funding of military research,” Science|Business, 12 kwietnia 2018. Dostęp online: <https://www.sciencebusiness.net/news/horizon-europe/scientists-step-opposition-eu-funding-military-research>

¹⁴⁷ Csernaton, R. (2025, 20 maja). The EU’s AI power play: between deregulation and innovation. Carnegie Endowment for International Peace (Carnegie Europe). Dostęp online: <https://carnegie-production-assets.s3.amazonaws.com/static/files/>

¹⁴⁸ Schmid S, Riebe T, Reuter C. Dual-Use and Trustworthy? A Mixed Methods Analysis of AI Diffusion Between Civilian and Defense R&D. *Sci Eng Ethics*. 2022 Mar 8;28(2):12. DOI:10.1007/s11948-022-00364-7

¹⁴⁹ Harriett Baldwin, *Critical Dual-Use Technologies: Commercial, Regulatory, Societal and National Security Challenges* (General Report 051 ESC 24 E rev.2), NATO Parliamentary Assembly, Economics and Security Committee, 2024. Dostęp online: <https://www.nato-pa.int/download-file?filename=/sites/default/files/2024-12/051%20ESC%2024%20E%20rev.2%20fin%20-%20CRITICAL%20DUAL-USE%20TECHNOLOGIES%20-%20BALDWIN%20REPORT.pdf>

¹⁵⁰ Karina Robinson, “Societal Attitudes on Defence Spending and Investment Need to Change,” Rusi commentary, 29 April 2024. Dostęp online: <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/societal-attitudes-defence-spending-and-investment-need-change>

brakuje trwałych partnerstw i mechanizmów współpracy, które mogłyby wspierać dyfuzję technologii między sektorem cywilnym a obronnym¹⁵¹.

KONKURENCJA O ŚRODKI BADAWCZE

Relatywnie słabo rozpoznaną barierą jest konkurencja o ograniczone środki badawcze, której towarzyszy niedostateczne uwzględnianie potencjału technologii dual-use w realizacji celów klimatycznych i transformacji energetycznej. Wielu badaczy obawia się, że rosnące finansowanie sektora obronnego odbędzie się kosztem badań cywilnych w obszarach takich jak zdrowie publiczne, edukacja czy transformacja energetyczna¹⁵². Wskazuje się, że wzrost wydatków wojskowych w UE (o 16% w latach 2023–2024) powinien uwzględniać inwestycje w technologie istotne dla transformacji klimatycznej wzmacniające zarówno zdolności wojskowe, jak i odporność społeczną¹⁵³. W związku z tym, konieczne jest wielowymiarowe podejście do konceptualizacji dual-use, uwzględniające funkcję militarną, cywilną, kontekst społeczny, etyczny i środowiskowy¹⁵⁴.

Kolejną grupę barier stanowią kontrowersje etyczne związane z technologiami dual-use, takimi jak AI, biotechnologia i systemy autonomiczne. Przykładowo debata o AI podwójnego zastosowania skupia się głównie na hipotetycznych zagrożeniach związanych z bronią chemiczną, biologiczną, radiologiczną i nuklearną, chociaż realne ryzyko wynika z użycia AI w systemach wojskowego rozpoznania, obserwacji, namierzania i śledzenia celów. Brak sposobu na kontrolę tego, jakie dane osobowe trafiają do komercyjnych modeli AI, może doprowadzić do tego, że państwa wrogie będą korzystać z nich jak z wojskowych narzędzi. Dodatkowo, kiedy wojsko używa takich modeli, zwiększa to liczbę sposobów ataku na systemy militarne oraz infrastrukturę obronną, z którą modele się łączą¹⁵⁵. Oprócz tego takie modele mogą zostać pobrane z Internetu i użyte przez każdego (grupy terrorystyczne, wrogie państwa) bez realnej możliwości kontroli. Obecne regulacje oparte na limitach mocy obliczeniowej i kontroli eksportu wag są niewystarczające, szczególnie gdy modele *open-source* można łatwo dostosować do celów wojskowych przy niewielkich kosztach¹⁵⁶.

Pojawia się przy tym problem odwrotnego zastosowania narzędzi defensywnych i brak odpowiednich mechanizmów zapobiegania nadużyciom. Przykładowo technologie

¹⁵¹ Liang, X., Liang, Y., Kang, W. & Wei, H., "Research on military-civilian collaborative innovation of science and technology based on a stochastic differential game model," PLOS ONE, 19(1) (2024): e0292635, DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292635>

¹⁵² Kelly, É. (2018, 12 kwietnia). Scientists step up opposition to EU funding of military research. Science|Business. Dostęp online: <https://www.sciencebusiness.net/news/horizon-europe/scientists-step-opposition-eu-funding-military-research>

¹⁵³ Krampe, F. (2025, 31 lipca). Europe's defence build-up is a climate gamble – here's how it can course correct. World Economic Forum – Resilience, Peace and Security. Dostęp online: <https://www.weforum.org/stories/2025/07/europe-defence-build-climate-dual-use/>

¹⁵⁴ Hähnel, M. (2024). Conceptualizing dual use: A multidimensional approach. *Research Ethics*, 21(2), 205-227. DOI:<https://doi.org/10.1177/17470161241261466>; Harriett Baldwin, Critical dual-use technologies: commercial, regulatory, societal and national security challenges (General Report 051 esc 24 e rev.2), NATO Parliamentary Assembly, 2024. Dostęp online: <https://www.nato-pa.int/document/2024-dual-use-technologies-report-baldwin-051-esc>

¹⁵⁵ Khlaaf, H., Myers West, S., & Whittaker, M. (2024). Mind the gap: foundation models and the covert proliferation of military intelligence, surveillance, and targeting. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.14831>

¹⁵⁶ Barrett, A. M., Jackson, K., Murphy, E. R., Madkour, N., & Newman, J. (2024). Benchmark early and red team often: a framework for assessing and managing dual-use hazards of AI foundation models. CLTC White Paper Series, Center for Long-Term Cybersecurity, UC Berkeley, May 2024

opracowane z intencją ochrony i przeciwdziałania terroryzmowi, takie jak Gospel, Lavender czy Where's Daddy, są wykorzystywane przez aktorów państwowych do inwigilacji i represji, także wobec cywilów¹⁵⁷. Podobnie przypadki NSO Group czy FinFisher pokazują, jak łatwo narzędzia z pozoru defensywne przekształcają się w instrumenty politycznej kontroli¹⁵⁸.

Pojawiające się doniesienia o wykorzystaniu technologii dual-use w konfliktach zbrojnych unaoczniało problem braku kontroli nad decyzjami bojowymi, które wynikają z tzw. *automation bias* – skłonności operatorów do bezkrytycznego ufania rekomendacjom algorytmicznym. Dylematy etyczne z zastosowania broni autonomicznej odnoszą się do odpowiedzialności w efekcie końcowym¹⁵⁹. Unaocniają brak systemowego nadzoru nad wdrażaniem i zastosowaniem technologii dual-use o wysokim ryzyku. Wynika to z różnic kulturowych i etycznych występujących wśród wszystkich państwowych aktorów na świecie. Jednocześnie w państwach UE prowadzi do społecznego dystansu wobec instytucji odpowiedzialnych za rozwój technologii dual-use¹⁶⁰.

DEFICYTY ETYCZNE I INSTYTUCJONALNE W SYSTEMACH OCENY RYZYKA

Spółeczno-kulturowa legitymizacja dla rozwoju technologii dual-use uzależniona jest od deficytów w obszarze standardów etycznych. Wiele instytucji badawczych nie posiada formalnych procedur oceny ryzyka dual-use czy przeszkolonego personelu¹⁶¹. Cały czas istnieją luki w zarządzaniu ryzykiem, niska świadomość i brak jasnych polityk regulujących badanie dual-use¹⁶². Brak zinstytucjonalizowanych, obowiązkowych systemów oceny ryzyka na poziomie UE a w szczególności brak standardów etycznych w projektach dual-use (np. Horizon Europe, EDF) oraz luka w monitoringu etycznym programów badawczych sprzyjają wdrażaniu technologii bez społecznej akceptacji¹⁶³. W efekcie, technologie dual-

¹⁵⁷ Khlaaf, H., Myers West, S., & Whittaker, M. (2024). Mind the gap: foundation models and the covert proliferation of military intelligence, surveillance, and targeting. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.14831>

¹⁵⁸ Marczak, B., Scott-Railton, J., McKune, S., Abdul Razzak, B. & Deibert, R. (2018). Hide and seek: tracking NSO group's pegasus spyware to operations in 45 countries. Citizen Lab Research Report No. 113, University of Toronto. Dostęp online: <https://www.nsarchive.gwu.edu/sites/default/files/documents/r95u3s-6c10a/CitizenLabReport.pdf>

¹⁵⁹ Bonsegna, N. The integration of AI-empowered autonomous weapon systems in European defence. The Defence Horizon Journal. Dostęp online: <https://tdhj.org/blog/post/ai-autonomous-weapons-europe>

¹⁶⁰ Tamże.

¹⁶¹ Badrul Hisham, A. A., Mohamed Yusof, N., & Novita, M. (2025). Ethics, regulation, and governance in dual-use research: a systematic review. International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS), Vol. IX, Issue IV, April 2025, s. 338–348. DOI:

¹⁶² World Health Organization. (2025, 5 March). Piloting of the global guidance framework for the responsible use of the life sciences: mitigating biorisks and governing dual-use research in Uganda. Geneva: World Health Organization, Dostęp online: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/research-for-health/piloting-of-the-global-guidance-framework-for-the-responsible-use-of-the-life-sciences.pdf?sfvrsn=1b718d10_3&download=true

¹⁶³ European Commission, On options for enhancing support for research and development involving technologies with dual-use potential. White paper, Brussels: European Union, 24 January 2024. Dostęp online: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/7ae11ca9-9ff5-4d0f-a097-86a719ed6892_en

use rozwijane bez przejrzystości i odpowiedzialności mogą pogłębiać deficyt zaufania publicznego oraz opóźniać ich wdrażanie w praktyce¹⁶⁴.

Niechęć europejskich uczelni do komercjalizacji badań w sektorze obronnym osłabia perspektywy rozwoju zintegrowanego systemu innowacji dual-use. To wynik kulturowego sceptycyzmu akademików wobec współpracy z sektorem obronnym oraz dążenie do oddzielenia badań cywilnych od wojskowych, głównie dyktowane obawą o reputację¹⁶⁵. Do tego dochodzą deficyty takie jak ograniczona świadomość i kompetencje w akademii dotyczące przepisów kontroli eksportu, zarządzania IP w kontekście dual-use oraz procedur bezpieczeństwa badań. To także różnice w podejściu do nauki, gdyż uczelnie są otwarte i transparentne, natomiast badania w obszarze bezpieczeństwa wymagają klauzul poufności¹⁶⁶. Powyższe aspekty przekładają się na brak zdolności uczelni do efektywnego uczestniczenia w projektach obronnych.

Dwutorowy rozwój sektorów naukowego i militarnego skutkuje dalszym rozwarstwieniem szczególnie w procesach komunikacyjnych i proceduralnych. Osobne i odmienne przepisy kształtujące współpracę uczelni z wojskiem wynikają z odmiennych kultur i tradycji organizacyjnych, priorytetów i celów¹⁶⁷. Dodatkowo istniejące mechanizmy transferu technologii z uczelni do sektora obronnego są w UE szczątkowe, czasochłonne i nieefektywne. Wskazuje się, że w USA, automatyzuje się ścieżki współpracy między instytutami a wdrożeniem w sektorze militarnym, podczas gdy w Europie dominuje powoływanie spin-off i osobne umowy¹⁶⁸.

WYNIKI BADANIA EKSPERCKIEGO

W badaniu eksperckim komponent społeczno-kulturowy (ujęty jako „obawy natury etycznej i reputacyjnej”) nie został oceniony jako dominująca przeszkoda: przy skali 1–5 średnia wyniosła 2,67 (mediana 3). Tylko 15% respondentów wskazało zgodę (oceny 4–5) z tezą, że obawy etyczne i reputacyjne realnie blokują projekty dual-use, podczas gdy 45% pozostało neutralnych (ocena 3), a 39% wyraziło brak zgody (oceny 1–2). To sugeruje, że w tej próbie problem ma raczej charakter sytuacyjny i zależny od kontekstu organizacyjnego niż powszechny, „społeczny” hamulec.

W kontekście Polski, wnosi to do wiedzy przede wszystkim korektę akcentów względem uzyskanych wyników z *desk research*, gdyż wcześniejsze badania często opisują niską akceptację „militaryzacji innowacji” jako barierę systemową (zwłaszcza w akademii

¹⁶⁴ Barrett, A. M., Jackson, K., Murphy, E. R., Madkour, N., Newman, J. (2024). Benchmark early and red team often: a framework for assessing and managing dual-use hazards of AI foundation models. CLTC White Paper Series, Center for Long-Term Cybersecurity, UC Berkeley, May 2024

¹⁶⁵ European Commission, Unlocking the potential of dual-use research and innovation, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2025. Dostęp online: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/e11c91be-5173-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/language-en>

¹⁶⁶ Kuipers, R. (2025, 11 listopada). WHEN DEFENCE COMES KNOCKING AT THE UT'S DOOR. U-Today – Spotlight. Dostęp online: <https://www.utoday.nl/spotlight/76171/when-defence-comes-knocking-at-the-uts-door/>

¹⁶⁷ Giesener, M., Mayer, L., Key, L., Hassan, M. (2025, February). Overcoming the six unspoken barriers that impede defense innovation. Security Innovation Board, Fourth Report. Dostęp online: <https://web-assets.bcg.com/41/37/44f7bf5d409d8fb4705484b29308/overcoming-the-six-unspoken-barriers-that-impede-defense-innovation.pdf>

¹⁶⁸ Sezal, M. A. & Giumelli, F. (2022). Technology transfer and defence sector dynamics: the case of the Netherlands. *European Security*, 31(4), 558–575. DOI:<https://doi.org/10.1080/09662839.2022.2028277>

i w państwach o silnych normach pacyfistycznych), natomiast wyniki ekspertów pokazują, że w praktyce postrzeganie tej bariery jest niejednoznaczne i częściej traktowane jako tło dla innych ograniczeń. W wypowiedziach otwartych częściej powracają motywy sensu i celu alokacji środków, ryzyka „mody” na dual-use oraz potrzeby budowania zaufania przez edukację i standardy etyczne. Elementy społeczno-kulturowe przejawiają się raczej w formule „warunków brzegowych” dla polityki, a nie jako pierwszy powód niewdrażania technologii. Warto postawić tu tezę, że jest to spowodowane innym położeniem geopolitycznym i innymi doświadczeniami związanymi z zagrożeniem bezpieczeństwa w odniesieniu do innych wyników badań.

W konsekwencji, z perspektywy wdrożeniowej bariera społeczno-kulturowa ujawnia się w badaniu bardziej jako deficyt legitymizacji i komunikacji (po co wspieramy dual-use, jakie priorytety, jakie bezpieczniki etyczne) niż jako masowy sprzeciw wobec samej współpracy cywilno-wojskowej. Warto wskazać, że eksperci nie negują istnienia wątpliwości etycznych, ale sygnalizują, że bez spójnej narracji, priorytetów i ram odpowiedzialności te wątpliwości będą narastać i mogą podważać zaufanie do programów nawet jeśli dziś nie są oceniane jako najcięższa bariera.



Wyniki badania eksperckiego

W obszarze **barier regulacyjnych** respondenci sygnalizują przede wszystkim problem jakości otoczenia prawnego rozumianej jako przewidywalność, zrozumiałość i dopasowanie przepisów do realiów innowacji. W ocenach pojawia się rozróżnienie między poziomem unijnym i krajowym – przy czym unijne ramy postrzegane są jako nieco mniej problematyczne, ale wciąż niedostatecznie przejrzyste. Najbardziej krytycznie wypada kwestia adekwatności regulacji do współczesnych procesów tworzenia i wdrażania innowacji. Wskazuje to, że obowiązujące reżimy bywają zbyt restrykcyjne lub zbyt szczegółowe w stosunku do dynamiki rozwoju technologii. Dla części kryteriów stwierdzono wysoką rozbieżność odpowiedzi, wskazującą na istotne zróżnicowanie własnych doświadczeń w zależności od domeny technologicznej i ekspozycji na wymogi kontroli eksportu czy bezpieczeństwa. Najsilniejszy wspólny wniosek ma charakter kierunkowy: potrzebne są korekty zarówno w prawie krajowym, jak i unijnym, a lista barier ujawnia w szczególności kłopoty z niejednoznacznością kontroli eksportu, brakiem standardów i procedur bezpieczeństwa, lukami regulacyjnymi transferu niematerialnego oraz sprawnej ścieżki testowania i szybkich zakupów na potrzeby wojska.

W przypadku **barier technologicznych i infrastrukturalnych** dominują opinie, że główne wąskie gardła dotyczą warunków doprowadzenia pomysłów i rozwiązań do poziomu użyteczności operacyjnej. Szczególnie wyraźnie wraca temat ograniczonej dostępności infrastruktury testowej, poligonów i laboratoriów, uniemożliwiający walidację rozwiązań w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, a przez to spowalniający osiągnięcie wyższych poziomów gotowości TRL. Ponadto badania wskazują podatność na czynniki zewnętrzne: ograniczenia w dostępie do komponentów krytycznych i surowców strategicznych oraz trudności w zakupie aparatury i elektroniki, które przekładają się na opóźnienia i wzrost kosztów prac B+R. Istotnym, specyficznym dla dual-use problemem jest też bariera informacyjna czyli utrudniony dostęp do informacji niejawnych i brak infrastruktury IT spełniającej wymogi bezpieczeństwa. Uniemożliwia to lub spowalnia współpracę z partnerami krajowymi i zagranicznymi. Całość układa się w obraz, w którym deficyty infrastrukturalne, materiałowe i bezpieczeństwa informacji kumulują się szczególnie na etapie testowania, walidacji i skalowania, a dodatkowo wzmacnia je niewystarczająca gotowość do współpracy między nauką, biznesem i sektorem obronnym.

Barriere finansowe mają w badaniu charakter najbardziej jednoznaczny: respondenci oceniają krajowy ekosystem finansowania dual-use jako niewystarczający i słabo działający w praktyce, przy czym szczególnie słabo wypada efektywność mechanizmów współpracy nauki z biznesem. W tle tych ocen można dostrzec problem nie tyle pojedynczych instrumentów, ile ich zdolności do „domknięcia” ścieżki od badań do wdrożenia, zwłaszcza w projektach wysokiego ryzyka, wymagających prototypowania i testów w warunkach rzeczywistych. O ile instrumenty unijne nie są jednoznacznie odrzucane, o tyle część ekspertów kwestionuje, czy wystarczająco uwzględniają specyfikę dual-use. Widoczna staje się potrzeba lepszego dopasowania wymogów i logiki interwencji do realiów bezpieczeństwa i ograniczeń regulacyjnych. Propozycje respondentów układają się w spójny kierunek: finansowanie powinno obejmować zarówno szybkie granty walidacyjne i proof-of-concept, jak i instrumenty inwestycyjne, preferencyjne kredyty, zachęty fiskalne oraz zamówienia publiczne wspierające prototypy i testy. Wypowiedzi otwarte podkreślają przy tym dwa warunki brzegowe skuteczności: wcześniejszą

priorytetyzację obszarów technologicznych oraz projektowanie narzędzi tak, aby działały również w warunkach kryzysu i po przekroczeniu „progu wojny”.

W obszarze **barier instytucjonalnych** obraz jest równie krytyczny, ale bardziej „organizacyjny” niż finansowy: ankietowani opisują system jako rozproszony, słabo skoordynowany i trudny do nawigowania dla firm. Najczęściej powtarza się teza, że wsparcie dostępne obecnie (doradztwo, inkubacja, koordynacja) jest niewspółmierne do potrzeb, a kluczową przeszkodą staje się brak koordynacji między instytucjami oraz niejasny podział ról i kompetencji. W tym kontekście mocno wybrzmiewa postulat utworzenia dedykowanej agencji publicznej odpowiedzialnej za dual-use, na wzór zagranicznych modeli, która łączyłaby funkcje koordynacji, finansowania, testowania i wsparcia wdrożeniowego. Jednocześnie, mimo ogólnej negatywnej oceny systemu, respondenci potrafią wskazać praktyczne punkty oparcia (takie jak programy akceleracyjne, konsultacje regulacyjne czy instrumenty europejskie). To wskazuje, że skuteczne elementy istnieją, ale wymagają lepszego osadzenia w spójnej architekturze wsparcia. Proponowane zmiany instytucjonalne idą w stronę centralizacji lub silnej koordynacji ponad resortowej, tworzenia struktur łącznikowych między MON, nauką i przemysłem oraz usprawnienia ścieżek zakupowych i testowych, aby skrócić drogę od prototypu do zastosowania.

W przypadku **potencjału rozwojowego**, wyniki sugerują, że respondenci postrzegają dual-use jako zjawisko szerokie i przekrojowe, możliwe do rozwijania w wielu obszarach jednocześnie, co utrudnia prostą selekcję jednej branży docelowej. Jednocześnie, gdy proszono o doprecyzowanie, wyłania się zestaw sektorów, w których potencjał jest oceniany jako szczególnie wysoki, a uzasadnienia są zwykle zakotwiczone w potrzebach bezpieczeństwa, odporności i zastosowaniach infrastrukturalnych. Wskazania dodatkowe spoza listy ankietowej potwierdzają, że część potencjału lokuje się w domenach tradycyjnych, takich jak budownictwo czy rolnictwo, o ile technologie (np. dane satelitarne, automatyzacja, łańcuchy dostaw) mają znaczenie dla odporności państwa. Co ważne, wątek potencjału jest ściśle powiązany z wcześniejszymi barierami: bez infrastruktury testowej, stabilnych instrumentów finansowania i spójnej architektury instytucjonalnej, nawet sektory o wysokim potencjale nie mogą generować wdrożeń. W rezultacie potencjał jest postrzegany nie jako wyłącznie cecha branż, ale jako funkcja popytu obronnego, zdolności do walidacji i wdrożenia oraz jakości otoczenia regulacyjno-instytucjonalnego.

WNIOSKI

Badanie eksperckie wskazuje dwie fundamentalne kwestie do rozwiązania, zanim zacznie się projektować zmiany przepisów, nowe instrumenty finansowe itp. Po pierwsze, co w praktyce ma znaczyć „technologia dual-use”, a po drugie, jakie warunki sprawiają, że daną technologię można zaliczyć do tej kategorii.

W ujęciu ekspertów technologia sama w sobie jest w punkcie wyjścia „agnostyczna” – to znaczy nie jest z natury cywilna ani wojskowa. Najczęściej powstaje z myślą o rynku cywilnym, natomiast status dual-use pojawia się dopiero w momencie, gdy konkretne rozwiązanie (produkt, usługa, system) oparte na tej technologii znajduje realnego odbiorcę w sektorze obronnym (w przemyśle zbrojeniowym lub siłach zbrojnych). Innymi słowy, o dual-use nie rozstrzyga wyłącznie możliwość zastosowania, ale faktyczne zaistnienie popytu obronnego i realna implementacja technologii w zastosowaniu wojskowym. Oznacza to, że dual-use jest relacją między technologią a potrzebą oraz sposobem jej wykorzystania.

Taka perspektywa prowadzi do wniosku, że należy zmienić metodę selekcjonowania technologii do wsparcia. W obecnym podejściu często próbuje się wskazywać sektory

gospodarki, które najbardziej skorzystają na technologiach podwójnego zastosowania, a następnie wspiera się rozwiązania dlatego, że pochodzą z określonej branży uznanej za perspektywiczną. Skoro jednak potencjał podwójnego zastosowania może pojawić się praktycznie w każdym obszarze gospodarki, selekcja technologii zasługujących na wsparcie w pierwszej kolejności, powinna być poprzedzona analizą, w których obszarach gospodarki występuje duża i/lub pilna potrzeba zwiększenia bezpieczeństwa, na którą mogą odpowiedzieć te technologie. Ułatwi to priorytetyzację, bo skieruje uwagę na konkretne potrzeby operacyjne, odpornościowe lub infrastrukturalne, a nie na teoretyczne możliwości technologiczne.

Z uzyskanych wyników badania wyłania się obraz systemowych słabości w ekosystemie w Polsce i UE, gdzie regulacje są postrzegane jako zbyt biurokratyczne i nieprzystosowane do innowacji, infrastruktura i finanse nie nadążają za potrzebami testowania i wdrożeń, a instytucje działają silosowo bez dedykowanej koordynacji. O ile potencjał jest rozpoznany i szeroko rozumiany – obejmując zarówno tradycyjne sektory przemysłowe, jak i nowe obszary (AI, bezpieczeństwo, materiały) – to bez reform w obszarach regulacji, finansowania, infrastruktury i instytucji, wdrożenia będą incydentalne, a nie systemowe. Ogólna sytuacja wskazuje na potrzebę ponad resortowych reform – centralizacji wsparcia, priorytetyzacji finansowania i uproszczenia procedur – aby uwolnić potencjał dual-use, szczególnie w kontekście bezpieczeństwa narodowego.

Podsumowanie i wnioski z całego badania



Technologia dual-use wymaga zintegrowanego podejścia: szybkich ścieżek testowania, przejrzystych przepisów, gotowości zakupowej sektora publicznego oraz trwałych mechanizmów wsparcia międzysektorowego.

- Wsparcie powinno być skoncentrowane przede wszystkim na technologiach, które uzyskują strategiczny priorytet ze względu na realne potrzeby bezpieczeństwa, a nie na szerokim finansowaniu rozwoju dual-use jako takiego. Finansowanie rozwiązań jedynie dlatego, że mogą kiedyś znaleźć zastosowanie obronne, bez powiązania z konkretną potrzebą i ścieżką wdrożenia, jest oceniane jako niecelowe i ryzykowne z perspektywy efektywności alokacji środków.
- Zastosowane podejście *mixed-methods* (desk research + CAWI) potwierdza, że rozproszona architektura instytucjonalna, regulacyjna i finansowa w Polsce istotnie ogranicza zdolność do przekształcania potencjału naukowo-przemysłowego we wdrożenia operacyjne (obronne) i produkty cywilne. Obraz barier jest spójny: regulacje zwiększają niepewność i koszty zgodności, finansowanie nie domyka ścieżki TRL 6–9, instytucje są słabo skoordynowane, a brak infrastruktury testowej oraz bezpiecznych warunków pracy z informacją wrażliwą blokuje walidację i skalowanie. Warto dodać, że opinie ekspertów mają silny walor praktyczny (85% respondentów deklaruje co najmniej rok doświadczenia w obszarze dual-use, a jednocześnie ok. 3/4 to osoby na stanowiskach kierowniczych lub dyrektorskich).
- W odniesieniu do barier rozwoju dual-use wynikających z regulacji prawnych eksperci oceniają regulacje jako „zbyt mało przejrzyste”: dla regulacji krajowych i unijnych łącznie wskazano 39% ocen problemu przejrzystości. Najniżej oceniana jest adekwatność regulacji do realiów innowacji, gdzie 52% (krajowe) i 48% (unijne) ocen sugeruje niedopasowanie do współczesnych procesów tworzenia innowacji. Największa zgodność występuje wokół potrzeby zmian. 66% ocen ekspertów wskazuje na konieczność korekt prawa krajowego.
- Raport identyfikuje *over-compliance* jako efekt niepewności i wysokich kar, który szczególnie obciąża MŚP i startupy. Wskazano też luki w regulacji transferu niematerialnego i brak wspólnych standardów technicznych w UE i NATO jako źródło niespójności. Regulacje działają jako bariera formalna, ale także behawioralna: zwiększają ostrożność (nadmierną zgodność), koszty i ryzyko błędów, a tym samym ograniczają skłonność do komercjalizacji i internacjonalizacji technologii dual-use.
- W odniesieniu do rozproszenia instytucjonalnego i braku koordynacji najczęściej wskazywaną barierą był brak koordynacji działań instytucji wspierających, gdzie aż 78%, ale też, niejasny podział ról (72%) i rozproszenie kompetencji między resortami (64%). Jednocześnie 2/3 ekspertów wskazuje, że problemem jest brak dedykowanej agencji publicznej dla rozwoju technologii dual-use. Jest to zgodne z uzyskanymi wynikami badań danych zastanych. Analiza wskazuje, że europejski system zarządzania dual-use jest fragmentaryczny, rozproszony i nieprzejrzysty, a region Europy Środkowo-Wschodniej posiada szczególną lukę koordynacyjną. Brak platform współpracy przekłada się na brak danych systemowych, monitoringu i ustandaryzowanych kanałów komunikacji między obronnością, nauką i biznesem.

Należy wskazać, że dotychczasowe analizy eksponują brak mechanizmów i brak strategii, natomiast eksperci mocniej przekładają ten obraz na konkretną potrzebę rozwiązania instytucjonalnego oraz na problem nawigowania po systemie wsparcia. Zatem brak centralnej koordynacji (albo silnej funkcji koordynacyjnej) powoduje, że system ten pozostaje trudny do obsługi dla firm i uczelni, a transfer technologii zachodzi incydentalnie.

- W zakresie analizy barier związanych z mechanizmami finansowania wskazano, że krajowe źródła finansowania projektów dual-use są niewystarczające (64%). Ważną uwagą jest ocena, że istniejące, krajowe systemy i narzędzia wsparcia nie działają w praktyce (57%). Wysoki poziom sceptycyzmu widoczny jest także przy ocenie europejskich instrumentów wsparcia w zakresie uwzględniania przez nie specyfiki dual-use (42%). Równie istotne jest wskazanie, że polska dolina śmierci dla prototypów zatrzymuje się na TRL 4–6, podczas gdy obronność oczekuje TRL 8–9. Dodatkowo, z analizy danych wynika, że wartość funduszy VC dedykowanych dual-use jest wysoce niewystarczająca. Istniejące, wysokie strumienie wsparcia finansowego na poziomie UE trafiają głównie do dużych wykonawców, o pewnych rozwiązaniach, gwarantujących dostawy, a nie do rozwiązań na TRL 6–8. Analiza danych zastanych wskazuje na strukturalne przyczyny (model grantowy, procedury zamówień), eksperci natomiast podkreślają praktyczny brak instrumentów „domykających” ścieżkę (granty walidacyjne, micro-granty do 0,5 mln zł, kredyty preferencyjne, gwarancje, zamówienia pilotażowe oraz problem długich rozstrzygnięć konkursów 1–2 lata). Zatem, można wskazać, że problem finansowania dotyczy całej architektury wsparcia i braku narzędzi dla finansowania rozwiązań i innowacji na 6–9 TRL oraz braku publicznego popytu (pilotaże/zakupy), a to zamienia istniejące pomysły i projekty w demonstratory bez przejścia do wdrożeń.
- W odniesieniu do dostępu do infrastruktury testowej, poligonów i bezpiecznych środowisk walidacji wskazuje się na ograniczony dostęp do danych i komponentów (61%). Eksperci uznali niedostateczną interoperacyjność za przeszkodę (45%). Ponad połowa ekspertów uznała braki infrastruktury testowej lub laboratoriów za istotną barierę rozwojową. Analiza dookreśla kolejne wyzwania w postaci braków dedykowanych poligonów, ograniczonego dostępu do wojskowych obiektów testowych. To bezpośrednio przekłada się na możliwość uzyskania wyższych poziomów TRL. Do tego dochodzą problemy na linii dostępu do informacji niejawnych czy bariery logistyczne. Braki infrastrukturalne i kwestie związane z bezpieczeństwem danych blokują etap walidacji i testów w warunkach zbliżonych do operacyjnych.
- Przechodząc do kwestii barier we współpracy akademii–przemysł–wojsko odnotowuje się deficyt „chęci i gotowości do współpracy” ze strony przemysłu obronnego i wojska oraz brak „dobrej współpracy na linii uczelnie–przemysł–wojsko” występujący w kilku ogniwach łańcucha wartości. W badaniu wyróżnia się kulturowy sceptycyzm części uczelni wobec komercjalizacji w sektorze obronnym, różnice kultur organizacyjnych (transparentność nauki a poufność bezpieczeństwa), deficyty kompetencji w kontroli eksportu i zarządzaniu IP w akademii oraz szczątkowość mechanizmów transferu technologii w UE. W przypadku Polski w badaniu eksperckim niemal połowa respondentów nie zajęła stanowiska w kwestiach etycznych, a do tego 40% uznało, że obawy etyczne i reputacyjne są nieistotną barierą rozwojową. Można domniemywać, że różnice te stanowią pochodną odmiennego postrzegania zagrożeń bezpieczeństwa w Europie Środkowo-Wschodniej, gdzie doświadczenie presji militarnej i geopolitycznej jest bardziej bezpośrednie, niż w państwach Europy Zachodniej i przekłada się to na niższą wagę barier etyczno-reputacyjnych w ocenie respondentów.

Barier na linii akademia-przemysł-wojsko nie należy szukać w ilości i intensywności spotkań, ale w różnicach proceduralnych, prawnych (IP, compliance), kulturowych i informacyjnych. Bez ich systemowego rozwiązania powyższego problemu transfer technologii będzie selektywny i powolny.

WNIOSKI PRZEKROJOWE I IMPLIKACJE SYSTEMOWE

- Analiza wyników badania pozwala sformułować dodatkowo szereg wniosków przekrojowych, które ujawniają głębsze mechanizmy systemowe determinujące rozwój technologii dual-use w Polsce. Wnioski te mają charakter strukturalny i odnoszą się do sposobu, w jaki państwo projektuje, zarządza i absorbuje innowacje o znaczeniu strategicznym.
- Zgromadzony materiał empiryczny wskazuje, że dominującym trendem regulacyjnym w obszarze technologii dual-use jest minimalizacja ryzyka formalno-prawnego, a nie zarządzanie ryzykiem technologicznym w sposób selektywny i proporcjonalny. Efektem tej logiki jest skłonność do nadmiernej zgodności z przepisami, która ogranicza gotowość instytucji publicznych, przedsiębiorstw i inwestorów do angażowania się w projekty o podwójnym zastosowaniu. W tym przypadku problemem systemu nie jest poziom kontroli, ale brak zdolności do zarządzania ryzykiem technologicznym. Regulacje nie rozróżniają projektów według rzeczywistego poziomu zagrożenia, lecz obejmują szerokie spektrum technologii jednolitym reżimem ostrożności. W efekcie zasoby administracyjne są rozpraszone, zamiast być kierowane tam, gdzie ryzyko jest faktycznie najwyższe, a system nie wykształca mechanizmów bieżącej oceny ryzyka w kolejnych fazach rozwoju technologii.
- Badanie ujawnia, że zasadniczą barierą transformacji potencjału naukowo-przemysłowego w zdolności obronne jest brak przewidywalnego popytu ze strony państwa a nie niedobór innowacji. Mechanizmy wsparcia koncentrują się na podaży technologii (projekty, granty, kompetencje), nie tworząc równoległych instrumentów popytowych. Zatem brak stabilnego popytu publicznego stanowi najważniejszy, hamulec rozwoju technologii dual-use. Prowadzi to do sytuacji, w której podmioty rozwijające technologie dual-use nie mają bodźców do inwestowania w kosztowne etapy prototypowania, certyfikacji i skalowania. Brakuje gotowości poniesienia ryzyka i otwartości państwa do pełnienia roli pierwszego użytkownika i współodpowiedzialnego partnera wdrożeniowego.
- Z punktu widzenia państwa zasadniczym problemem jest to, że system finansowania B+R premiuje realizację pojedynczych projektów, a nie trwałe budowanie zdolności technologicznych. Środki publiczne pozwalają zakończyć projekty badawcze, ale nie zapewniają ciągłości zespołów, utrzymania infrastruktury ani gotowości produkcyjnej po ich zakończeniu. W praktyce oznacza to, że efekty inwestycji publicznych są krótkotrwałe: powstaje wiedza i prototypy, ale nie są one zakotwiczone w stabilnych strukturach przemysłowych i instytucjonalnych. Z perspektywy bezpieczeństwa technologicznego skutkuje to brakiem zdolności, które państwo mogłoby utrzymywać, rozwijać i szybko uruchamiać w warunkach kryzysowych lub zwiększonego zapotrzebowania obronnego.
- Analiza dokumentów i opinii ekspertów wskazuje, że rozwój technologii dual-use w Polsce jest w dużej mierze odpowiedzią na zewnętrzne impulsy w tym na zmiany regulacyjne UE, kryzysy geopolityczne czy nowe programy finansów. Zarazem nie jest rezultatem długookresowej, antycypacyjnej strategii państwa. Przez to instrumenty

wsparcia są rozproszone i krótkoterminowe. System jest ukierunkowany na obsługę bieżących wyzwań administracyjnych i programowych a nie na budowę przewag w określonych obszarach technologicznych.

- Z badań wynika, że istnieje luka kompetencji systemowych po stronie państwa i instytucji publicznych. Obejmuje ona m.in. zdolność do oceny dojrzałości technologii w kontekście wojskowym, zarządzania własnością intelektualną w warunkach dual-use, prowadzenia zakupów innowacyjnych oraz integrowania cyklu życia technologii z cyklem planowania zdolności obronnych. Można wnioskować, że bez uzupełnienia tych kompetencji zwiększenie finansowania B+R nie przełoży się na wzrost liczby wdrożeń i realnych zdolności operacyjnych.
- Wnioskiem syntetycznym jest stwierdzenie, że trudności identyfikowane jako bariery w rozwoju dual-use są w istocie objawem braku systemowego mechanizmu przejścia technologii cywilnych do zastosowań obronnych. Technologie i kompetencje powstają, ale nie ma ścieżek ich walidacji, zamówienia, certyfikacji i produkcji na potrzeby bezpieczeństwa państwa. A jeśli takowe istnieją, nie są odpowiednio rozpoznane. Skuteczna polityka w tym obszarze powinna koncentrować się na stworzeniu trwałego mechanizmu *transition-to-defence*, integrującego popyt publiczny, testy operacyjne, finansowanie i zarządzanie ryzykiem.



W celu nadania właściwego kierunku zmian w ekosystemie wspierania technologii podwójnego zastosowania należy:

01. **Zmienić sposób definiowania (wskazywania) technologii dual-use**, gdyż o podwójnym zastosowaniu technologii świadczy faktyczne wystąpienie popytu obronnego i realna implementacja w zastosowaniach wojskowych. Obecna praktyka przypisuje status dual-use na zbyt wczesnym etapie rozwoju, bez weryfikacji, czy dana technologia odpowiada na rzeczywiste potrzeby systemu obronnego. Skutkiem jest trwała luka między projektami kończącymi się na etapie prototypu a realnym użyciem operacyjnym. To wskazuje na potrzebę powiązania definicji dual-use z rzeczywistym wykorzystaniem, a nie z deklarowanym potencjałem.

02. **Zmienić metodę selekcji i priorytetyzacji technologii** przeznaczonych do wsparcia finansowego na podejście popytowe (*demand-driven*), w którym punktem wyjścia jest identyfikacja obszarów o największych lukach bezpieczeństwa i potrzebach obronnych. Obecny model selekcji projektów reaguje głównie na podaż pomysłów, a nie na najpilniejsze luki bezpieczeństwa.

03. **Określić rzeczywiste potrzeby operacyjne państwa**, np. poprzez ustanowienie transparentnego systemu identyfikacji priorytetów obronnych, w postaci wykazu luk technologicznych oraz publikację technologicznych map drogowych wskazujących brakujące zdolności do rozwinięcia. Systematyczne sygnalizowanie potrzeb resortu obrony pełni funkcję stabilizującą cały ekosystem i umożliwia koncentrację wysiłków na technologiach o realnym znaczeniu dla bezpieczeństwa.

04. **Zapewnić ciągłość wsparcia finansowego w całym cyklu rozwoju technologii,** poprzez utworzenie zintegrowanego strumienia finansowania *dual-use transition*, domykającego ścieżkę od prototypu do wdrożenia operacyjnego. Obecny system często kończy się na etapie prototypu a najdroższe i najbardziej ryzykowne fazy rozwoju, odpowiedzialne za przejście do gotowości użytkowej, pozostają najsłabiej zabezpieczone. Należy przejść z modelu grantowego skoncentrowanego na pojedynczych projektach do modelu zarządzania ewolucją technologii w kierunku użycia, obejmującego kolejne fazy TRL 6-9 jako jeden ciąg decyzyjny. Oznacza to utworzenie instrumentów wsparcia dla poziomów TRL 7-9, zapewniających ciągłość finansowania od fazy *proof-of-concept* do wdrożenia operacyjnego, w tym:

- finansowanie badań i demonstratorów,
- walidację w warunkach zbliżonych do operacyjnych,
- testowe wdrożenia oraz przygotowanie do certyfikacji i produkcji,
- jednoczesne różnicowanie projektów według realnego popytu obronnego i poziomu ryzyka technologicznego.

05. **Wzmocnić jakość oceny projektów i mechanizmów ewaluacji efektów** np. poprzez powołanie komisji oceny technologii z udziałem przedstawicieli MON, Sił Zbrojnych i niezależnych ekspertów branżowych oraz wdrożenie systemu rzetelnej oceny efektów. Powinien on zostać oparty na rygorystycznych kryteriach ewaluacji wyników projektów *dual-use* oraz metodologię *stage-gate*, uzależniającą dalsze finansowanie od osiągnięcia zdefiniowanych kamieni milowych.

06. **Wprowadzić mechanizmy wdrożeń pilotażowych i testowania w warunkach rzeczywistych.** W tym gwarancję publicznych zamówień pilotażowych (testowego wdrożenia) dla technologii, które osiągnęły założone parametry w programie *dual-use*. Mechanizm ten oznaczałby zobowiązanie MON/urzędu do sfinansowania i zrealizowania pilotażu prototypów funkcjonalnych w warunkach rzeczywistych. Z kolei mechanizmy umożliwiające testowe wdrożenia byłyby pomostem między laboratorium a realnym użyciem operacyjnym.

07. **Wdrożyć mechanizm zamówień publicznych dla najlepszych rozwiązań technologicznych**, dający uprzywilejowany dostęp do zamówień MON produktom powstałym w projektach dual-use. Wprowadzić klauzulę preferencji, dającą przewagę w ocenie ofert w przetargach organizowanych przez MON tym rozwiązaniom, które zostały pozytywnie zwalidowane w krajowych programach B+R. Wyrażne dowartościowanie technologii, które przeszły pozytywną walidację praktyczną, ma znaczenie systemowe dla całego ekosystemu innowacji obronnych.

08. **Zapewnić dostęp do infrastruktury testowej i bezpiecznych warunków eksperymentowania.** Należy traktować to jako element bezpieczeństwa technologicznego państwa, a nie jedynie zaplecze badawcze. Łatwy dostęp do poligonów testowych, danych i środowisk sprawdzania rozwiązań przyspieszy ocenę ich przydatności i ułatwi przechodzenie do fazy użytkowej.

09. **Zaadaptować na gruncie krajowym i europejskim mechanizmy** stosowane obecnie w modelu działania amerykańskiej (np. agencji DARPA), w szczególności:

- dynamiczne finansowanie;
- koncentrację zasobów na najbardziej obiecujących rozwiązaniach;
- kulturę akceptacji ryzyka;
- obowiązek rzeczywistego zamówienia przez sektor publiczny zwalidowanych produktów.



Wnioski końcowe i znaczenie raportu

Niniejszy raport pokazuje, że problem rozwoju technologii dual-use w Polsce tkwi w niedopasowaniu systemu państwowego do zasad wdrożeń technologii o znaczeniu strategicznym. W szczególności ujawniona została trwała rozbieżność pomiędzy formalnym, regulacyjnym rozumieniem dual-use a rzeczywistą ścieżką, w której technologie stają się elementem zdolności obronnych i innowacji cywilnych.

Raport wnosi nową perspektywę do dotychczasowej debaty, przesuując akcent z barier prawnych i deklaracyjnych strategii na mechanizmy przejścia od badań do zdolności. Pokazuje, że bariera rozwoju technologii dual-use jest skutkiem braku sprzężenia polityki innowacyjnej z planowaniem zdolności, zakupami publicznymi oraz infrastrukturą testową. Tym samym dual-use jawi się jako test sprawności państwa w absorpcji innowacji w ogóle. Istotnym wkładem raportu jest także zestawienie narracji desk research z doświadczeniami praktyków, którzy zwracają szczególną uwagę na skalę barier miękkich, operacyjnych i instytucjonalnych, które są niewidoczne w analizach. Dzięki temu raport dostarcza wiedzy empirycznej, która pozwala lepiej zrozumieć, dlaczego dotychczasowe instrumenty nie przynoszą oczekiwanych efektów.

W szerszym ujęciu raport wskazuje, że technologie dual-use w Polsce są traktowane przede wszystkim jako problem regulacyjny. Taka perspektywa prowadzi do ostrożności instytucjonalnej, fragmentacji działań i koncentracji na zgodności, zamiast na budowie przewag technologicznych i odporności państwa. W tym sensie raport nie tylko diagnozuje bariery, ale podważa obowiązującą logikę polityki publicznej w tym obszarze.

Wyniki badania wskazują na potrzebę dalszych, pogłębionych analiz w obszarach, które warunkują skuteczność przejścia od innowacji do zdolności. W szczególności zasadne jest przeprowadzenie badań nad mechanizmami popytu publicznego oraz zakupów innowacyjnych w sektorze obronnym, w tym nad rolą testów operacyjnych i zamówień pilotażowych jako instrumentów domykających ścieżkę wdrożeniową. Równie istotna jest pogłębiona analiza wpływu kontroli eksportu na decyzje inwestycyjne oraz działalność badawczo-rozwojową w Polsce, zwłaszcza w odniesieniu do MŚP i startupów technologicznych. Kolejnym kierunkiem powinny być studia przypadków wdrożeń technologii dual-use — zarówno udanych, jak i nieudanych — w kraju i za granicą, pozwalające zidentyfikować krytyczne czynniki sukcesu i porażki. Uzupełnieniem tych badań powinny być analizy porównawcze modeli instytucjonalnych (np. agencji takich jak DARPA czy DASA) pod kątem ich adaptowalności do polskich uwarunkowań prawnych i organizacyjnych, a także rozwinięcie analiz foresightowych łączących potrzeby zdolnościowe państwa z priorytetami technologii cywilnych. Podsumowując, raport zarówno diagnozuje bariery, jak i zmienia sposób myślenia o technologiach dual-use w Polsce z kategorii formalno-regulacyjnej na problem systemowego zarządzania innowacjami na rzecz bezpieczeństwa.



Tabela 1. Znaczenie technologii dual-use w systemie bezpieczeństwa technologicznego	16
Tabela 2. Technologie dual-use w cyklu życia technologii: implikacje dla produkcji autonomicznej (PA) i LCM	17
Tabela 3. Efekt mnożnikowy wydatków obronnych na R&D i wpływ na produktywność (TFP)	22
Tabela 4. Bariery regulacyjne dla rozwoju technologii podwójnego zastosowania	31
Tabela 5. Propozycje instrumentów i narzędzi finansowania	43
Tabela 6. Propozycje zmian organizacyjno-instytucjonalnych	52
Tabela 7. Bariery infrastrukturalno-technologiczne dla rozwoju dual-use	59
Wykres 1. Obszary działalności ekspertów-respondentów (N=33)	13
Wykres 2. Rodzaje stanowisk ekspertów-respondentów (N=33)	14
Wykres 3. Doświadczenie ekspertów-respondentów (N=33)	14
Wykres 4. Synergia technologii dual-use z krajowym systemem innowacji i gospodarką	23
Wykres 5. Inwestycje w technologie obronne i dual-use w Europie [mln USD]	24
Wykres 6. Regulacje. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w %	30
Wykres 7. Propozycje zmian regulacyjnych, zmniejszających bariery dla technologii podwójnego zastosowania	32
Wykres 8. Wydatki na obronność w latach 2005–2025	37
Wykres 9. Finansowanie. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w %	42
Wykres 10. Organizacje i instytucje	51
Wykres 11. Infrastruktura. Zgodność ekspertów z podanymi twierdzeniami w %	58

O Autorach



dr Piotr Lewandowski – kierownik zespołu

Doktor nauk o polityce, ekspert ds. bezpieczeństwa technologicznego i międzynarodowego, główny specjalista ds. badawczych Łukasiewicz – ITECH, adiunkt na Akademii Sztuki Wojennej. Założyciel Instytutu Studiów Strategicznych, laureat nagród za działalność naukową i dydaktyczną w obszarze bezpieczeństwa, kierownik Grantu Badawczego MON „Polska racja stanu w perspektywie 2035 r.”, kierownika Katedry Geopolityki. Autor podręczników, artykułów i raportów z zakresu bezpieczeństwa technologicznego, informacyjnego i geoekonomii. Członek gremiów ds. bezpieczeństwa w tym – Parlamentarnego Forum Obrony Narodowej, Institute for National and International Security, European Values Centre for Security Policy.



dr hab. Tomasz Pawłuszko

Analityk bezpieczeństwa międzynarodowego, specjalizuje się w porównaniach międzynarodowych i polityce zagranicznej. Autor kilku książek oraz kilkudziesięciu artykułów, raportów i opracowań z dziedziny nauk społecznych, ze szczególnym uwzględnieniem regionu Europy Środkowej i Wschodniej. W przeszłości współpracował m. in. z Akademią Wojsk Lądowych i Instytutem Sobieskiego. Członek zespołu Centrum Badań Bezpieczeństwa i Polityk Publicznych w Łukasiewicz - ITECH. Wykłada również na Uniwersytecie Opolskim



Mgr inż. Adam Rosik

Analityk IP. Absolwent Politechniki Warszawskiej i Akademii im. Leona Koźmińskiego. Posiada doświadczenie w badaniach jakościowych i ilościowych własności intelektualnej. W Łukasiewicz – ITECH zaangażowany w analizy z obszaru innowacyjności oraz suwerenności technologicznej. Współautor raportów strategicznych i foresightowych o technologiach.





Łukasiewicz

ITECH

Instytut Innowacji
i Technologii



