



Łukasiewicz
ORGMASZ



Siedem trendów technologicznych, które zmienią świat. Czy Polska może być w nich liderem?

Warszawa, styczeń 2023 r.

Autorzy: Dominika Bagińska-Chyłek – kierownik projektu, Patrycja Didyk, Justyna Duszyńska, Joanna Grudowska, Andrzej Jarząbek, Agata Kukietka, dr Ewa Kawiak-Jawor, dr Kamil Kulesza, dr Piotr Lewandowski, Marta Miedzińska, Adam Rosik, Jerzy Szempliński, Dominik Zieliński

Redakcja: Jakub Kucharczuk

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ
ul. Żelazna 87
00-879 Warszawa

Spis treści

| | |
|---|-----------|
| 1. Słowo wstępne..... | 4 |
| 2. Wnioski i rekomendacje | 6 |
| 3. Cel i metodologia raportu | 10 |
| 4. Siedem trendów technologicznych | 13 |
| Inteligentne sieci energetyczne (smart grids) i zaawansowane technologicznie magazyny energii..... | 14 |
| Telemedycyna..... | 22 |
| Inteligentne oraz precyzyjne rolnictwo (Smart/Precision Farming)..... | 28 |
| Zastosowanie wodoru w produkcji stali | 34 |
| Technologie dronowe..... | 38 |
| Wzrost wykorzystania nanometariałów | 44 |
| Foodtech | 50 |
| 5. Synergie pomiędzy obszarami technologicznymi | 56 |
| 6. Analiza patentowa | 62 |
| 7. Potencjał trendów technologicznych – badanie ankietowe | 70 |
| 8. Przypisy | 90 |

Słowo wstępne

Szanowni Państwo

Z przyjemnością przekazuję w Państwa ręce raport z badania przeprowadzonego przez Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ. Zasadniczym celem przedsięwzięcia było zidentyfikowanie wiodących trendów technologicznych, które w perspektywie dekady będą z największym prawdopodobieństwem napędzały postęp technologiczny, a następnie wytypowanie siedmiu kierunków rozwoju, które są najlepiej dopasowane do potencjału polskiej gospodarki sensu largo i potencjału Sieci Badawczej Łukasiewicz sensu stricto.

Wprawdzie żyjemy w bardzo niespokojnych czasach, które potęgują właściwą postępowi technologicznemu – nieprzewidywalność, to jednak pewne przemiany, które mają charakter nieodwracalny, są przewidywalne. O ile więc nie wiemy, jakie będą preferencje żywieniowe w następnej dekadzie, o tyle wiemy, ile będzie ludzi do wyżywienia, a także wiemy, w ramach jakiej struktury demograficznej będą funkcjonowały poszczególne kraje. Analogicznie, nie wiemy tego, z jakimi nowymi chorobami będzie się borykać ludzkość, wiemy za to, że będzie się to odbywało z coraz większym wykorzystaniem zaawansowanych urządzeń. Taki właśnie rodzaj rozumowania umożliwił uchwycenie pewnych stałych elementów w tej dynamicznie zmieniającej się rzeczywistości.

Raport nie powstał jednak po to, aby zaspokoić futurologiczną ciekawość Czytelników oraz samych badaczy. Jego przeznaczeniem jest maksymalnie szczegółowe kształtowanie agendy badawczej instytutów Sieci Badawczej Łukasiewicz, a poprzez to – także inspirowanie polskich przedsiębiorstw do właściwego ukierunkowania prac badawczo-rozwojowych. Z tego względu, krocząc od ogółu do szczegółu – staraliśmy się zaczynać od megatrendu, a kończyć na wskazywaniu konkretnych urządzeń lub rozwiązań. Innymi słowy, nasze rozumowanie przebiegało według następującego schematu: megatrend technologiczny -> trend technologiczny -> obszar technologiczny -> technologia.

Mamy nadzieję, że lektura wniosków z przeprowadzonego badania dostarczy Państwu wielu ciekawych spostrzeżeń dotyczących konfrontowania światowych trendów rozwoju technologicznego z potencjałem polskiej gospodarki. Liczymy, że raport zachęci do podejmowania konkretnych działań zarówno na poziomie makroekonomicznym, jak i mikroekonomicznym.



dr Grzegorz Malinowski

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania
w Przemśle „ORGMASZ”



Dyrektor Łukasiewicz – ORGMASZ

Adiunkt na Akademii Leona Koźmińskiego, specjalizuje się w badaniach z zakresu makroekonomii. Zdobył doświadczenie biznesowe pracując na wielu stanowiskach w bankowości, prowadząc działalność doradczą, rozwijając sprzedaż w różnych branżach oraz zarządzając ryzykiem walutowym przedsiębiorstw. Jestem członkiem centrum TIGER, zajmującego się problematyką rozwoju gospodarczego w kontekście globalizacji. Doktor nauk ekonomicznych, magister zarządzania finansami i filozofii.

Musimy wiedzieć, w czym możemy uzyskać przewagi konkurencyjne

Patrząc na tempo globalnych zmian, można odnieść wrażenie, że w ostatnim czasie im większa ich skala oraz im szybciej one zachodzą, tym coraz większa potrzeba projekcji i przewidywalności. Dziś już nawet pojęcie VUCA określające świat pełen zmienności, niepewności, złożoności i niejednoznaczności ulega zastąpieniu przez model BANI, gdzie świat jest jak kruchy, niespokojny, nieliniowy i niezrozumiały.

Wielokrotnie widzieliśmy jak firmy, które potrafiły rozpoznać pierwsze symptomy nadchodzącej zmiany oraz elastycznie i zwinnie na nie odpowiedzieć, były w stanie wykreować przyszłe potrzeby i zdobyć nisze korzystając w pełni ze strategii błękitnego oceanu. Z drugiej strony, galopująca rzeczywistość zmusza większość przedsiębiorców do zmiany strategii na bardziej elastyczną i odporną na nowe impulsy. Tajemnica sukcesu jest więc całkiem prosta – ten, kto najtrafniej zinterpretuje nadchodzącą zmianę i trafnie odczyta możliwe scenariusze, uzyska przewagę konkurencyjną, która umożliwi nie tylko przetrwanie, ale i dynamiczny rozwój.

Europa wciąż dzierży pozycję lidera w zakresie innowacji. Celem największego w historii UE programu wsparcia innowacji **Horyzont Europa** jest utrzymanie tej pozycji. W unijnych strategiach szczególnie wyraźne są priorytety zielonej i cyfrowej transformacji, którym towarzyszy systemowa zmiana regulacji w zakresie zrównoważonego rozwoju w biznesie oraz ukierunkowania strumieni finansowania na rynku kapitałowym na finansowanie zielonych inwestycji. Jednak poziom ogólności wspólnotowych strategii rozwoju nie odpowiada, na co polska gospodarka musi się przygotować. Potrzebujemy wiedzieć jakie obszary technologiczne będą w najbliższych dekadach kluczowe oraz jakie trendy ukształtują wybrane dziedziny gospodarki. Po to, aby nie tylko przetrwać, ale stać się liderami zmiany w konkretnych branżach, technologiach czy produktach.

Aby polska strategia rozwoju innowacji była skuteczna, musi być oparta na diagnozie potencjału wewnętrznego. Łączenia biznesu z nauką oraz nowoczesne zarządzanie organizacją w obszarze innowacji obliguje do wdrożenia procesów monitorowania sygnałów z otoczenia, wnikliwej analizy i zwinnego wdrażania zmiany. Nie tylko aby odpowiadać, ale kreować. Dlatego też niniejszy raport wykorzystuje przede wszystkim wiedzę wewnętrzną Sieci Badawczej Łukasiewicz – badaczy, ekspertów, koordynatorów i członków grup badawczych. Potencjał dotychczasowych badań, zaplecza laboratoryjnego i kadry naukowo-technicznej, w połączeniu z procesami modernizacji, standaryzacji, sieciowania i umiędzynarodowienia w ciągu ostatnich kilku lat, sprawia, że Łukasiewicz jako instytucja ma szeroki ogląd na procesy, które kształtują innowacyjność polskiej gospodarki.

Co ważne, usystematyzowanie i skodyfikowanie wiedzy przy bezpośrednim zaangażowaniu w badanie miało na celu poczucie wpływu i współodpowiedzialności uczestników procesu. Z całą pewnością miało to miejsce w wymiarze zespołu badawczego, który podjął się zadania realizacji projektu. Zróżnicowany skład, doświadczenie i profile członków zespołu pozwoliły na interdyscyplinarność, kreatywność i szersze perspektywy badawcze. W miarę prac wzrastał stopień zaangażowania zespołu, ilość pomysłów, kolejnych działań i metod. Jako menadżer projektu i zespołu, bardzo dziękuję za ciągłą ciekawość, pozytywne nastawienie, dążenie do nauki i odpowiedzialność za przekazywany wkład. To była czysta przyjemność współpracy z Wami!

Przekazując w Państwa ręce rezultat naszej pracy zespołowej, pragnę podkreślić, że w pierwszej kolejności przedmiotowy raport ma na celu wskazanie w perspektywie 10 lat wiodących trendów technologicznych dla polskiej gospodarki i Sieci Badawczej Łukasiewicz. Opracowane wnioski są jednak istotne dla szerszego grona – legislatora, urzędników, innych instytucji publicznych w systemie wsparcia rynku przedsiębiorstw, w szczególności w obszarze badań i rozwoju, ale również uczelni, innych instytutów, jak i partnerów zagranicznych.

Zgodnie z definicją badania *foresight* – nie wskazuje ono jaka będzie świat technologii za 10 lat, ale daje inspiracje o możliwych scenariuszach, podstawę do budowania modelu decyzyjnego i zaproszenie do dyskusji w szerszym kręgu interesariuszy Sieci Badawczej Łukasiewicz. Mam nadzieję, że rozbudzi Państwa ciekawość i potrzebę kontaktu z nami.



Dominika Bagińska-Chytek



Zastępca Kierownika, Dział Regulacji i Wyzwań Technologicznych

Menadżer projektów biznesowych, społecznych, w tym badawczych, z zakresu relacji nauki i biznesu, rozwoju instytucjonalnego i budowy partnerstw. Posiada blisko 20-letnie doświadczenie w tym zakresie, zarówno po stronie po stronie firmy konsultingowej, instytucji publicznych, jak i organizacji międzynarodowych (UN Migration Agency). Utworzyła sieć 16 Regionalnych Centrów Umiejętności, zarządzając 45 osobowym rozproszonym zespołem specjalistów, co przyczyniło się do uzyskania wyróżnienia w postaci Polskiej Nagrody Innowacyjnego Rozwoju 2021 „Wspieranie innowacyjności i konkurencyjności gospodarki”. Pasjonatka zarządzania talentami i podejścia partypacyjnego. Absolwentka Szkoły Główniej Handlowej i Uniwersytetu Warszawskiego, kierunku socjologia. Odpowiedzialna za rozwój oferty ESG i współpracę na rzecz zielonej transformacji.

Wnioski i rekomendacje

Celem raportu jest uwrażliwienie polskich przedsiębiorców i decydentów na wyzwania i trendy technologiczne najbliższej dekady. Wskazanie szczegółowych rozwiązań technologicznych, które ze względów optymalizacyjnych lub regulacyjnych będą stanowiły o przewagach konkurencyjnych w nadchodzących latach.

W miarę postępu i zwiększenia pojemności magazynów energii będą one w stanie w coraz większym stopniu bilansować popyt i podaż energii. Dostęp do taniego sposobu magazynowania energii ułatwi rozwój inteligentnych sieci energetycznych (ang. Smart Grids). Naukowcy koncentrują się przede wszystkim na: opracowaniu zagadnień związanych z dwukierunkowym przepływem prądu, efektywnych rozwiązaniach dla rozproszonych źródeł energii elektrycznej, opracowywaniu optymalnych z ekonomicznego punktu widzenia metod magazynowania energii.

Wykorzystanie rozwiązań telemedycznych może stanowić remedium na niektóre problemy systemowe w ochronie zdrowia. Tego rodzaju instrumenty mogą służyć rozwiązaniu problemów niedoboru kadr medycznych, prowadzą do ograniczenia zbędnych kosztów hospitalizacji i przyspieszają proces diagnostyczny. Telemedycyna nie stanowi konkurencji dla medycyny tradycyjnej, lecz jest raczej narzędziem wspierającym pracę personelu medycznego i działającym na korzyść pacjenta.

Mając na uwadze rozwój European Health Dataspace oraz inicjatyw skierowanych na szerokie podejście do zdrowia, telemedycyna będzie rozwijana w następnych latach. Doświadczenia pandemii COVID-19 w przyspieszony sposób doprowadziły do wprowadzenia rozwiązań bezpośrednio rozwijających telemedyczną opiekę zdrowotną.

Telemedycyna jest stosunkowo tanim i wygodnym narzędziem do uzyskania pomocy medycznej. Jej rozwój był zauważalny przez ostatnie lata, jednak pandemia wpłynęła na szersze wykorzystanie. Pożądanym efektem modernizacji telemedycyny w Polsce byłaby jednak nie tylko adaptacja sztucznej inteligencji, ale i kompleksowe wyrównanie poziomu zaawansowania technologicznego, by jak najwięcej osób mogło korzystać z rozwiązań cyfrowych.

Efektom cyfryzacji rolnictwa będzie lepsze dopasowanie metod upraw czy hodowli do potrzeb danego gatunku w danym czasie za pomocą m.in. robotów, sensorów, danych GPS itd. Rozwiązania wspomagają proces decyzyjny, obserwację, diagnostykę oraz implementację rozwiązań.

Rozwój inteligentnego rolnictwa postrzegany jest również jako szansa na choćby częściowe pogodzenie często sprzecznych celów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych. Rolnictwo zidentyfikowano w nich jako jeden z podstawowych sektorów, w których rozwiązania cyfrowe mogą przyczynić się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenia wykorzystania pestycydów na całym świecie.

Warunkiem rozwoju Smart Farming jest dostęp do stabilnego i szybkiego Internetu na obszarach wiejskich. Rozbudowa infrastruktury technologii mobilnej piątej generacji (5G), komunikującej ze sobą poszczególne elementy systemów wykorzystywanych w ramach IoT, pozwoli w przyszłości optymalizować zarządzanie gospodarstwami rolnymi, zwiększając ich wydajność i rentowność.

Dekarbonizacja przemysłu stalowego to priorytetowe zadanie w krajach Unii Europejskiej. Jest to przedmiot licznych programów, które otrzymują szerokie wsparcie z budżetu Unii. Bez rozwiązania tego zagadnienia przemysł stalowy wycofa się z Europy do krajów, w których nie ma opłat za emisję dwutlenku węgla.

Scenariusze wdrażania technologii wykorzystania wodoru w procesach produkcji stali są zróżnicowane, od powstania procesów prototypowych w 2026 roku, poprzez wdrożenia w pełnej skali w roku 2035, po horyzont czasowy przekraczający 2050 rok. Również skala wymaganych inwestycji nie jest precyzyjnie określona, jednak zwracana jest uwaga na konieczność subsydiowania metod wytwarzania niskoemisyjnego wodoru w krajach UE oraz wprowadzenia podatku granicznego na import stali spoza krajów UE. Z punktu widzenia polskiej gospodarki konieczne będzie zabieganie o wprowadzenie okresu przejściowego, w którym niskoemisyjny wodór (niebieski) byłby traktowany podobnie jak wodór zielony.

Analiza wyróżniła trzy technologie w obszarze trendu technologie wodorowe: zarządzanie ruchem i autonomizacja pracy, systemy dronowe jako element sieci 6G, cyberbezpieczeństwo systemów UAV. Ekspert Łukasiewicz ocenili technologie dronowe jako perspektywiczne dla polskiej gospodarki.

Technologie dronowe wykazują szereg synergii z innymi technologiami, gałęziami i branżami gospodarczymi. Ich rozwój podyktowany jest poprzez nakłady i działania państwowe, ujęcie w strategiach krajowych i unijnych, silną presję rynku.

Rozwój dronów podyktowany jest rozwojem wielu gałęzi gospodarki oraz systemów bezpieczeństwa. Na rozwój technologii dronowych oddziałują pozytywnie trendy technologiczne z zakresu komunikacji, sztucznej inteligencji (AI), Internetu Rzeczy (IoT) oraz potrzeby przemysłu.

Nanotechnologie zaliczane są do tzw. nowatorskich/przełomowych technologii. Takie technologie mogą mieć olbrzymi, pozytywny wpływ na gospodarkę i społeczeństwa, rozwój technologii pokrewnych oraz osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju;

Rozwój większości technologii w ramach trendu (nanopowłoki, nanoroboty, nanocząsteczki) może prowadzić do dużych korzyści dla Sieci Badawczej Łukasiewicza. Wyjątkiem są nanogeneratory tryboelektryczne, których korzyści z rozwoju dla Łukasiewicza ocenione zostały jako umiarkowane.

Dbając o bioróżnorodność oraz wartości odżywcze żywności, Unia Europejska kładzie szczególny nacisk na opracowanie oraz wprowadzenie metod dalszego poprawiania jakości oraz efektywności produkcji. Kontekst strategiczny jest krytyczny: globalne ocieplenie zagraża stabilności dostaw żywności, a rozwijające się społeczeństwo ma rosnące potrzeby – pod kątem ilości i jakości żywności. Wszystkie technologie w foodtech mogą wywrzeć silny, pozytywny wpływ na polską gospodarkę. Zarazem według uczestników badania jest ona w wysokim stopniu gotowa do rozwoju wskazanych technologii (z wyjątkiem nanotechnologii żywności – tu gotowość oceniono w stopniu umiarkowanym).

W ramach trendu foodtech rozwój ultradźwiękowego przetwórstwa żywności wyróżnia się wyjątkowo niskimi kosztami oraz stosunkowo najlepszym dostępem do materiałów i zasobów.

Analiza synergii wskazała nanomateriały i nanotechnologie jako technologię altruistyczną zaś Smart Grids i magazyny energii jako częściowo idealną. Z punktu widzenia synergii, można rekomendować je jako najbardziej obiecujące dla rozwoju pozostałych obszarów przyszłej polskiej gospodarki.

Technologie samodzielne tj. foodtech oraz wodór w produkcji stali, mogą w przyszłości przynieść polskiej gospodarce oraz Łukasiewiczowi przewagę konkurencyjną, jeśli zostaną zasilone szeroko rozumianymi rezultatami postępu w obszarze nanomateriałów i nanotechnologii oraz Smart Grids i magazynów energii.

Wspieranie rozwoju technologii dronowych, które wykazały największą zależność od pozostałych sześciu podanych analizie, jest uzasadnione z punktu widzenia przyszłości gospodarki, tym bardziej im mniej rozwój w obszarach telemedycyny i inteligentnego rolnictwa będzie zależny od IP należących do podmiotów obcych;

W badaniu synergii wykryto pary technologii komplementarnych, których rozwój jest ze sobą silniej powiązany. Łukasiewicz może wykorzystać tę wiedzę, wchodząc w nowe obszary technologiczne, powiązane z tymi, w których ma już obecnie kompetencje.

W ramach przeprowadzonego badania stworzono ranking technologii dotyczący ich potencjału dla polskiej gospodarki i Sieci Badawczej Łukasiewicz. Dzięki zsumowaniu ocen dotyczących gotowości polskiej gospodarki na rozwój danych technologii, jak i ocen potencjalnych korzyści, można wskazać technologie o największym potencjale dla polskiej gospodarki według ocen ekspertów Łukasiewicza.

Największy potencjał dla polskiej gospodarki stwarza zdalne monitorowanie pacjenta. Badani wysoko ocenili zarówno gotowość polskiej gospodarki na rozwój tej technologii, jak i potencjalne korzyści z niej wynikające. Zdaniem badanych technologia zwiększy konkurencyjność polskich firm i odniesie znaczące sukcesy komercyjne w perspektywie 10 lat. Pozostałe technologie, które prezentują najwyższy potencjał, to:

- nowoczesne fenotypowanie roślin;
- nanopestycydy;
- ultradźwięki w obróbce żywności;
- zarządzanie ruchem i autonomizacja dronów;
- akumulatory potasowo-jonowe;
- rozwiązania telemedyczne w operacjach.

Według badania technologie o największym potencjale dla Sieci Badawczej Łukasiewicz to:

- obliczenia wysokiej wydajności wykorzystane na potrzeby inteligentnych sieci energetycznych;
- rozwiązania z zakresu zdalnego monitorowania pacjentów;
- wirtualne elektrownie (VPP);
- rozwiązania telemedyczne w obszarze operacji;
- nanocząsteczki nieorganiczne (srebra, selenu, złota oraz palladu);
- akumulatory potasowo-jonowe.

Cel i metodologia raportu

Raport „**Siedem trendów technologicznych, które zmienią świat. Czy Polska może być w nich liderem?**” przygotowali naukowcy Łukasiewicz – Instytutu Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ będącego częścią Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Łukasiewicz – ORGMASZ specjalizuje się w badaniach o charakterze społeczno-ekonomicznym prowadzonych w szeroko pojętym obszarze STI (Science, Technology, Innovation). Naszym celem jest dostarczanie eksperckiej wiedzy na temat skutków wprowadzania nowych technologii, aby wspomagać procesy decyzyjne administracji publicznej, biznesu i obywateli. Kadra Łukasiewicz – ORGMASZ to specjaliści z zakresu ekonomii socjologii, prawa, biznesu psychologii, ale również etyki.

Celem raportu jest uwrażliwienie polskich przedsiębiorców i decydentów na wyzwania i trendy technologiczne najbliższej dekady. Wskazanie szczegółowych rozwiązań technologicznych, które ze względów optymalizacyjnych lub regulacyjnych będą stanowiły o przewagach konkurencyjnych w nadchodzących latach.

Raport jest efektem wielomiesięcznego procesu, który dostarczył brokerom innowacji (działającym w Łukasiewicz – ORGMASZ) wiedzę o sektorowych wyzwaniach technologicznych, których rozwiązania będzie mogła zaoferować Sieć Badawcza Łukasiewicz. Celem pośrednim było także wytyczenie agendy grupom badawczym działającym w ramach Łukasiewicza.

Raport został zrealizowany poprzez następujące zadania badawcze:

- o Analiza trendów – desk reaserch na podstawie publikacji naukowych, baz patentowych, raportów branżowych oraz regulacji;
- o Horizon Scanning oraz Trend radar – na podstawie zgromadzonych danych, z wykorzystaniem metod foresightowych do zidentyfikowania obszarów technologicznych, które, zważywszy na uwarunkowania wskazane w diagnozie, będą najlepiej odpowiadały na zapotrzebowanie polskich przedsiębiorstw.

W trakcie realizacji projektu wytypowano **6 megatrendów**, które powinny determinować rozwój technologiczny w gospodarce oraz w Sieci Badawczej Łukasiewicz.

W kolejnym etapie, na podstawie wstępnej analizy raportów branżowych i wybranych dokumentów UE, zaproponowano kilkadziesiąt tematów, będących kandydatami na trendy technologiczne do dalszej analizy. W wyniku oceny zgodności tych tematów z wytypowanymi megatrendami oraz oceny ich przydatności dla polskiej gospodarki, dokonanej przez ekspertów biznesowych w Łukasiewicz – ORGMASZ, ustalono ranking tych tematów. Do pogłębionej analizy wybrano 7 zagadnień: inteligentne sieci energetyczne i magazyny energii, telemedycyna, inteligentne, precyzyjne rolnictwo, zastosowanie wodoru w produkcji stali, technologie dronowe, nanomateriały oraz FoodTech. Ze względu na zakres i powiązanie danych dostępnych w raportach oraz uzyskanych podczas analizy naukowej skorygowano tytuły dwóch trendów: „inteligentne, precyzyjne rolnictwo” na „inteligentne rolnictwo” i „nanomateriały” na „nanotechnologie i nanomateriały”.

Wytypowane trendy poddano dalszemu badaniu poprzez:

- o analizę regulacji w ich zakresie;
- o analizę publikacji naukowych;
- o poszerzoną analizę raportów branżowych.

W zakresie projektu zostały wykonane następujące działania:

- opracowano metodykę działań w zakresie zadań projektu;
- przegląd raportów branżowych w celu wytypowania potencjalnych tematów;
- wykonano zadania związane ze wstępnym wyborem tematów, jako trendów do dalszej analizy: wytypowano megatrendy, opracowano sposób selekcji tematów do dalszych

prac, obejmujący wpisywanie się tych tematów w wybrane megatrendy oraz opinię ekspertów biznesowych z Łukasiewicz – ORGMASZ na ich temat. Przeprowadzono także przegląd wybranych aspektów związanych z aktywnością B+R polskich przedsiębiorstw oraz ich innowacyjności;

- Po wytypowaniu trendów przeprowadzono pogłębioną analizę raportów branżowych, analizę regulacyjną oraz naukową w ich zakresie;
- Przeprowadzono badania w zakresie **horizon scanningu**, które obejmowały m.in. badania ankietowe ekspertów z Łukasiewicza, poszukiwanie synergii pomiędzy obszarami technologicznymi¹ w ramach wytypowanych trendów oraz na podstawie wcześniejszych wyników, porównanie potencjału trendów i obszarów technologicznych dla polskiej gospodarki i Łukasiewicza.

W ramach **Desk Reaserch (DR)** zrealizowano prace bezpośrednio związane z pozyskiwaniem danych i analizą treści (analizy regulacji strategicznych i prawnych, raportów branżowych, publikacji naukowych oraz wybranych danych gospodarczych), związane z tym zadaniem lub całym projektem pośrednio (prace związane z metodyką badań oraz diagnozą aktywności B+R i innowacyjności polskich przedsiębiorstw).

Pogłębiona analiza wybranych tematów w ramach DR pozwoliła na zidentyfikowanie części powiązań danego zagadnienia (trendu, zjawiska lub czynnika zmian) z innymi zjawiskami (należy mieć na uwadze, że takie powiązania mogą zostać zidentyfikowane za pomocą innych niż Desk Research metod np. analizy trendów czy horizon scanningu). Etap DR pozwolił określić powiązania między trendami a zjawiskami i kluczowymi technologiami (branżami i sektorami) oraz pomógł zidentyfikować umiejscowienie danego zagadnienia w danym obszarze (grupie).

Pogłębiona analiza związana jest z zebraniem w uporządkowany sposób danych dostępnych w raportach branżowych oraz wybranych dokumentach Komisji Europejskiej, dotyczących 7 wskazanych we wcześniejszym etapie trendów¹. Cel ten dotyczy przede wszystkim danych dotyczących finansowania, rozwoju rynku oraz kluczowych technologii stosowanych w ramach tych trendów, a także ich powiązań z istotnymi wskazanymi w raportach zjawiskami.

Celem szczegółowym jest ponadto znalezienie powiązań z istotnymi, wskazanymi w raportach zjawiskami o charakterze bardziej ogólnym (np. wykorzystanie wodoru w hutnictwie stali wynika z ogólniejszego trendu dekarbonizacji przemysłu, a ten z kolei z megatrendu związanego z dążeniem do uzyskania neutralności klimatycznej). Dodatkowym celem było także wskazanie danych pokazujących w jakim czasie wpisujące się w wybrany trend obszary technologiczne mogą wyłonić technologię, która może zostać wdrożona w skali prototypowej oraz kiedy będzie możliwe uruchomienie procesu w pełnej skali, o ile takie dane są dostępne.

Przeanalizowano raporty branżowe oraz wybrane inne dokumenty dotyczące inteligentnych sieci energetycznych i magazynów energii, telemedycyny, inteligentnego rolnictwa, zastosowania wodoru w produkcji stali, technologii dronowych, nanotechnologii i nanomateriałów oraz rozwoju technologii na rynku spożywczym (FoodTech). W trakcie analizy zwrócono szczególną uwagę przede wszystkim na zebranie danych dotyczących finansowania, rozwoju rynku oraz kluczowych technologii stosowanych w ramach tych trendów, a także ich powiązań z istotnymi wskazanymi w raportach zjawiskami.

Etap trend radar i horizon scanningu – element badania foresight – miał za zadanie zweryfikować realizację celu pierwszego dotyczącego wyodrębnienia i wskazania kluczowych trendów i wyzwań technologicznych. Badano ocenę potencjału technologii i jej oddziaływania na Sieć Badawczą Łukasiewicz i na gospodarkę Polski. Wyniki pozwalają

¹ Obszar technologiczny: grupa technologii charakteryzujących się tym samym celem

na formułowanie prognoz dotyczących rozwoju technologii oraz ich potencjału dla Łukasiewicza i polskiej gospodarki w perspektywie średniookresowej.

Badanie eksperckie przeprowadzone zostało przy zastosowaniu techniki CAWI (Computer Assisted Web Interview) na ekspertach z Sieci Badawczej Łukasiewicza. Realizacja badania polegała na moderacji przez badacza spotkania z udziałem ekspertów, którzy w jego trakcie wypełniali ankietę. Próba celowa składała się z ekspertów (pracowników naukowo-badawczych na szczeblu dyrektora i zastępcy ds. badawczych z instytutów Łukasiewicza) reprezentujących cztery grupy badawcze: transformacja cyfrowa, zdrowie, inteligentna i czysta mobilność, zrównoważona gospodarka i energia. Grupy badawcze działają w czterech ww. strategicznych kierunkach Łukasiewicza.



Siedem trendów technologicznych

W trakcie realizacji projektu wytypowano 6 megatrendów, które powinny determinować rozwój technologiczny w gospodarce oraz w Sieci Badawczej Łukasiewicz, należą do nich:

- zielona transformacja;
- transformacja cyfrowa;
- globalizacja/Glokalizacja;
- zmiany demograficzne;
- urbanizacja;
- polaryzacja społeczno-ekonomiczna.

W kolejnym etapie, na podstawie wstępnej analizy raportów branżowych i wybranych dokumentów UE zaproponowano kilkadziesiąt tematów, będących kandydatami na trendy technologiczne do dalszej analizy. W wyniku oceny zgodności tych tematów z wytypowanymi megatrendami oraz oceny ich przydatności dla polskiej gospodarki, dokonanej przez ekspertów biznesowych w Łukasiewicz – ORGMASZ ustalono ranking tych tematów i wybrano 7 z nich do dalszej analizy. Do wytypowanych tematów należą:

- inteligentne sieci energetyczne i magazyny energii (smart grid);
- telemedycyna;
- inteligentne rolnictwo;
- zastosowanie wodoru w produkcji stali;
- technologie dronowe;
- nanomateriały i nanotechnologie;
- foodtech





Inteligentne sieci energetyczne (smart grids) i zaawansowane technologicznie magazyny energii

Najważniejsze tezy

- W miarę postępu i zwiększenia pojemności magazynów energii będą one w stanie w coraz większym stopniu bilansować popyt i podaż energii². Dostęp do taniego sposobu magazynowania energii ułatwi rozwój inteligentnych sieci energetycznych (ang. Smart Grids).
- Zmiany legislacyjne podyktowane będą przede wszystkim unijnymi presjami związanymi z postanowieniami Europejskiego Zielonego Ładu – neutralnością klimatyczną i efektywnością energetyczną. Te z kolei pociągną za sobą dostęp do nowych źródeł finansowania oraz wpłyną na trendy rozwojowe w zakresie sieci elektroenergetycznych i magazynów energii.
- Polityka Energetyczna Polski 2040 (PEP2040) zakłada rozwój inteligentnych sieci energetycznych na końcowym etapie realizacji strategii.
- Rozwój inteligentnej sieci jest nieodłącznym elementem rozwoju magazynowania energii, elektromobilności, lepszej integracji w systemie energii elektrycznej wytwarzanej w jednostkach OZE, a także popularyzacji inteligentnych domów, miast i rozpowszechnieniem idei tzw. Internetu Rzeczy (IoT).
- Naukowcy koncentrują się przede wszystkim na: opracowaniu zagadnień związanych z dwukierunkowym przepływem prądu, efektywnych rozwiązaniach dla rozproszonych źródeł energii elektrycznej, opracowywaniu optymalnych z ekonomicznego punktu widzenia metod magazynowania energii.
- Akumulatory potasowo-jonowe uzyskały najwyższe noty w zakresie postrzeganego przez ekspertów ogólnego potencjału dla gospodarki oraz w kontekście potencjalnego sukcesu komercyjnego w perspektywie kolejnych 10 lat.

Pogłębiona analiza trendu

Dążenie Unii Europejskiej (UE) do neutralności klimatycznej, rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną oraz powstawanie coraz większej liczby rozproszonych źródeł energii elektrycznej są czynnikami mocno wpływającymi na trendy rozwojowe w zakresie sieci elektroenergetycznych. Ekstremalne zjawiska pogodowe stanowią zagrożenie dla dostaw energii. Zapewnienie wystarczających dostaw niskoemisyjnej i przystępnej cenowo energii ma kluczowe znaczenie na drodze do bardziej ekologicznej i bardziej cyfrowej Europy. Realizacja ekologicznych celów UE oznaczałaby, że do 2050 r. ponad 80% krajowego zużycia energii brutto pochodziłoby ze źródeł niskoemisyjnych.

Wiąże się to również z rozwojem infrastruktury energetycznej, w tym inteligentnych sieci energetycznych. Na tego typu sieci zwrócono uwagę w Polityce energetycznej Polski do 2040 r. (PEP2040), planując nacisk na ich rozwój w końcowym etapie realizacji PEP2040. Europejskie Komitety i Instytuty zajmujące się normalizacją zagadnień związanych z energetyką – **Comité Européen de Normalisation** (CEN), **Comité Européen de Normalisation Electrotechnique** (CENELEC) oraz **European Telecommunications Standards Institute** (ETSI) – opracowują normy, dotyczące opomiarowania przepływów energii i czynników związanych z zagrożeniami cybernetycznymi. Ponadto, w ich gestii leży opracowanie materiałów informacyjnych dla domeny publicznej z zagadnień będących poza zasięgiem tradycyjnych norm.

Inteligentne sieci energetyczne związane są również z zagadnieniem magazynowania energii krótkoterminowego i długoterminowego. Magazynowanie krótkoterminowe stosowane jest i będzie się rozwijało w celu równoważenia zapotrzebowania szczytowego z zasobów energii wytworzonych w czasie zmniejszonego zapotrzebowania na prąd elektryczny (w cyklach dobowych). Wdrażanie rozwiązań pozwalających na magazynowanie

długoterminowe ulegnie przyspieszeniu po istotnym wzroście udziału odnawialnych źródeł energii (OZE), gdyż wówczas wzrośnie zapotrzebowanie na zrównoważenia zmian podaży w ujęciu sezonowym.

W raportach z lat 2019–2022 widoczny jest nacisk na tworzenie mechanizmów finansowania wyżej wymienionych zagadnień głównie w UE i jej krajach członkowskich oraz w Chinach. W UE w tym zakresie można wymienić m.in.:

- Fundusz Modernizacyjny, czyli program finansowania, mający na celu wsparcie 10 państw członkowskich UE o niższych dochodach, w tym Polskę, w przejściu na neutralność klimatyczną.
- Program „Catalyst sieci Breakthrough Energy realizowany przez partnerstwo EU-Catalyst, którego celem jest uruchomienie nowych inwestycji o wartości do 1 mld USD (około 820 mln EUR) w latach 2022–2026.
- Fundusz Innowacyjny, który zapewni około 25 miliardów euro wsparcia w latach 2020–2030, w zależności od ceny emisji dwutlenku węgla (przy cenie emisji 50 euro/t_{CO2}), na komercyjną demonstrację innowacyjnych technologii niskoemisyjnych.
- Europejska Rada ds. Innowacji (EIC) wspierająca przetomowe i transformacyjne innowacje w ramach programu „Horyzont Europa”. Większość środków finansowych zostanie przyznana w drodze otwartych zaproszeń, jednakże w ramach „EIC Challenge” (budżet orientacyjny 167 mln EUR) planuje się finansowanie projektów obejmujących rozwój średnio- i długoterminowych zintegrowanych systemów magazynowania energii.
- Mechanizm finansowania IPCEI (Important Projects of Common European Interest) wprowadzony przez Komisję Europejską w 2019 roku, którego celem jest m.in. wsparcie badań i innowacji w priorytetowym obszarze ogniw elektrycznych. Zaangażowane państwa członkowskie mają zapewnić w najbliższych latach około 3,2 mld euro finansowania, który ma odblokować dodatkowe 5 mld euro w ramach inwestycji prywatnych. Zakończenie całego projektu planowane jest na rok 2031.

Wśród konkretnych inwestycji infrastrukturalnych na całym świecie można wymienić:

- Wielomiliardową chińską inicjatywę „Pasa i szlaku” (j. ang. Belt and Road Initiative), która rozpoczęła się w 2013 roku, skupiając się głównie na inwestycjach w infrastrukturę transportową, ale także samochody i sieci elektryczne z naciskiem na sieci inteligentne.
- Do 2020 r. State Grid Corporation wybudowała 120 000 publicznych stacji ładowania w Chinach, a obecnie przyspiesza swoje plany inwestycyjne w centralnych i wschodnich terenach tego kraju.
- Planowane w USA inwestycje na poziomie 2 mld USD do 2027 r., zarówno w stacje szybkiego ładowania wzdłuż korytarzy o dużym natężeniu ruchu w 39 stanach federalnych, jak i w publiczne ładowarki w 17 obszarach metropolitalnych.
- Ogłoszoną w listopadzie 2021 roku przez IONITY – wiodącą europejską sieć stacji ładowania dużej mocy – inwestycję w wysokości 700 mln euro na rozbudowę sieci w całej Europie.

W raportach branżowych oraz dokumentach Komisji Europejskiej (KE) z lat 2019 do 2022 roku wymienionych jest także wiele technologii, które mogą mieć istotne znaczenie w zakresie rozwoju omawianego trendu. Technologie te podzielono na takie, które są związane w większym stopniu bezpośrednio z Inteligentnymi Sieciami Energetycznymi oraz takie, które związane są głównie z magazynowaniem energii na potrzeby sieci elektroenergetycznych.

W zakresie Inteligentnych Sieci Energetycznych zwrócono uwagę na:

- Współdzielenie sieci, polegające na stworzeniu wirtualnej elektrowni, czyli rozproszonego źródła energii, które jest zarządzane przez rozwiązania oparte na platformach pracujących chmurze. Wygenerowana w ten sposób moc elektrowni jest magazynowana w ogniwach odwracalnych w celu dalszego rozprowadzania w sieci.

- Dwukierunkowe punkty ładowania V2G (ang. vehicle to grid), które w związku z rosnącym udziałem źródeł OZE w miksie energetycznym są szansą na dodatkowe zmniejszenie poziomu obciążenia sieci elektroenergetycznej.
- Inteligentne pozyskiwanie informacji o zapotrzebowaniu na moc w celu optymalizacji sieci energetycznej. Dane te zbierane są przy użyciu urządzeń rejestrujących bieżące zużycie energii i przesyłających zgromadzone informacje do dystrybutora za pomocą radiowych i przewodowych sieci transmisji danych. Po rozwinięciu infrastruktury sieci 5G sensory rozmieszczone wzdłuż sieci transmisyjnej i dystrybucyjnej oraz w gospodarstwach domowych i przedsiębiorstwach pozwolą na bezprzewodowe monitorowanie stanu sieci w czasie rzeczywistym.

W odniesieniu do magazynowania energii na potrzeby Inteligentnych Sieci Energetycznych wymienia się przede wszystkim:

- Zaawansowane ogniwa odwracalne (akumulatory) przeznaczone do krótkoterminowego magazynowania energii, ponieważ zakres zastosowania ogniw litowo-jonowych jest ograniczony dostępnością litu i jego związków (materiał krytyczny), to ze względu na brak silnych ograniczeń przestrzennych w przypadku ogniw dedykowanych dla sieci energetycznych trwają prace nad rozwojem odwracalnych ogniw sodowo-jonowych (SIBs) oraz potasowo-jonowych (KIBs).
- Nowe rozwiązania techniczne oparte na wykorzystaniu usług czasowej redukcji poboru mocy przez odbiorców energii (Demand Side Response, DSR) i koncepcji magazynowania energii w postaci wodoru (power-to-H₂).
- Przechowywanie energii w postaci wodoru otrzymanego w procesie elektrolizy wody (szczególny przypadek koncepcji power-to-H₂) oraz, stosowane już obecnie, wykorzystanie elektrowni szczytowo-pompowych, będą miały istotne znaczenie w zakresie długoterminowego (sezonowego) magazynowania energii. W tym drugim przypadku istnieją ograniczenia terenowe i przestrzenne.

W nadchodzących latach prawdopodobnie nastąpią dalsze przełomy w projektowaniu i produkcji ogniw fotowoltaicznych oraz systemów magazynowania energii. Możliwe, że w niedalekiej przyszłości pojawią się drukowane organicznie ogniwa słoneczne.

Trend rozwoju Inteligentnych Sieci Energetycznych oraz związanych z nimi zagadnieniami dotyczącymi magazynowania energii ma swoje umocowanie zarówno w historycznym megatrendzie związanym z dążeniem do neutralności klimatycznej, jak i w obecnych inicjatywach w zakresie zapewnienia mechanizmów finansowania, ukierunkowanych na te zagadnienia licznymi programami badawczymi oraz pracami nad rozwojem poszczególnych technologii. Nic nie wskazuje na to, aby ten trend uległ wygaszeniu w perspektywie krótkoterminowej (najbliższe 10 lat) oraz długoterminowej (do 2050 roku).

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

Tabela 1. Dokumenty prawne związane z inteligentnymi sieciami energetycznymi i magazynowaniem energii na ich potrzeby

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|---|---|
| ROZPORZĄDZENIE z dnia 30 maja 2022 r. w sprawie wytycznych dotyczących transeuropejskiej infrastruktury energetycznej | Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne |
| DYREKTYWA z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej | Ustawa z dnia 20 maja 2021 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw – tzw. „Ustawa licznikowa” |
| | Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2022 r. w sprawie systemu pomiarowego |
| | Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 10 stycznia 2022 r. w sprawie procesów rynku energii |
| | Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 21 października 2021 r. w sprawie rejestru magazynów energii elektrycznej |

Kluczowe założenia:

Prawo UE:

- wspólne zasady dotyczące wytwarzania, przesyłu, dystrybucji, magazynowania energii i dostaw energii elektrycznej, wraz z przepisami dotyczącymi ochrony konsumentów, w celu stworzenia zintegrowanych, konkurencyjnych, ukierunkowanych na potrzeby konsumenta, elastycznych, uczciwych i przejrzystych rynków energii elektrycznej w Unii;
- definicja inteligentnej sieci elektroenergetycznej;
- przepisy dot. prawa do inteligentnego licznika oraz wymogi inteligentnego systemu opomiarowania.

Prawo krajowe:

- ujednolicona definicja magazynów energii;
- przepisy likwidujące dotychczasowe bariery w rozwoju magazynów energii;
- przepisy dotyczące warunków wpisu do rejestru i uzyskania koncesji;
- przepisy dotyczące budowy Centralnego Systemu Informacji Rynku Energii (CSIRE);
- obowiązek instalacji inteligentnego opomiarowania i liczników zdalnego odczytu.
- Otoczenie prawne w tym obszarze ulega w ostatnim czasie nieustannym modyfikacjom. Nowe przepisy unijne uwzględniają w szczególności cele UE w zakresie energii

i klimatu na rok 2030 i unijnego celu neutralności klimatycznej do 2050 r. określone w Europejskim Zielonym Ładzie oraz zasadę „efektywność energetyczna przede wszystkim”. Stwierdzono że obecne ramy dla transeuropejskich sieci energetycznych nie odzwierciedlają jeszcze w pełni oczekiwanych zmian w systemie energetycznym, należy więc w regulacjach uwzględnić cele związane z łagodzeniem skutków zmian klimatu oraz szybkim rozwojem technologicznym. Nowe rozwiązania prawne powinny zapewnić wzajemne połączenia, bezpieczeństwo energetyczne, integrację rynku i systemu oraz konkurencję z korzyścią dla wszystkich państw członkowskich a także energię po przystępnej cenie dla gospodarstw domowych i przedsiębiorstw.

Otoczenie strategiczne

Tabela 2. Dokumenty strategiczne związane z inteligentnymi sieciami energetycznymi i magazynowaniem energii na ich potrzeby

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|--|---|
| Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju | Strategia UE dotycząca integracji systemu energetycznego |
| Polityka energetyczna polski do 2040 r. | Strategia ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej opartej na przyszłościowej polityce w dziedzinie klimatu |
| Polski Ład | Strategiczny plan działania na rzecz baterii |
| Krajowe Inteligentne Specjalizacje | |
| Krajowy Plan Odbudowy i zwiększania odporności | |
| Polityka Przemysłowa Polski | |
| Strategia sprawne i nowoczesne państwo | |

Kluczowe założenia:

- konieczność integracji systemu energetycznego – m.in. w zakresie systemów o bardziej zamkniętym obiegu, bardziej zintegrowanej infrastruktury energetycznej oraz budowy cyfrowego systemu energetycznego;
- stworzenie unii energetycznej – zintegrowanego rynku energii, który umożliwi m.in. dostosowane do indywidualnych potrzeb zakupy energii na wspólnym rynku UE; wspierane działania to m.in. zniesienie regulowanych odgórnie cen w państwach członkowskich oraz integracja infrastruktury energetycznej;
- normalizacja i wsparcie rozpowszechniania inteligentnych liczników oraz zachęcanie do dalszego rozwoju inteligentnych urządzeń gospodarstwa domowego i inteligentnych sieci, tak aby elastyczne zużycie energii było wynagradzane – efekt synergii między unią energetyczną i jednolitym rynkiem cyfrowym;
- zwiększenie kontroli nad zużyciem energii;

- wdrożenie systemu monitorowania oraz zarządzania jakością energii elektrycznej;
- wzrost znaczenia aktywnych użytkowników systemu energetycznego (m.in. wytwarzanie energii na własne potrzeby z możliwością odsprzedaży) – rozwój obywatelskiej energetyki rozproszonej, opartej na odnawialnych źródłach energii;
- rozwój technologii magazynowania energii, w tym wykorzystywanie samochodów elektrycznych jako magazynów energii;
- popularyzacja magazynów ciepła;
- rozwój i produkcja baterii jest celem strategicznym UE w kontekście przejścia na czystą energię i stanowi kluczowy element konkurencyjności jej sektora motoryzacyjnego (dot. całego łańcucha wartości ekosystemu baterii – od wydobycia i przetwarzania surowców przez projektowanie i wytwarzanie ogniw baterii po ich wykorzystanie, ponowne wykorzystanie, recykling i utylizację w GOZ);
- w kontekście baterii – konieczność zapewnienia zrównoważonych dostaw surowców, wspieranie europejskich projektów obejmujących wszystkie segmenty łańcucha wartości baterii (m.in. produkcję ogniw), wzmocnienie przemysłu działaniami B+R w tym obszarze, wspieranie wysoko wykwalifikowanych kadr oraz wspieranie bezpiecznej i zrównoważonej produkcji baterii.

Analiza literatury naukowej

Liczba publikacji indeksowanych w bazie Scopus (łącznie 2 175 w analizowanym okresie 10 lat) w latach 2011 – 2015 r. wykazywała ledwo widoczny trend wzrostowy (zmiana ze 126 do niespełna 150 publikacji rocznie), natomiast po 2015 roku trend ten był bardzo wyraźny (stały wzrost liczby publikacji do blisko 300 rocznie w 2021 roku).

W toku jakościowej analizy wytypowanych publikacji zwrócono uwagę na następujące obszary technologiczne:

- akumulatory potasowo-jonowe (KIB);
- samonaprawiające się systemy w inteligentnych sieciach energetycznych;
- mikrosieci i wirtualne elektrownie;
- prognozowanie żywotności ogniw;
- obliczenia wysokiej wydajności;
- blockchain;
- technologie uczenia maszynowego.

Akumulatory potasowo-jonowe budzą zainteresowanie ze względu na niższą, w porównaniu z ogniwami litowo-jonowymi cenę surowców do ich wytwarzania oraz zapotrzebowanie inteligentnych sieci energetycznych na duże zdolności krótkookresowego magazynowania energii przy jednoczesnym braku konieczności tak dużych oszczędności miejsca na to magazynowanie, jakie mogą zapewnić tylko ogniwa wykorzystujące związki litu.

Samonaprawiające się systemy w inteligentnych sieciach energetycznych, to z założenia ich integralna cecha, pozwalająca na automatyczne dostosowywanie się do sytuacji awaryjnych. Zdolność ta jest uzyskiwana m.in. poprzez zastosowanie inteligentnych czujników (intelligent electronic devices, IEDs) oraz synchronofazorów (phasor measurement units, PMUs).

Mikrosieci oparte są o rozproszone jednostki generowania energii elektrycznej, a celem ich funkcjonowania są przede wszystkim zrównoważenie podaży i popytu na energię elektryczną, zmniejszenie strat technicznych systemu oraz podniesienie jakości i niezawodności zasilania, z czego wynika zwiększenie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Ich funkcjonowanie jest komplementarne do koncepcji wirtualnych elektrowni (virtual power plants, VPPs), zgodnie z którą odpowiednie oprogramowanie umożliwi zdalne automatyczne dysponowanie oraz optymalizację wytwarzania energii

i/lub zarządzanie stroną popytową oraz jednostkami magazynującymi w systemie, który może działać lokalnie, ale nastawiony jest na współpracę z siecią elektroenergetyczną. Główną różnicą w stosunku do mikro sieci jest to, że jednostki wytwórcze w VPP nie muszą być fizycznie zlokalizowane w obszarze o bliskiej odległości od siebie.

Przewidywany czas użytecznej żywotności ogniw (remaining useful lifetime, RUL) ma istotne znaczenie dla osiągnięcia opłacalności ekonomicznej w przypadkach zastosowania tych ogniw pojazdach elektrycznych oraz w infrastrukturze inteligentnych sieci. Prognozowanie tego czasu w różnych warunkach pracy jest niezbędne dla systemu zarządzania ogniwami w celu uniknięcia potencjalnie niebezpiecznych awarii i zagwarantowania wydajnego działania systemów. Z tematem powiązane są technologie wykorzystujące algorytm blockchain w celu zapewnienia anonimowości zbieranych i przetwarzanych danych. Natomiast poprzez zastosowanie technologii chmury obliczeniowej w odniesieniu do pojazdów (Vehicular Cloud Computing Technology, VCC) dane dotyczące ich akumulatorów przesyłane w czasie rzeczywistym mogą być w efektywny z ekonomicznego punktu widzenia agregowane i przetwarzane z wykorzystaniem dużej mocy obliczeniowych. Technologie te mają związek z inteligentnymi sieciami energetycznymi poprzez koncepcję wykorzystania akumulatorów nieużywanych w danym momencie pojazdów elektrycznych jako elementów składowych tych sieci.

Z większością z powyższych tematów powiązane są technologie cyfrowe, których wykorzystanie umożliwi realizację związanych z nimi koncepcji. Należą do nich m.in. obliczenia wysokiej wydajności oraz znajdujące się na początkowym etapie rozwoju technologie uczenia maszynowego.





Najważniejsze tezy

- Pandemia znacząco wpłynęła na trend telemedycyna, jednak już przed nią rozwiązania teleopieki medycznej były widoczne w Polsce, jak np. e-recepta wprowadzona na początku 2020 r.
- Analiza naukowa wyróżniła trzy technologie w obszarze trendu: telemedycyna w operacjach, zdalne monitorowanie pacjenta oraz grywalizację w e-zdrowiu, które można uznać za najbardziej popularne wykorzystanie telemedycyny.
- Telemedycyna może okazać się pomocnym rozwiązaniem bieżących problemów w ochronie zdrowia w Polsce (braki w kadrach medycznych, starzejące się społeczeństwo), dzięki zdalnemu świadczeniu usług medycznych.
- Dzięki chat botom, komunikacji głosowej i nowoczesnym metodom wizyjnym, możliwy jest kontakt w różnych kanałach komunikacji. Przede wszystkim, ciągły monitoring pacjenta, głównie przy wykorzystaniu dwóch rozwiązań: Wearables (tzw. urządzenia ubieralne). Monitorowanie chorych przewlekle – zdalny monitoring chorych, głównie diabetyków. Zapewnia to podstawy do nieustannej oraz pacjentocentrycznej opieki zdrowotnej, minimalizującej nakłady pracy lekarza w kwestiach logistycznych etc.
- Czujniki (t.j. czujniki EKG określające stan zdrowia serca) są umieszczane na platformach lub łóżkach opieki domowej w celu zbierania tych informacji, a usługi w chmurze oparte na Internecie Rzeczy (IoT) przekazują personelowi opieki zdrowotnej. Pozwalając ocenić stan zdrowia pacjenta³. Dane zebrane w ten sposób w skuteczny sposób pozwalają na globalne uzdatnienie jakości opieki zdrowotnej, eliminując konieczność wizyt lekarskich oraz monitorując zmiany.
- Rozwój medycyny i diagnostyki powiązany z dynamicznym rozwojem technologii umożliwia zbieranie i analizowanie zdrowia ludzkiego np. za pomocą opaski SmartWatch analizując nasze EKG czy poziom tlenu we krwi. Inne wspomagające urządzenie to domowe testy DNA pozwalające określić ryzyko zachorowania na schorzenia t.j. nowotwory, choroby serca czy zaburzenia neurologiczne. Jednocześnie przedstawiając praktyczne i spersonalizowane porady, które wspomagają w zarządzaniu swoim zdrowiem. Kolejny to sposób to wykorzystanie AI-chat botów, które odpowiadają na pytania pacjentów dotyczące objawów choroby w celu określenia prawdopodobieństwa zakażenia np. SARS-Cov-2 zapewniając ocenę ryzyka i zalecenia dotyczące porad, izolacji czy miejsc testujących.
- Mając na uwadze rozwój European Health Dataspace w Unii Europejskiej (UE) oraz inicjatyw skierowanych na szerokie podejście do zdrowia, telemedycyna będzie rozwijana w następnych latach. Doświadczenia pandemii COVID-19 w przyspieszony sposób doprowadziły do testów oraz wprowadzenia rozwiązań bezpośrednio rozwijających telemedyczną opiekę zdrowotną oraz komponenty potrzebne do jej wprowadzenia.

Pogłębiona analiza

Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization, WHO) definiuje telemedycynę jako świadczenie usług opieki zdrowotnej, w których kluczowa rola odgrywa rozłączność miejsca, z wykorzystaniem instrumentów służących wymianie istotnych informacji. Usługa jest świadczona na odległość m.in. w celu diagnozy, leczenia oraz zapobiegania chorobom i urazom, a także prowadzenia badań i ich oceny oraz zapewnienia kontynuacji kształcenia pracowników służby zdrowia. Działania mają pozytywny wpływ na zdrowie zarówno indywidualne, jak i całych społeczności.

Wykorzystanie rozwiązań telemedycznych może stanowić remedium na niektóre problemy systemowe w ochronie zdrowia. Tego rodzaju instrumenty mogą służyć rozwiązaniu

problemów niedoboru kadr medycznych, prowadzą do ograniczenia zbędnych kosztów hospitalizacji i przyspieszają proces diagnostyczny. Telemedycyna nie stanowi konkurencji dla medycyny tradycyjnej, lecz jest raczej narzędziem wspierającym pracę personelu medycznego i działającym na korzyść pacjenta⁴.

Systemy opieki zdrowotnej w UE należą do najbardziej zaawansowanych na świecie. Jednym z problemów, z którym mierzy się Europa jest starzenie się społeczeństwa, dlatego jakość opieki zdrowotnej musi stale wzrastać. Działania obejmują m.in. inwestycje w innowacyjne modele opieki. Nowe technologie, w połączeniu z adekwatną polityką społeczną i zdrowotną, mogą złagodzić dodatkowe koszty związane ze starzeniem się społeczeństwa, jednocześnie umożliwiając osobom starszym i osobom niepełnosprawnym bardziej samodzielne życie⁵.

Nowe produkty wspomagające wykorzystują jedną technologię wspomagającą lub kombinację kilku tego typu technologii, takich jak sztuczna inteligencja, Internet Rzeczy, interfejs mózg-komputer/maszyna (brain-computer-interface, BCI oraz brain-machine-interface, BMI) i zaawansowane czujniki. Umożliwiają one tworzenie inteligentniejszych i połączonych produktów wspomagających, które uczą się na podstawie zachowań i środowiska użytkownika, optymalizują i dostosowują ich funkcje oraz wspierają samodzielne życie i nawigację, telemedycynę i inteligentną pielęgnację⁶.

W Polsce telemedycyna rozwijała się już przed pandemią, jednak podobnie jak w innych krajach europejskich, wirus SARS-CoV-2 (Covid-19) znacząco przyspieszył zmiany w tej dziedzinie. W raportach branżowych można zauważyć często występujące wykorzystywanie sztucznej inteligencji w aplikacjach i urządzeniach pozwalających na dostęp do e-zdrowia, trend ten nie zdominował jednak polskiej medycyny. Jednym z powodów jest zróżnicowanie infrastruktury w polskim systemie zdrowotnym. Jednostki opieki zdrowotnej różnią się zaawansowaniem technologicznym – od tych ubogich w technologie, nieprzystosowanych do transformacji technologicznej po jednostki w znacznym stopniu wykorzystujące rozwiązania cyfrowe. W tym kontekście, rozwój telemedycyny w kierunku jak największego wykorzystywania sztucznej inteligencji wymagać będzie oceny kosztów i efektywności rozwiązań dla konkretnych jednostek, tak by skutecznie przeprowadzić cyfrową modernizację oraz adaptację tego typu rozwiązań⁷.

Telemedycyna jest stosunkowo tanim i wygodnym narzędziem do uzyskania pomocy medycznej. Jej rozwój był zauważalny przez ostatnie lata, jednak pandemia wpłynęła na jej szersze wykorzystanie. Jej rozwój w przyszłości upatrywany jest w wykorzystaniu m.in. sztucznej inteligencji. Pożądanym efektem modernizacji telemedycyny w Polsce byłaby jednak nie tylko adaptacja sztucznej inteligencji, ale i kompleksowe wyrównanie poziomu zaawansowania technologicznego, by jak najwięcej osób mogło korzystać z rozwiązań cyfrowych.

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

Tabela 3. Dokumenty prawne związane z telemedycyną

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|---|--|
| KOMUNIKAT KE w sprawie korzyści telemedycyny dla pacjentów, systemów opieki zdrowotnej i społeczeństwa dnia 4.11.2008 | Ustawa z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentystry |
| Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/522 z dnia 24 marca 2021 r. w sprawie ustanowienia Programu działań Unii w dziedzinie zdrowia („Program UE dla zdrowia”) na lata 2021–2027 | Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o działalności leczniczej |

Tabela 3. Dokumenty prawne związane z telemedycyną

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|---|---|
| Projekt ROZPORZĄDZENIA w sprawie europejskiej przestrzeni danych na temat zdrowia (EHDS) | Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 12 sierpnia 2020 r. w sprawie standardu organizacyjnego teleporady w ramach podstawowej opieki zdrowotnej |
| Dyrektywa 2000/31/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 czerwca 2000 r. w sprawie niektórych aspektów prawnych usług społeczeństwa informacyjnego, w szczególności handlu elektronicznego w ramach rynku wewnętrznego [dyrektywa o handlu elektronicznym] | Rozporządzenie z 31 października 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu podstawowej opieki zdrowotnej. |
| | Ustawa z dnia 6 listopada 2008 r. o prawach pacjenta i Rzecznik Praw Pacjenta |
| | Akty regulujące kwestie informatyczne: Ustawa z dnia 16 lipca 2004 r. Prawo telekomunikacyjne, Ustawa z dnia 18 lipca 2002 r. o świadczeniu usług drogą elektroniczną |
| | Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 6 kwietnia 2020 r. w sprawie rodzajów, zakresu i wzorów dokumentacji medycznej oraz sposobu jej przetwarzania |

Kluczowe założenia:

Prawo UE:

- definicja telemedycyny;
- program działań UE w dziedzinie zdrowia (rozporządzenie Parlamentu Europejskiego (PE) i Rady Unii Europejskiej);
- projekt rozporządzenia w sprawie europejskiej przestrzeni danych na temat zdrowia (EHDS) ustanawia europejską przestrzeń danych na temat zdrowia poprzez określenie: zasad, wspólnych standardów i praktyk, infrastruktury i ram zarządzania dla pierwotnego i wtórnego wykorzystania elektronicznych danych na temat zdrowia oraz utworzenie transgranicznej infrastruktury cyfrowej służącej wymianie danych dotycząca zdrowia na potrzeby świadczenia opieki zdrowotnej.

Prawo krajowe:

- dopuszczenie udzielania świadczeń zdrowotnych i czynności, na których polega wykonywanie zawodu lekarza i lekarza dentyisty, za pośrednictwem systemów teleinformatycznych lub systemów łączności;
- porada telemedyczna stanowi świadczenie zdrowotne równoprawne do porady lekarskiej udzielanej w sposób tradycyjny;
- określono standardy organizacyjne teleporady;
- przepisy dot. wystawiania e-zwolnień, e-recept i skierowań;
- przepisy dotyczące bezpieczeństwa komunikacji a także kwestii przechowywania dokumentacji medycznej;
- przepisy dot. udzielania świadczeń telemedycznych finansowanych ze środków publicznych.

Ograniczenia w kontaktach bezpośrednich będące następstwem pandemii Covid-19, wpłynęły na dynamiczny rozwój telemedycyny. Przed nastaniem pandemii większość lekarzy obawiała się postawić diagnozę tylko na podstawie rozmowy telefonicznej czy konsultacji online, bez wcześniejszego osobistego zbadania pacjenta. Prawo nie nadążało za szybkim rozwojem nowych technologii, który w związku z zastaną sytuacją przyspieszył jeszcze bardziej. Potrzebne były nowe, bardziej precyzyjne regulacje prawne dotyczące kwestii wprowadzenia i wykorzystania nowych technologii w medycynie, jak również innych, jak chociażby finansowania telekonsultacji czy też możliwości zdalnego zamówienia e-recepty.

Otoczenie strategiczne

Tabela 4. Dokumenty strategiczne związane z telemedycyną

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|---|---|
| Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększenia Odporności | Cyfrowy kompas na 2030 r.: europejska droga w cyfrowej dekadzie |
| Zdrowa Przyszłość. Ramy Strategiczne Rozwoju Systemu Zdrowia na lata 2021–2027, z perspektywą do 2030r. | |
| Polski Ład | |
| Program Zintegrowanej Informatyzacji Państwa | |
| Krajowe Inteligentne Specjalizacje | |

Kluczowe założenia:

- starzejące się zachodnie społeczeństwo i rosnące zapotrzebowanie na usługi medyczne;
- pandemia Covid-19 – uwidoczniała newralgiczne punkty i korzyści z elektronizacji służby zdrowia;
- oczekiwania wobec telemedycyny: wzrost gospodarczy, niższe koszty służby zdrowia, zapewnienie dostępu do usług wszystkim obywatelom;
- środki publiczne na rozwój (4,5 mld zł z KPO + Horyzont Europa + Zdrowa Przyszłość);
- zwiększenie potencjału naukowego sektora ochrony zdrowia, wzmocnienie finansowania badań naukowych i niekomercyjnych badań klinicznych (szczególnie: bioinformatyka, implanty, zdalna medycyna, wearables);
- rozwój narzędzi wspomagających analizę stanu zdrowia pacjenta i proces decyzyjny lekarzy, w tym: sztuczna inteligencja, kwantowe wspomaganie obliczeń;
- rozwój e-usług i e-zdrowia: budowa systemów teleinformatycznych w zakresie udzielania świadczeń opieki zdrowotnej; e-wizyty, e-skierowania;
- rozwój infrastruktury IT oraz standaryzacja i interoperacyjność w skali Europy;
- poprawa cyberbezpieczeństwa w systemie ochrony zdrowia;
- rozwój kompetencji cyfrowych kadr medycznych oraz pacjentów.

Analiza literatury naukowej

Opracowanie naukowe zostało przeprowadzone na podstawie publikacji indeksowanych w bazie Scopus (łącznie 41 129 w analizowanych okresie 10 lat). Liczba publikacji z tagiem

“telemedycyna” w przeciągu 10 lat (od 2011r. do 2021r) miała charakter wzrostowy. W latach 2011–2019 liczba publikacji rosła stopniowo, a w 2020 roku można zaobserwować znaczny wzrost.

Po przeprowadzonej analizie wysuwają się następujące wnioski. Telemedycyna cieszy się dużą popularnością w literaturze naukowej. Od 10 lat cały czas jest rozwijana i eksplorowana. Wybuch pandemii w 2020 roku, spowodował, że była ona częściej wykorzystywana przez lekarzy i pacjentów. Spowodowało to również gwałtowne przyśpieszenie jej rozwoju.

Wśród obszarów wartych uwagi można wskazać zastosowanie technologii cyfrowych w trakcie operacji, w celu wykonywania ich na odległość lub w sposób zautomatyzowany. Obiecująca zdaje się także koncepcja grywalizacji. Stosowana dotychczas w innych dziedzinach może usprawnić projektowanie innowacji zwiększając zaangażowanie i satysfakcję pacjentów.

W literaturze naukowej najczęściej poruszano tematy takie jak zdalne wizyty i konsultacje lekarskie, czy aplikacje mobilne i strony internetowe oferujące pomoc psychologiczną oraz terapeutyczną, czyli obszary, które są relatywnie rozwinięte, skomercjalizowane i spopularyzowane. Istotne jest, w jaki sposób pandemia Covid-19 wpłynęła na tematykę publikacji naukowych. W analizowanych artykułach nie pojawiło się wykorzystanie sztucznej inteligencji (artificial intelligence, AI) pomimo relatywnie wysokiej popularności AI w dyskursie wokół nowych technologii. Naukowcy w badaniach z ostatnich lat skupiali się raczej na usprawnieniu korzystania z usług medycznych w nowych, trudnych warunkach panujących na całym świecie, niż na rozwoju i poszukiwaniu nowych możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w naukach medycznych. Możliwe również, że tematyka sztucznej inteligencji w medycynie wiąże się z innymi słowami kluczowymi niż te, na których oparto analizę.

Warto natomiast zauważyć, że autorzy publikacji w powyższych przypadkach często koncentrowali się na badaniu efektywności wspomnianych technologii, w tym zadowolenia pacjentów i pracowników medycznych. Wyniki badań wskazują, że wciąż istnieje pole do usprawnień w tym zakresie.





Inteligentne oraz precyzyjne rolnictwo (Smart/Precision Farming)

Najważniejsze tezy

- Efektem cyfryzacji rolnictwa będzie lepsze dopasowanie metod upraw czy hodowli do potrzeb danego gatunku w danym czasie za pomocą m.in. robotów, sensorów, danych GPS itd. Rozwiązania wspomagają proces decyzyjny, obserwację, diagnostykę oraz implementację rozwiązań.
- Rolnictwo precyzyjne – zdefiniowane początkowo jako jeden z siedmiu wiodących trendów rozwojowych – jest nadmiernym zawężeniem tematu i wymaga uwzględnienia tematyki rolnictwa inteligentnego.
- Wirtualne farmy, nanonośniki oraz nowoczesne fenotypowanie roślin – to trzy obszary, najczęściej pojawiające się w analizowanych publikacjach naukowych.
- Wyróżnione technologie mają szczególne znaczenie w kontekście wyzwań cywilizacyjnych, związanych choćby z kryzysem klimatycznym czy żywnościowym i korespondują z promowaną koncepcją zrównoważonego rozwoju.
- Wszystkie technologie oceniane w kontekście wpływu na polską gospodarkę wskazano jako technologie o wysokim potencjale.
- Potencjalne bariery dla rozwoju wskazywanych w badaniu technologii to wysokie koszty oraz problemy związane z dostępnością materiałów i zasobów, utrudniające komercyjne wykorzystanie technologii.

Pogłębiona analiza

Rynek powiązany z inteligentnym rolnictwem (Smart Farming), kształtowany jest globalnie przez sześć podstawowych czynników:

1. Globalny przyrost demograficzny – według szacunków Departamentu ds. Gospodarczych i Społecznych ONZ do 2050 roku liczba ludności wzrośnie z aktualnych (wrzesień 2022 r.) ponad 7,9⁹ mld do 9,7 mld. Konsekwencją przyrostu demograficznego będzie wzrost zapotrzebowania na żywność szacowany obecnie na 60%⁹.
2. Utrzymujący się spadek zatrudnienia w rolnictwie – z 43,3% w roku 1991 do 26,5% w roku 2017 (wg Banku Światowego). W Polsce obserwuje się podobny trend wraz z okresowymi niedoborami pracowników do prac sezonowych.
3. Wsparcie rządowe dla sektora rolnego zasadniczo pozytywnie wpływające na jego rozwój niezależnie od specyfiki regionalnej;
4. Zmiany klimatu. W ponad 100 krajach stwierdzono przyrost średniej rocznej temperatury o ponad 1 stopień Celsjusza, podczas gdy ponad 50 krajów zanotowało przyrost o 1,5°C (wg Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa). W Polsce obserwuje się corocznie susze w różnych regionach kraju.
5. Zmniejszający się areal upraw, który w latach 2005–2015 obniżył się o 1,3% (wg Banku Światowego). Prognozy tempa degradacji gleby, opublikowane przez Organizację Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa FAO ostrzegają, że do roku 2050 powierzchnia nadająca się do uprawy będzie czterokrotnie niższa niż w 1960 roku.
6. Urbanizacja postępująca obecnie w takim tempie, że procent ludności zamieszkującej miasta wzrósł z 33,6% w 1960 roku do 54,3% w roku 2016 (według Banku Światowego).

Dodatkowymi czynnikami kształtującymi możliwość wzrostu sektora **Smart Farming** jest potencjał dalszego zwiększenia plonów ponad obecnie uzyskiwane. Postęp w technologii ochrony roślin przyniósł znaczne wzrosty wielkości plonów, jednak szacuje się, że od potencjalnego maksymalnego plonu dzieli nas jeszcze od 25% do 38%. Wzrost plonów

będzie można osiągnąć przez dalszą optymalizację upraw, w czym może przede wszystkim pomóc dalszy rozwój w dziedzinie biotechnologii¹⁰.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że ekosystem innowacji w sektorze rolnictwa jest bardzo zróżnicowany regionalnie i skomplikowany (np. różnice w zakresie wielkości gospodarstw, różne profile upraw oraz hodowli, różnice kulturowe). Konieczne jest odpowiednie dostosowanie proponowanego rozwiązania do odbiorcy końcowego, z uwzględnieniem potrzeb charakteryzujących lokalny rynek.

Obecna struktura wielkości gospodarstw w Polsce sprawia, że większość potencjalnych odbiorców innowacji to gospodarstwa o powierzchni 20–100 ha. Od ostatniej dekady XX wieku w Polsce obserwowane jest sukcesywne zwiększanie powierzchni gospodarstw, wymuszone konkurencją oraz rosnącymi problemami z pozyskaniem siły roboczej. W efekcie obserwujemy zwiększający się udział dużych gospodarstw o wysokiej wartości całkowitej. W dziedzinie zastosowań informatycznych cechą sprzyjającą rozwojowi firm są niskie koszty wejścia w technologię oraz wysoka skalowalność rozwiązań IT. Słabe strony to niskie wyceny spółek technologicznych w Polsce, prowadzące do obniżonych inwestycji **venture capital** w polskie firmy. System wsparcia publicznego nie jest dobrze dostosowany do specyfiki mikroprzedsiębiorstw opracowujących innowacje w sektorze **Smart Farming**, brakuje zwłaszcza źródeł finansowania małych projektów i wspierania najmniejszych firm. Problemy polskich gospodarstw, związane m.in. z coraz trudniejszym pozyskiwaniem siły roboczej, wymuszają sukcesywne wdrażanie technologii i rozwiązań inteligentnego rolnictwa na coraz szerszą skalę. Inteligentne rolnictwo obejmuje trzy wzajemnie ze sobą powiązane i przenikające się obszary¹¹:

- rolnictwo precyzyjne;
- systemy zarządzania informacją;
- automatyzacja procesów i robotyka wykorzystywana w rolnictwie.

Analiza raportów branżowych z lat 2019–2021 oraz wybranych komunikatów Komisji Europejskiej, wskazuje na tendencje do rozwoju branży **Smart Farming** w następujących technologiach:

- Internet rzeczy (ang. Internet of Things, IoT) – prognozowany wzrost sektora IoT w rolnictwie szacuje się na 14,15% rocznie w skali globalnej. Podobne szacunki dotyczą rynku UE, przy czym analitycy wskazują na kraje Europy Środkowej, Wschodniej i Bałkanów jako „czarne konie” IoT ze względu na wysoki potencjał specjalistów i niskie bariery wejścia w tego typu technologie (istnieje wiele darmowych platform IoT udostępnianych na licencjach Open Source).
- Technologie kwantowe, przekładające się na lepsze monitorowanie zasobów. Kwantowe czujniki grawitacyjne umieszczone na Ziemi lub zamontowane w satelitach kosmicznych będą mierzyć pola grawitacyjne, umożliwiając wykrywanie przeszkód, osiadania terenu i zasobów wodnych pod ziemią oraz monitorowanie zjawisk naturalnych, takich jak aktywność wulkaniczna.
- Inteligentne przetwarzanie brzegowe (ang. edge computing), które pozwala na szybszą transmisję danych dzięki wykorzystaniu tzw. węzłów brzegowych tj. pojedynczych komputerów lub małych serwerów znajdujących się bliżej obiektów generujących dane (np. maszyn rolniczych). Wykorzystanie mocy maszyn obliczeniowych wykorzystywanych w gospodarstwach rolnych do przetwarzania brzegowego, pozwoli na gromadzenie danych w czasie rzeczywistym, dzięki czemu możliwe będzie np. przewidywanie wielkości zbiorów czy zarządzanie gospodarstwem rolnym, oraz optymalizację łańcuchów dostaw żywności.
- Czujniki kontaktowe, biosensory oraz sensory optyczne sterowane i komunikujące się bezprzewodowo w ramach systemów internetu rzeczy (np. sensory zasobności gleb, czujniki wilgotności gleby, czujniki grawitacyjne).
- Robotyka i automatyzacja, w tym maszyny rolnicze i podzespoły wykonawcze do platform autonomicznych, współpracujące z systemami wspomagania decyzji oraz systemami integrującymi czujniki i elementy wykonawcze do specjalistycznych

zadań w rolnictwie. Coraz częściej wykorzystywane są również drony, wyposażone np. w kamery czy sensory multi- i hiperspektralne do zastosowań monitoringu upraw i gleby.

- **BIG DATA**, sztuczna inteligencja i narzędzia analityczne – technologie będące wyznacznikiem kolejnej ery rolnictwa (Rolnictwo 4.0). Wyróżnikiem tej koncepcji jest wprowadzenie elementu wymiany informacji, a więc system nie tylko gromadzi dane o gospodarstwie, ale potrafi je również łączyć, przetwarzać i wykorzystywać np. do prognozowania, dzięki wykorzystaniu zaawansowanych metod analityki danych.

Wyżej wymienione obszary technologiczne będą integrowane w ramach platform oprogramowania wspomagających funkcjonowanie gospodarstw. Mowa tu o kompleksowych, wielomodułowych systemach zarządzania gospodarstwem rolnym.

Rozwój inteligentnego rolnictwa postrzegany jest również jako szansa na choćby częściowe pogodzenie często sprzecznych celów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych. Znajduje to odzwierciedlenie m.in. w komunikatach wydawanych przez Komisję Europejską (m.in. Cyfrowy Kompas, Europejski Zielony Ład). Rolnictwo zidentyfikowano w nich jako jeden z podstawowych sektorów, w których rozwiązania cyfrowe mogą przyczynić się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenia wykorzystania pestycydów na całym świecie¹². Powtarzające się susze oraz powstające w reakcji na nie programy rządowe będą także sprzyjać wzrostowi inwestycji w dziedzinie gospodarowania wodą w rolnictwie. Obecne duże zagrożenie sanitarno-epidemiologiczne produkcji zwierzęcej wymusi również inwestycje w nowe systemy zarządzania hodowlami, nakierowane na bioasekurację i ocenę zdrowotności stad w czasie rzeczywistym⁴¹.

Warto jednak zaznaczyć, że warunkiem rozwoju **Smart Farming** jest dostęp do stabilnego i szybkiego Internetu na obszarach wiejskich. Rozbudowa infrastruktury technologii mobilnej piątej generacji (5G), komunikującej ze sobą poszczególne elementy systemów wykorzystywanych w ramach IoT, pozwoli w przyszłości optymalizować zarządzanie gospodarstwami rolnymi, zwiększając ich wydajność i rentowność.

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

W wyniku przeprowadzonej analizy otoczenia prawnego dla trendu rolnictwo inteligentne nie zidentyfikowano aktów prawnych na poziomie krajowym i europejskim odnoszących się do przedmiotowego zakresu.

Otoczenie strategiczne

Tabela 5. Dokumenty strategiczne związane z inteligentnym rolnictwem

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|---|--|
| Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030 | Europejski Zielony Ład |
| Wspólna polityka rolna (WPR) | Strategia „Od pola do stołu” |
| Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększenia Odporności (KPO) | Zalecenie KE dla Polski w sprawie planu strategicznego WPR |

Tabela 5. Dokumenty strategiczne związane z inteligentnym rolnictwem

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|------------------------------------|---|
| Krajowe inteligentne specjalizacje | Strategia w zakresie chemikaliów |
| Polityka ekologiczna państwa 2030 | Cyfrowy kompas na 2030 r.: europejska droga w cyfrowej dekadzie |
| Polski Ład | |

Kluczowe założenia:

- wspomaganie rozwoju i modernizacji infrastruktury teleinformatycznej i telekomunikacyjnej;
- projekty B+R+I w sektorze rolno-spożywczym ukierunkowanych na wdrażanie innowacyjnych rozwiązań;
- podnoszenie kompetencji związanych z prowadzeniem produkcji rolnej z wykorzystaniem zaawansowanych technologii;
- wsparcie producentów rolnych w zakresie zakupu i utrzymania innowacyjnych urządzeń, maszyn i systemów (np. sensory, drony, tablety, systemy monitoringu, systemy teledetekcji GPS);
- wdrażanie rozwiązań geoprzestrzennych i monitoringu satelitarne go w rolnictwie na potrzeby wsparcia systemów monitoringu środowiska, efektywności wykorzystania terenów rolniczych oraz planowania przestrzennego;
- nowe „ekoprogramy” oferujące duży strumień finansowania w celu pobudzenia zrównoważonych praktyk, np. rolnictwo precyzyjne, agroekologia;
- stworzenie wspólnej europejskiej przestrzeni danych dot. rolnictwa;
- potencjał dla rozwoju rolnictwa precyzyjnego: zastosowanie mocy brzegowych w maszynach wykorzystywanych w gospodarstwach rolnych oraz wykorzystanie technologii kwantowych, przekładające się na lepsze monitorowanie zasobów.

Analiza literatury naukowej

Rolnictwo precyzyjne jest symbolem tzw. trzeciej ery technologicznej w rolnictwie (Rolnictwo 3.0). Polega ono na gromadzeniu danych dot. przestrzennego zróżnicowania plonów w obrębie pola. Szacuje się, że przez wzgląd na wzrastającą liczbę ludności oraz zmieniające się wzorce zachowań konsumenckich, pomiędzy 2010, a 2050 rokiem konieczne będzie wyprodukowanie biomasy równej tej, którą ludzkość wytworzyła od samego początku istnienia rolnictwa. Wyzwanie to wymaga zastosowania innowacyjnego podejścia do sposobów uprawy roślin, hodowli zwierząt oraz metod zarządzania gospodarstwem. Nic więc dziwnego, że system rolnictwa precyzyjnego rozwija się w kierunku coraz bardziej zaawansowanych technologii, kształtując tym samym koncepcję określaną mianem rolnictwa inteligentnego (Rolnictwa 4.0). Wyróżnikiem tej koncepcji jest wprowadzenie elementu wymiany informacji, a więc system nie tylko gromadzi dane, ale potrafi je również łączyć, przetwarzać i wykorzystywać np. do prognozowania, dzięki wykorzystaniu zaawansowanych metod analityki danych. Tendencja ta jest wyraźnie

widoczna również w przywoływanej literaturze przedmiotu. Takie ujęcie problematyki współczesnego rolnictwa nasuwa wniosek, że rolnictwo precyzyjne – zdefiniowane na początkowych etapach prac zespołu analitycznego, jako jeden z siedmiu wiodących trendów rozwojowych – jest nadmiernym zawężeniem tematu i wymaga uwzględnienia tematyki rolnictwa inteligentnego.

Wirtualne farmy, nanonośniki oraz nowoczesne fenotypowanie roślin – to trzy obszary o szczególnym znaczeniu przez wzgląd na wyzwania cywilizacyjne związane choćby z kryzysem klimatycznym czy żywnościowym. Mimo aktualnie występujących barier związanych z rozwojem tych obszarów (np. kwestie regulacyjne powiązane z wykorzystaniem nanotechnologii w rolnictwie), konieczne jest kontynuowanie działań w ramach wskazywanych technologii przez szeroko pojęte środowiska naukowe.





Zastosowanie wodoru w produkcji stali

Najważniejsze tezy

- Dekarbonizacja przemysłu stalowego to priorytetowe zadanie w krajach Unii Europejskiej (UE). Jest to przedmiot licznych programów, które otrzymują szerokie wsparcie z budżetu Unii. Bez rozwiązania tego zagadnienia przemysł stalowy wycofa się z Europy do krajów, w których nie ma opłat za emisję dwutlenku węgla (CO_2).
- Należy zwrócić uwagę na trzy technologie, pozwalające zastosować wodór w procesie produkcji stali. Dwie zostały wytypowane w trakcie analizy naukowej: zastosowanie wodoru w piecu hutniczym (BF), w którym powstaje surówka kierowana do konwertora tlenowego (BOF) oraz bezpośrednia redukcja rudy żelaza (w stanie stałym) wodorem (H-DRI) – nad tą technologią prowadzone są prace w Łukasiewicz – Górnośląskim Instytucie Technologicznym (Łukasiewicz – GIT), tworząca produkt do wytwarzania stali w piecach elektrycznych (EAF).
- Wysokie koszty badań i wdrożenia stanowią utrudnienie, ale nie jest to bariera nie do pokonania. Problem ten jest rozwiązywany we współpracy międzynarodowej.

Pogłębiona analiza

W procesie wytwarzania stali wymagany jest m.in. reduktor tlenów żelaza zawartych w jego rudzie. Obecnie tym reduktorem jest węgiel (co powoduje emisję dwutlenku węgla), rozwijanie technologii, które wykorzystują m.in. wodór w celu redukcji tlenków żelaza jest obecnie bardzo istotnym czynnikiem związanym z dekarbonizacją przemysłu¹³. W aspekcie regulacyjnym w zakresie tego tematu najważniejsze będą zapewne aspekty związane z transportem wodoru (ze strony przemysłu największy nacisk jest położony na transport pneumatyczny, ale transport mobilny także wymaga przeglądu) oraz jego magazynowaniem. Dodatkowym aspektem może być w tym wypadku także homologacja złącz wodorowych, choć jest to zagadnienie związane raczej z tankowaniem pojazdów napędzanych wodorem.

Ze względu na podejście technologiczne wyróżnić można dwa zasadnicze podejścia: w pierwszym wodór używany jest wyłącznie do redukcji rudy żelaza, natomiast do nawęglania otrzymanego żelaza w celu otrzymania z niego stali stosowany jest, jak dotychczas, koks – takie technologie są już na świecie praktycznie gotowe do wdrożenia, natomiast w Polsce są rozwijane przez Łukasiewicz – GIT – charakteryzują się bardzo niskim śladem węglowym.

Spośród kluczowych technologii pozwalających na dekarbonizację przemysłu stalowego szanse na wdrożenie w horyzoncie 10-letnim, mają tylko takie, które wykorzystują wodór do bezpośredniej redukcji rudy żelaza¹⁴.

W latach 2004–2020 dekarbonizacja przemysłu stalowego była finansowana przez konsorcjum Ultra-Low Carbon dioxide (CO_2) Steelmaking (ULCOS), poprzez program o tej samej nazwie, współfinansowany ze środków 6. Programu Ramowego (Sixth Framework Programme, FP6), oraz w zakresie Funduszu Badawczego Węgla i Stali (Research Found for Coal and Steel, RFCS) i programu Horyzont 2020 (Horizon 2020 programme, H2020). Sumarycznie poprzez wyżej wymienione programy i fundusze, na dekarbonizację przemysłu stalowego przeznaczono 390 mln euro, w tym 304 mln euro ze środków UE. Obecnie przygotowanie wersji demonstracyjnych technologii związanych z dekarbonizacją przemysłu stalowego jest współfinansowane w ramach programu nadzorowanego przez Partnerstwo na rzecz czystej stali (Clean Steel Partnership, CSP), w ramach którego rozwijane będą technologie posiadające przynajmniej 5 poziom gotowości technologicznej (Technology Readiness Level, TRL). Program posiada budżet w wysokości 1,4 mld euro, w którym 700 mln euro jest przewidziane w programie Horyzont Europa (Horizon Europe,

HE) oraz RFCS.

Znaczna skala finansowania oraz megatrend przeciwdziałania postępującym zmianom klimatycznym są czynnikami stabilizującymi, sprzyjającymi tworzeniu się trendu wykorzystania wodoru w celu ograniczenia emisji dwutlenku węgla.

Zastosowanie wodoru w produkcji stali bardzo często jest związane z zastosowaniem elektrycznych pieców łukowych (electric arc furnace, EAF), które ze względu na wysoką energochłonność, stawiają duże wymagania wobec sieci energetycznych. Ewentualna awaria dostaw prądu elektrycznego, grozi zestaleniem się wsadu pieca łukowego, co skutkuje długotrwałym i kosztownym procesem przywracania jego prawidłowego działania. Dlatego koszty zastosowania wodoru do produkcji stali musiałyby obejmować również inwestycje w infrastrukturę służącą do magazynowania energii na wypadek awarii zasilania. Inteligentne sieci energetyczne pozwalają na ograniczenie takich inwestycji, ze względu na zmniejszenie ryzyka przerw w dostawach prądu elektrycznego oraz skrócenie czasu awarii. Jednocześnie jest to czynnik wpływający pozytywnie na rozwój inteligentnych sieci energetycznych, gdyż pozwalają one na podzielenie kosztów budowy magazynów energii pomiędzy wiele podmiotów.

Pośród polskich jednostek naukowych wystarczająco zaawansowane badania w zakresie tego typu technologii posiada Łukasiewicz – GIT, oddział z Gliwic, który jest partnerem Europejskiej Platformy Technologicznej Stali (European Steel Technology Platform, ESTEP).

Scenariusze wdrażania technologii wykorzystania wodoru w procesach produkcji stali są zróżnicowane, od powstania procesów prototypowych w 2026 r. poprzez wdrożenia w pełnej skali w roku 2035, po horyzont czasowy przekraczający 2050 rok. Również skala wymaganych inwestycji nie jest precyzyjnie określona, jednak zwracana jest uwaga na konieczność subsydiowania metod wytwarzania niskoemisyjnego wodoru w krajach UE oraz wprowadzenia podatku granicznego na import stali spoza krajów UE. Z punktu widzenia polskiej gospodarki konieczne będzie zabieganie o wprowadzenie okresu przejściowego, w którym niskoemisyjny wodór (niebieski) byłby traktowany podobnie jak wodór zielony.

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

Tabela 6. Dokumenty prawne związane z zastosowaniem wodoru w hutnictwie stali

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|--|---|
| ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2022/869 z dnia 30 maja 2022 r. w sprawie wytycznych dotyczących transeuropejskiej infrastruktury energetycznej, zmiany rozporządzeń [...] | Projekt ustawy o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw |

Kluczowe założenia:

Prawo UE:

- wytyczne dot. transeuropejskiej infrastruktury energetycznej, w tym 14 strategicznych priorytetów, których wdrożenie ma zasadnicze znaczenie dla realizacji celów unijnej polityki energetycznej i klimatycznej na rok 2030 oraz jej celu neutralności klimatycznej do 2050 r.

Prawo krajowe:

- Nowelizacja ustawy Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw przyjęta w 2022 roku.

Cel zmian: uproszczenie obowiązujących przepisów oraz zmniejszenie obowiązków proceduralnych, by rozwiązania prawne były adekwatne dla rozwoju całego sektora gospodarki wodorowej

Kluczowe rozwiązania prawne:

- legalna definicja wodoru;
- ramy prawne dla międzysektorowego zastosowania wodoru;
- przepisy przejściowe dla sieci wodorowych;
- powołanie krajowego operatora sieci wodorowych;
- przepisy techniczne na potrzeby gospodarki wodorowej;
- przepisy w zakresie oddziaływania i korzystania ze środowiska inwestycji wodorowych;
- wprowadzenie systemowych mechanizmów wsparcia dla prowadzenia działalności badawczo-rozwojowej dla projektów z zakresu technologii wodorowych.

Jednym z kluczowych działań na poziomie krajowym służących realizacji „**Polskiej strategii wodorowej do roku 2030 z perspektywą do roku 2040**” jest stworzenie regulacji prawnych, które usuną bariery rozwoju rynku wodoru oraz zachęcą do stopniowego zwiększania wykorzystania OZE na potrzeby elektrolizy. Planuje się opracowanie legislacyjnego pakietu wodorowego, w ramach którego dokonana zostanie zmiana szeregu aktów prawnych. Projekt ustawy o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw stanowi część pakietu legislacyjnego zwanego potocznie „Konstytucją dla wodoru”.

Otoczenie strategiczne

Tabela 7. Dokumenty strategiczne związane z zastosowaniem wodoru w hutnictwie stali

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|---|---|
| Polityka Energetyczna Polski | Europejski Zielony Ład |
| Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększenia Odporności (KPO) | Nowa Strategia Przemysłowa dla Europy |
| Polityka Przemysłowa Polski | Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu |
| Polska strategia wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku | Czysta planeta dla wszystkich. Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki |
| Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju | Impuls dla gospodarki neutralnej dla klimatu: Strategia UE dotycząca integracji systemu energetycznego |
| Polski Ład | Plan REpowerEU |
| Sprawne i nowoczesne państwo 2030 | |
| Krajowe inteligentne specjalizacje | |

Kluczowe założenia:

- branża produkcji stali jest jedną z najbardziej energochłonnych w całej gospodarce – obniżanie energochłonności wytworu stali jest więc zawarte generalnie w szerokim temacie związanym z obniżaniem energochłonności tych branż i sektorów, które są najbardziej energochłonne i w których występują największe problemy z emisyjnością

i oddziaływaniem na środowisko;

- produkcja stali z wykorzystaniem wodoru w większości strategii wspomniana jest zdawkowo, obecna jest jako jeden z wielu wątków związanych z dekarbonizacją gospodarki;
- sektor produkcji stali wskazuje się jako jeden z tych, który będzie musiał ulec największej i najbardziej radykalnej przemianie;
- wdrażanie technologii CCS i CCU (wodór bezemisyjny i niskoemisyjny) jest kluczowe – szczególnie w fazie przejściowej – do zastosowania wodoru w kontekście bezemisyjnego hutnictwa stali;
- KE będzie wspierać przełomowe technologie mające na celu bezemisyjną produkcję stali;
- w ciągu najbliższych lat, obecnie znane technologie będzie trzeba wyprowadzić na skalę przemysłową, jak np. produkcję stali w oparciu o wodór, która aktualnie jest testowana w małej skali.

Analiza literatury naukowej

Z uwagi na wyczerpujące się zasoby paliw kopalnych oraz problemy klimatyczno-środowiskowe, a w tym wysoką emisyjność sektora produkcji stali, kluczowe jest rozwijanie niskoemisyjnych technologii produkcji stali. Technologie takie budzą także zainteresowanie naukowe, ze względu na możliwość osiągnięcia celu ograniczenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery poprzez wykorzystanie wodoru w charakterze czynnika redukującego. Według danych zawartych w bazie Scopus w latach 2011-2021 powstało w sumie 11440 artykułów z tej tematyki. Najmniej publikacji (866) powstało w 2012 roku, natomiast najwięcej (1268) w roku 2021 (68% wzrost między wymienionymi latami).

Największy potencjał do dekarbonizacji sektora hutnictwa stali z wykorzystaniem wodoru wykazują dwa sposoby podejścia technologicznego:

- Zastosowanie wodoru w wielkim piecu hutniczym (hydrogen into blast furnace, $H_2 > BF$).
- Wykorzystanie wodoru do bezpośredniej redukcji rudy żelaza (hydrogen based direct reduced iron, H-DRI) przed wprowadzeniem produktu do elektrycznych pieców łukowych (EAF).

Wykorzystanie tych technologii napotyka na liczne problemy, które są m.in. analizowane przez naukowców publikujących swoje wyniki. Problemy te dotyczą przede wszystkim opracowania odpowiednich materiałów konstrukcyjnych, rozwiązania trudności inżynierskich oraz poznania szczegółów chemicznych i fizykochemicznych zachodzących podczas wykorzystania tych technologii w procesach przemysłowych.

W zakresie dekarbonizacji przemysłu stalowego kluczowe jest wykorzystywanie wodoru niskoemisyjnego, czyli głównie „zielonego” – powstającego w wyniku rozkładu (np. elektrolizy) wody z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Wynika z tego, że poza opisanymi technologiami, ważne jest rozwijanie technologii elektrolizy (lub innych metod rozkładu wody, np. fotolizy) wody i rozbudowywania infrastruktury wodorowej koniecznej do tworzenia ekosystemu gospodarki opartej na tym pierwiastku.





Technologie dronowe

Najważniejsze tezy

- Analiza naukowa wyróżniła trzy technologie w obszarze trendu: zarządzanie ruchem i autonomizacja pracy, systemy dronowe jako element sieci 5G, cyberbezpieczeństwo systemów UAV.
- Eksperti Łukasiewicza ocenili technologie dronowe jako perspektywiczne dla polskiej gospodarki.
- Technologie dronowe wykazują szereg synergii z innymi technologiami, gałęziami i branżami gospodarczymi. Ich rozwój podyktowany jest poprzez nakłady i działania państwowe, ujęcie w strategiach krajowych i unijnych, silną presję rynku.
- Rozwój dronów podyktowany jest rozwojem wielu gałęzi gospodarki oraz systemów bezpieczeństwa. Na rozwój technologii dronowych oddziałują pozytywnie trendy technologiczne z zakresu komunikacji, sztucznej inteligencji (AI), Internetu Rzeczy (IoT) oraz potrzeby przemysłu.
- Obecny poziom i dalszy rozwój cywilnych technologii dronowych w Polsce w zakresie ilościowym i jakościowym, wpłynie bardzo pozytywnie na rozwiązanie problemów sektorów bezpieczeństwa wewnętrznego i zewnętrznego.

Trend uznaje się za utrwalony biorąc pod uwagę wzrost rynku produkcji pojazdów i maszyn dronowych (powietrznych i lądowych), głównie dla rynku konsumentów indywidualnych. Oprócz funkcji rekreacyjnych, drony wykonują zadania dla wojska, przemysłu i służb publicznych.

W związku z rozwojem technologii sprzętowych oraz informatycznych (zwłaszcza algorytmów AI), przewiduje się upowszechnienie się usług dronowych w obszarze transportu towarów w tzw. ostatniej mili oraz przewozu pasażerów, zwłaszcza w celach medycznych¹⁵.

Przewidywane zastosowania cywilnych technologii dronowych:

- drony lądowe (pełniące funkcje służb miejskich, na lotniskach, przy uprawach precyzyjnych);
- drony powietrzne („ambulansy” i transport materiałów medycznych, taksówki, kurierskie z małym udźwigniem, inspekcyjne, rolnicze).

Pogłębiona analiza

Technologie dronowe stanowią jeden z bardziej perspektywicznych sektorów gospodarki. Za rozwojem przemawia:

- zapisanie w Krajowym Planie Odbudowy (KPO) i uznanie ich za technologie strategiczne, w których Polska ma uzyskać przewagi technologiczne;
- duże nakłady finansowe zarówno krajowe jak i międzynarodowe (szczególnie bogaty pakiet unijnych programów i dotacji, a także obszarów wsparcia technicznego i prawnego);
- szereg synergii pomiędzy obszarami technologicznymi, który będzie napędzał z jednej strony popyt a z drugiej podaż technologii dronowych;
- synergia z obszarami o szczególnym potencjale rozwoju: inteligentnym rolnictwem i medycyną (ratownictwem), do których rozwoju niezbędne będzie rozwijanie wyspecjalizowanych technologii dronowych.

Obszar technologii dronowych, dzięki szerokiemu zastosowaniu obecnie i w przyszłości, charakteryzuje się niskim ryzykiem inwestycyjnym. Przyczyni się on do obniżenia kosztów produkcji rolniczej czy kosztów inwestycyjnych w budownictwie, a także wpłynie na wzrost jakości świadczonych usług w telemedycynie, transporcie czy metrologii. Oprócz tego rynek komercyjnego, społecznego, rozrywkowego wykorzystania dronów będzie rósł

dzięki wykorzystaniu osiągnięć z zakresu sztucznej inteligencji (AI) oraz internetu rzeczy (IoT). Technologie dronowe są niewątpliwie bardzo przyszłościowym obszarem, których rozwój można uznać za pewny, a synergiczność z pozostałymi, strategicznymi obszarami technologiami wzmacnia ich rolę i znaczenie w gospodarce przyszłości.

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

Tabela 8. Dokumenty prawne związane z technologiami dronowymi

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|--|--|
| Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 z dnia 4 lipca 2018 r. w sprawie wspólnych zasad w dziedzinie lotnictwa cywilnego i utworzenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego oraz zmieniające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady [...] | Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze |
| ROZPORZĄDZENIE WYKONAWCZE KOMISJI (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych | OBWIESZCZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY] z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. 2019 poz. 1497 |
| ROZPORZĄDZENIE DELEGOWANE KOMISJI (UE) 2019/945 z dnia 12 marca 2019 r. w sprawie bezzałogowych systemów powietrznych oraz operatorów bezzałogowych systemów powietrznych z państw trzecich | 12 wytycznych Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego |

Kluczowe założenia:

Prawo UE:

- wymogi dot. projektowania, produkcji, obsługi technicznej i eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (BSP), oraz ich silników, śmigieł, części, wyposażenia nieinstalowanego i wyposażenia do zdalnego sterowania statkami powietrznymi, a także dotyczące personelu, w tym pilotów bezzałogowych statków powietrznych, oraz organizacji uczestniczących zaangażowanych w działania z ich użyciem;
- ustanowiono trzy kategorie operacji BSP na podstawie kryterium dotyczącego poziomu ryzyka: kategoria „otwartej”, „szczególnej” i „certyfikowanej” i kilka podkategorii,

odnoszących się do masy BSP i jego bezpiecznej odległości od obiektów architektonicznych i zgromadzeń osób postronnych;

- przepisy dot. prawa do latania dronem, konieczność uzyskania uprawnień;
- przepisy dot. obowiązków podmiotów gospodarczych wprowadzających drony na rynek.

Prawo krajowe:

- warunki i zasady wykonywania lotów oraz bezpieczeństwa eksploatacji BSP, odpowiedzialności operatorów, wymogi w zakresie ubezpieczenia OC;
- warunki, w których BSP może zostać zniszczony, unieruchomiony albo nad jego lotem może zostać przejęta kontrola oraz kto jest do tego uprawniony.

Otoczenie prawne w tym zakresie poddawane jest ciągłym modyfikacjom, uwzględniającym coraz większe zagęszczenie bezzałogowych statków powietrznych (BSP). Przepisy mają za zadanie pogodzić bezpieczeństwo lotnictwa cywilnego, zasady prywatności firm i osób oraz możliwość pozyskiwania tajnych informacji o obiektach przez państwo. Widoczna jest wyraźna tendencja do unifikacji przepisów w krajach wspólnotowych. Obecnie obowiązują jednolite przepisy dotyczące korzystania z bezzałogowych statków powietrznych dla wszystkich krajów UE. Istniejące przepisy określają możliwość korzystania z drona dla szerokiej grupy odbiorców.

W prawodawstwie Unii Europejskiej powstało szereg rozporządzeń szczegółowo określających zasady dotyczące eksploatacji systemów bezzałogowych statków powietrznych oraz zawierających przepisy dotyczące personelu, w tym pilotów bezzałogowych statków powietrznych oraz organizacji zaangażowanych w operacje wykonywane z ich użyciem.

Otoczenie strategiczne

Tabela 9. Dokumenty strategiczne związane z technologiami dronowymi

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|---|---|
| Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju transportu do 2030 roku | Flightpath 2050 Europe's Vision for Aviation |
| Polityka przemysłowa Polski | Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości |
| Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności | Strategia Dronowa 2.0 |
| Polski Ład | |
| Strategia Sprawne i Nowoczesne Państwo 2030 (SSiNP 2030) | |
| Krajowe Inteligentne Specjalizacje | |

Tabela 9. Dokumenty strategiczne związane z technologiami dronowymi

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|---|--|
| Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju transportu do 2030 roku | Flightpath 2050 Europe's Vision for Aviation |
| Strategia na rzecz odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.) | |

Kluczowe założenia:

- technologie dronowe – jeden ze strategicznych obszarów przemysłowych Polski, który w niedalekiej przyszłości ma stać się motorem polskiej gospodarki w szerszym ujęciu polityki lotniczo-kosmicznej;
- technologie dronowe wpisują się w szereg strategii sektorowych – zielony ład, rozwój transportu i mobilności, obronność, autonomizacja, lotnictwo, digitalizacja;
- technologie dronowe są przedmiotem subsydiowania z dotacji grantowych krajowych i zagranicznych w specjalnych programach przeznaczonych na rozwój przewag technologicznych;
- BSP rozwijane są w dwóch obszarach wsparcia: w obszarach technologicznych obronnych/zbrojeniowych jako kluczowy problem i innowacyjnych dla polskiego sektora obronnego oraz jako obszar gospodarki cywilnej;
- konieczność stworzenia warunków dla rozwoju bezpiecznych form komunikacji i transportu dla BSP w postaci infrastruktury dla ruchu bezzałogowego, zapewniającej automatyzację ruchu i decyzji oraz umożliwiającej loty autonomiczne;
- konieczność zapewnienia instytucjonalnych i prawnych podstaw rozwoju BSP;
- brak zintegrowanej strategii dla samego sektora dronów i dronizacji;
- pojawiające się w dokumentach strategicznych zapisy cechują się ogólnością; BSP łączone jest z sektorem mobilnym (transportem), gospodarczym oraz obronnym, przy czym brakuje synergii między nimi.

Analiza literatury naukowej

Liczne zalety bezzałogowych statków powietrznych², powodują wzrost liczby komercyjnych zastosowań w wielu dziedzinach gospodarki. Jednak specyfika sprzętu i funkcjonowania dronów (m.in. ograniczony budżet energii, wymagania komunikacyjne, operowanie w powietrzu w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu), spowodują istotny wzrost ilości i rangi zagrożeń, zwłaszcza w sytuacji dużej liczby UAV operujących w ograniczonej przestrzeni.

Analiza literatury naukowej poświęconej obszarowi technologii dronowych wykazała silny trend wzrostowy na przestrzeni ostatnich dziesięciu lat. Liczba artykułów opublikowanych w roku 2021, była trzykrotnie większa niż w 2011 r. Jednocześnie daje się zauważyć rosnące zainteresowanie naukowców pracą w trzech dziedzinach naukowych: inżynierii, informatyce oraz matematyce.

Obecnie świat naukowy skupia się na najbardziej newralgicznych obszarach

² zarówno wirnikowców jak i płatowców

technologicznych, tj. bezpieczeństwie fizycznym oraz cyfrowym systemów dronowych. W toku analizy jakościowej wyłoniono trzy kierunki rozwoju UAV oraz techniki i technologie wymieniane w nich jako kluczowe:

- Zarządzanie ruchem i autonomizacja pracy: algorytmy oparte na głębokim uczeniu maszynowym ze wzmocnieniem (DLR), wielocelowe algorytmy ewolucyjne (MOEA).
- Systemy dronowe jako element sieci 5G: bezpieczne interfejsy powietrzne i transmisja powietrzna, algorytmy oparte na głębokim uczeniu maszynowym ze wzmocnieniem (DLR).
- Cyberbezpieczeństwo systemów UAV.
- Techniki detekcji obiektów czasu rzeczywistego.
- Metody nawigacji wykorzystujące analizę obrazu lub video.
- Lekkie (oszczędne) algorytmy szyfrujące.
- Techniki zabezpieczenia warstwy fizycznej (np. NOMA, mmWave, technika wspólnej trajektorii i sterowania mocą).





Wzrost wykorzystania nanometariatów

Najważniejsze tezy

- Pomimo możliwości potencjalnego zastosowania w wielu sektorach, najbardziej obiecujący pod względem naukowym wydaje się obszar zdrowia (głównie nanomedycyna, zastosowania biomedyczne oraz terapie genowe).
- Nanotechnologie zaliczane są do tzw. nowatorskich/przetomowych technologii (ang. frontier technologies). Takie technologie mogą mieć olbrzymi, pozytywny wpływ na gospodarkę i społeczeństwa, rozwój technologii pokrewnych oraz osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju.
- W ramach strategii Industrial programu Horyzont Europa (2021–2027) wśród kluczowych technologii prorozwojowych (ang. Key Enabling Technologies, KETs) wymienione są m.in.: zaawansowane materiały (obejmujące nanomateriały oraz materiały wytwarzane z zastosowaniem nanotechnologii), mikroelektronika i nanoelektronika, a także nanotechnologie.
- Rozwój technologii nanomateriałowych stwarza warunki do synergii z innymi dziedzinami – m.in. z obszarem inteligentnego rolnictwa, FoodTech, inteligentnych sieci energetycznych i magazynowania, telemedycyny oraz technologii dronowych.
- Do czołowych firm związanych z rozwojem trendu nanotechnologicznego zaliczane są: BASF (Niemcy), Apeel Sciences (Stany Zjednoczone), Agilent (Stany Zjednoczone), Samsung Electronics (Republika Korei) i Intel Corporation (Stany Zjednoczone).
- Według długoterminowej prognozy wielkość globalnego rynku nanotechnologii została wyceniona na 1,76 mld USD w 2020 r. Przewiduje się, że do 2030 r. osiągnie 33,63 mld USD, rejestrując skumulowany roczny wskaźnik wzrostu (CAGR) na poziomie 36,4% w latach 2021–2030.
- Pozorny brak danych nt. bezpośredniego finansowania rozwoju sektora nanotechnologii w UE jest związany z finansowaniem innych sektorów, w których nanomateriały i nanotechnologie są wykorzystywane w charakterze pomocniczym/komplementarnym. Są to m.in.: przetwórstwo i technologie w przemyśle spożywczym, wytwarzanie i magazynowanie energii, produkcja paliw i materiałów budowlanych oraz technologie wojskowe.
- Rozwój większości technologii w ramach trendu (nanopowłoki, nanoroboty, nanocząsteczki) może prowadzić do dużych korzyści dla Sieci Badawczej Łukasiewicza. Według naukowców Łukasiewicza, którzy wzięli udział w badaniu, wyjątkiem są nanogeneratory tryboelektryczne, których korzyści z rozwoju dla Sieci ocenione zostały jako umiarkowane.

Pogłębiona analiza

Nanotechnologie to dziedzina nauk stosowanych, zajmująca się wytwarzaniem przedmiotów w skali mniejszej niż 1 mikrometr. Jest ona wykorzystywana do wytwarzania szerokiej gamy przydatnych produktów, takich jak farmaceutyki, tworzywa sztuczne i powłoki ochronne. Może być również używana do projektowania układów scalonych w sprzęcie komputerowym, wytwarzania nanocząstek transportujących czynniki chemiczne lub lecznicze, nanoczuJNIków, nanomateriałów (np. materiałów kompozytowych) i wielu innych. Nanotechnologie zaliczane są do tzw. nowatorskich technologii (ang. frontier technologies). Takie technologie te mogą mieć olbrzymi, pozytywny wpływ na gospodarkę i społeczeństwa, rozwój technologii pokrewnych oraz osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju.

W latach 1996–2018 opublikowano dużą liczbę artykułów naukowych oraz zgłoszeń patentowych bezpośrednio związanych z nanotechnologiami lub nanomateriałami:

- opublikowano 152 359 publikacji związanych z nanotechnologią, przy czym

najwięcej z nich pochodziło ze Stanów Zjednoczonych (46.076), Chin (22.691) i Niemiec (9.894). W czołówce znalazły się Chińska Akademia Nauk (4060/Chiny), Ministerstwo Edukacji Chin (2355/Chiny) oraz Centre National de la Recherche Scientifique (1970/Francja);

- zgłoszono 4293 patenty, przy czym głównymi narodowościami cesjonariuszy były Stany Zjednoczone (1075), Chiny (731) i Federacja Rosyjska (696). Trzech największych obecnych właścicieli to Aleksandr Aleksandrovich Krolevets (117/Federacja Rosyjska/osoba indywidualna), PPG Industries (76/Stany Zjednoczone) i Harvard College (66/Stany Zjednoczone).

Do czołowych firm związanych z rozwojem trendu nanotechnologicznego zaliczane są: BASF (Niemcy), Apeel Sciences (Stany Zjednoczone), Agilent (Stany Zjednoczone), Samsung Electronics (Republika Korei) i Intel Corporation (Stany Zjednoczone).

Rynek nanotechnologii w 2018 roku był szacowany na miliard USD. Nie jest to duża wartość w porównaniu z innymi nowatorskimi technologiami. Prognozy wzrostu rynków tych technologii w okresie od lat 2017–2018 do lat 2024–2025 były następujące: sztuczna inteligencja (AI) z 16,06 mld USD w 2017 r. do 191 mld USD w 2024 r., Big Data z 31,93 mld USD do 156,72 mld USD, blockchain od 708 mln USD do 60,7 mld USD, 5G od 608,3 mln USD do 277 mld USD, druk 3D z 9,9 mld USD do 44,39 mld USD, edycja genów od 3,7 mld USD do 9,7 mld USD oraz nanotechnologia od 1,06 mld USD do 2,23 mld USD.

Według długoterminowej prognozy wielkość globalnego rynku nanotechnologii została wyceniona na 1,76 mld USD w 2020 r. i przewiduje się, że do 2030 r. osiągnie 33,63 mld USD, rejestrując skumulowany roczny wskaźnik wzrostu (ang. compound annual growth rate, CAGR) na poziomie 36,4% w latach 2021–2030. Region Azji i Pacyfiku wykazywałby najwyższy CAGR wynoszący 40,0% w okresie prognozy.

W analizowanych raportach dane dotyczące skali finansowania omawianego obszaru są niepełne. W programie Horyzont Europa (2021–2027), w strategii Industrial (2021) wśród kluczowych technologii wspomagających/prorozwojowych (ang. Key Enabling Technologies, KETs) wymienione są m.in.: zaawansowane materiały (obejmujące nanomateriały oraz materiały wytwarzane z zastosowaniem nanotechnologii), mikro- i nanoelektronika, a także nanotechnologie (odrębnie, bez wskazywania związku z zaawansowanymi materiałami). Dostępne są również pewne dane dotyczące finansowania tego sektora w Korei Południowej – w 2021 r. Ministerstwo Nauki i ICT tego kraju zainwestowało 287,9 mld wonów południowokoreańskich (KRW, 263 mln USD) w badania i rozwój nad nowymi materiałami i nanotechnologiami.

Pozorny brak danych wynika z tego, że większość środków finansowych nie jest kierowana bezpośrednio w rozwój nanotechnologii i nanomateriałów, lecz w sektory, które korzystają z nich w charakterze pomocniczym. Należą do nich w szczególności:

- a) zaawansowane materiały, ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowań militarnych, w tym:
 - zaawansowane pozyskiwanie i przetwarzanie danych;
 - pojazdy autonomiczne;
 - biotechnologie i udoskonalanie możliwości ludzkiego organizmu;
 - implikacje wojskowe nowoczesnych metod wytwarzania nowatorskich materiałów,
- b) medycyna,
- c) przetwórstwo i technologie w przemyśle spożywczym,
- d) wytwarzanie i magazynowanie energii,
- e) produkcja paliw i materiałów budowlanych.

Pośród szczegółowych zagadnień związanych z zastosowaniem nanotechnologii i nanomateriałów wymienić można m.in.:

- wytwarzanie i zastosowanie materiałów 2-D (np. grafenu);
- wytwarzanie i zastosowanie nanoczuJNIKÓW;

- wytwarzanie materiałów korzystających z efektów występujących dopiero w nanoskali oraz efektów kwantowych;
- wytwarzanie nanocząstek do transportu substancji czynnych w ściśle określone miejsce w układzie;
- zastosowanie matryc wykorzystujących efekty nanoskali w biosyntezie (np. w przypadku otrzymywania szczepionek);
- zastosowanie nanoelektroniki do udoskonalonych metod obliczeniowych, w tym stosowanych w algorytmach sztucznej inteligencji.

Liczba obszarów i sposobów zastosowania stwarza możliwości synergii z innymi dziedzinami, takimi jak inteligentne rolnictwo, FoodTech, inteligentne sieci energetyczne (szczególnie w zakresie możliwości rozproszonego wytwarzania oraz magazynowania energii), technologie dronowe oraz telemedycyna (opracowanie zindywidualizowanych metod terapii z zastosowaniem nanocząstek poprzez zaawansowane przetwarzanie danych zebranych m.in. przy użyciu nanoczuJNIków).

Na podstawie przeanalizowanych publikacji wytypowano pięć obszarów technologicznych i określono perspektywiczne możliwości ich zastosowania:

- nanocząsteczki nieorganiczne: Nanocząsteczki srebra [AgNP], selenu [SeNP], złota [AuNP] oraz palladu [PdNP] (specyficzne właściwości materiałowe m.in. antygrzybicze, antybakteryjne, antyseptyczne, przeciwnowotworowe, antyoksydacyjne, przeciwzapalne i przeciwcukrzycowe):
 - nanomedycyna (m.in. środki przeciwdrobnoustrojowe i przeciwnowotworowe, powłoki urządzeń biomedycznych, nośniki leków, sondy obrazujące oraz platformy diagnostyczne i optoelektroniczne), zabiegi terapeutyczne/terapię genowe (działanie przeciwnowotworowe, antyoksydacyjne, przeciwzapalne i przeciwcukrzycowe),
- sektor biomedyczny:
 - mikroroboty i nanoroboty (m.in. dostęp do skomplikowanych i wąskich obszarów w ciele człowieka m.in. naczyń mózgowych czy dróg żółciowych),
 - inżynieria biomedyczna: m.in. diagnostyka, wykrywanie, mikrochirurgia, ukierunkowane dostarczanie leków oraz ablacja (usuwanie) zakrzepów,
 - diagnostyka in vivo (wewnątrz żywego organizmu), gdzie wykorzystywane są do obrazowania klinicznego,
- nanopestycydy (zwiększona odporność na choroby, większa przenikalność, stabilność, rozpuszczalność w wodzie oraz absorpcję przez rośliny):
 - rolnictwo (ochrona roślin uprawnych, m.in. przed grzybami, owadami i chwastami, przy zmniejszonym do minimum niekorzystnym wpływie na środowisko naturalne; zwiększona odporność na choroby, a co za tym idzie poprawa wydajności plonów, ułatwienie precyzyjnego i ukierunkowanego dostarczania pestycydów),
- nanogeneratory tryboelektryczne (triboelectric nanogenerators, TENG) – (zamiana energii mechanicznej w elektryczną):
 - elektronika użytkowa (tworzenie m.in. tekstylnych czujników ciśnienia, galanterii elektronicznej (wearables), służących do pozyskiwania energii biomechanicznej z ruchów człowieka (chodzenie, bieganie, mruganie oczami jako źródło sygnałów elektrycznych itp.),
- Nanopowłoki superhydrofobowe (właściwości samooczyszczania, odporność na korozję, działanie antybakteryjne i antyporostowe):
 - przemysł tekstylny (samoczyszczące się materiały, materiały antybakteryjne),
 - sektor budowlany (szyby samoczyszczące, materiały superhydrofobowe, ściany fotokatalityczne),
 - energetyka (przezroczyste powłoki do paneli PV, produkcja baterii).

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

Tabela 10. Dokumenty prawne związane z nanomateriałami

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|---|---------------|
| Zalecenie Komisji z dnia 10 czerwca 2022 r. dotyczące definicji nanomateriału (2022/C 229/01) | Brak |
| Rozporządzenie REACH w sprawie rejestracji, ocena i udzielanie zezwoleń i ograniczeń w zakresie substancji chemicznych. <u>WE 1907/2006</u> | |
| Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady [...] | |
| Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 z dnia 22 maja 2012 r. w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych | |
| Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych | |
| Sprawozdanie komisji dla Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie stosowania nanomateriałów w produktach kosmetycznych oraz przeglądu rozporządzenia (WE) nr 1223/2009 dotyczącego produktów kosmetycznych w odniesieniu do nanomateriałów | |

Kluczowe założenia:

Prawo UE:

- nowa definicja nanomateriałów;
- przepisy dot. nanomateriałów w ustawodawstwie sektorowym dot.: żywności, produktów biobójczych, kosmetyków, produktów leczniczych, ochrony pracowników;
- obowiązek dokonania rejestracji nanomateriałów, w tym informacji na temat obróbki powierzchniowej, w Europejskiej Agencji Chemikaliów w Helsinkach substancji produkowanych lub importowanych spoza Europejskiego Obszaru Gospodarczego (EOG) w ilości powyżej 1 tony rocznie;
- przepisy dot. odpowiedzialności producentów i importerów nanomateriałów za ocenę ryzyka i zagrożeń.

Prawo dotyczące nanotechnologii nie stanowi, jak dotąd, oddzielnego działu prawa o całościowym charakterze.

W prawodawstwie Unii Europejskiej szczegółowe unormowania nanotechnologii istnieją w zakresie prawodawstwa sektorowego i dotyczą:

- żywności;

- produktów biobójczych (BPR);
- kosmetyków;
- produktów leczniczych;
- ochrony pracowników.

Na poziomie krajowym nie zidentyfikowano odrębnych regulacji prawnych dotyczących nanomateriałów.

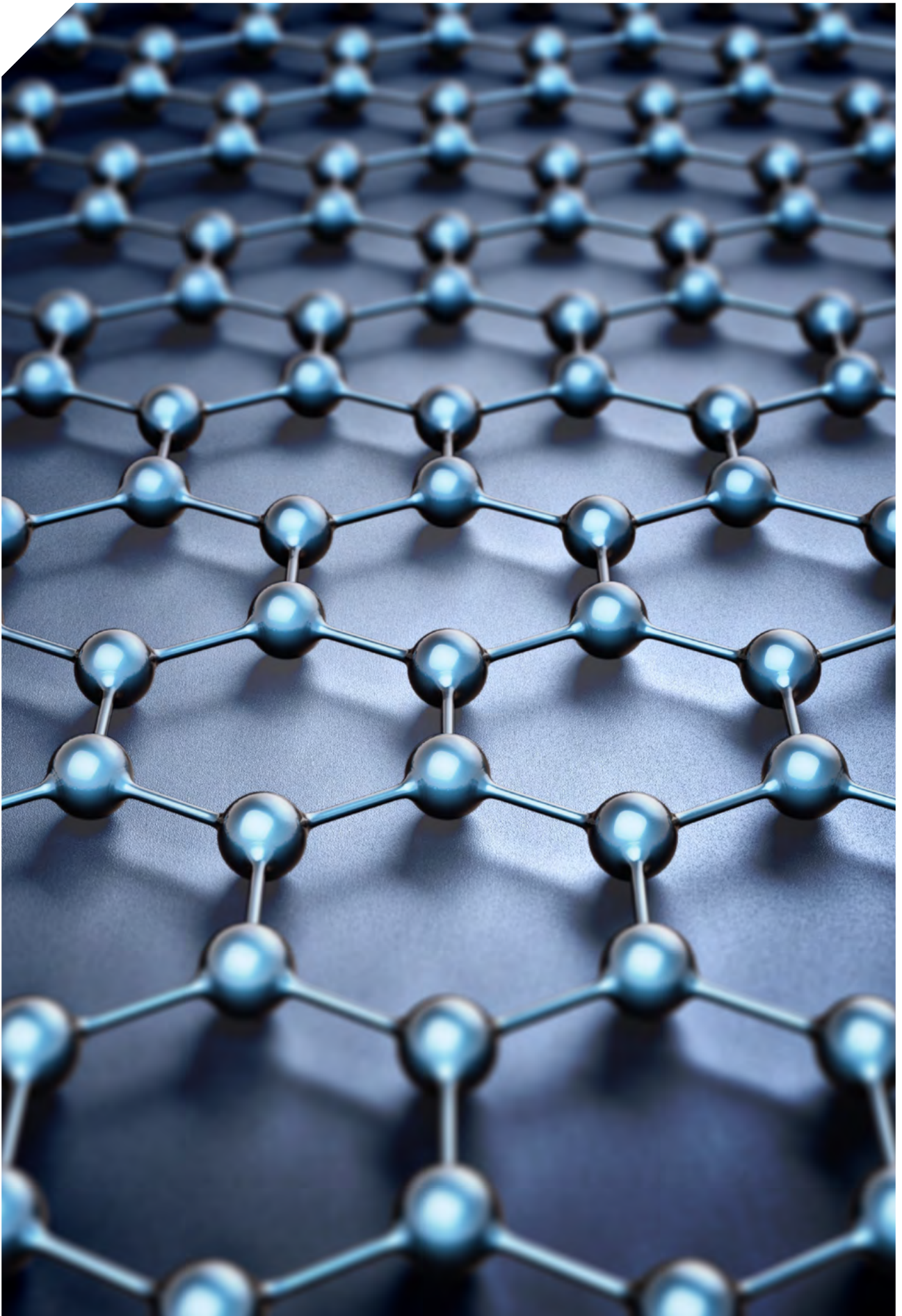
Otoczenie strategiczne

Na poziomie krajowym i europejskim nie zidentyfikowano dokumentów strategicznych odnoszących się do nanomateriałów.

Analiza literatury naukowej

Opracowanie zostało przygotowane na podstawie publikacji indeksowanych w bazie Scopus (łącznie 3 634, w okresie 2011 r. – 2021 r.). Od 2011 r. liczba publikacji naukowych poświęconych tematyce nanotechnologii przyjmuje trend wzrostowy.

Analiza wykazała, że temat nanotechnologii jest cały czas eksplorowany oraz rozwijany, czego dowodem są liczne publikacje naukowe. Nanotechnologia najczęściej wykorzystywana jest w inżynierii biomedycznej i medycynie, w celu ulepszenia diagnoz medycznych, leczenia i wykrywania chorób (szczególnie nowotworów) czy transportu leków. Znaczącym atutem produktów wykorzystujących nanotechnologię jest ich pozytywny wpływ na ochronę środowiska. Wiele technologii pozwala na otrzymywanie materiałów biodegradowalnych i/lub bioprzyswajalnych, a celem ich opracowywania jest zastąpienie szkodliwych i przestarzałych rozwiązań. Główną oś analizy stanowi omówienie potencjału wykorzystania najczęściej wymienianych w literaturze pierwiastków w kontekście tworzenia nanocząsteczek o określonych i dopasowanych do konkretnych potrzeb właściwościach (głównie nanomedycyna). Poruszana jest również kwestia nanorobotów (m.in. do wykorzystania w diagnostyce i szeroko pojętej bioinżynierii), innowacje w dziedzinie rolnictwa (nanopestycydy o zmniejszonym, w porównaniu z konwencjonalnymi pestycydami, negatywnym wpływem na środowisko naturalne), potencjał wykorzystania nanopowłok superhydrofobowych w różnych gałęziach przemysłu (m.in. przemysł tekstylny, budownictwo), a także produkcja energii za pomocą nanogeneratorów tryboelektrycznych.





Najważniejsze tezy

- Dbając o bioróżnorodność oraz wartości odżywcze żywności, Unia Europejska kładzie szczególny nacisk na opracowanie oraz wprowadzenie metod dalszego poprawiania jakości oraz efektywności produkcji.
- Kontekst strategiczny jest krytyczny: globalne ocieplenie zagraża stabilności dostaw żywności, a rozwijające się społeczeństwo ma rosnące potrzeby – pod kątem ilości i jakości żywności. Tendencje rozwojowe: ograniczanie energochłonności i emisyjności (np. folie chizotanowe).
- Wszystkie technologie mogą wywrzeć silny, pozytywny wpływ na polską gospodarkę. Zarazem według naukowców biorących udział w badaniu jest ona w wysokim stopniu gotowa do rozwoju wskazanych technologii (z wyjątkiem nanotechnologii żywności – tu gotowość oceniono w stopniu umiarkowanym).
- Rozwój ultradźwiękowego przetwórstwa żywności wyróżnia się wyjątkowo niskimi kosztami oraz stosunkowo najlepszym dostępem do materiałów i zasobów.
- Ocena umiarkowanego potencjału technologii z obszaru Food Tech dla Sieci Badawczej Łukasiewicz. Wysoki potencjał wykazuje jedynie nanotechnologia żywności [3,57], natomiast folie na bazie chitozanu i żywność przetwarzana ultradźwiękowo zostały ocenione w sposób umiarkowany [3,49 i 3,43].
- Ekspertki podkreśliły zdolności Łukasiewicza w opracowaniu i produkcji biomateriałów. Wyrażono opinię, że powinniśmy rozwijać technologie produkcji i przechowywania żywności.
- Podnoszenie wartości odżywczych przy jednoczesnym obniżaniu kosztów (np. ultradźwięki w przetwórstwie, nanotechnologie).
- Obszar jest zaniedbany finansowo, brak większych programów finansowania badań w Polsce i Europie.
- Sieć Badawcza Łukasiewicz powinna rozwijać technologie produkcji i przechowywania żywności.

Technologie takie jak Internet Rzeczy (IoT) i sztuczna inteligencja (AI) mają zastosowanie do produkcji zdrowszej żywności oraz bardziej zrównoważonej produkcji i konsumpcji żywności. Naukowcy zajmujący się żywnością tworzą designerskie białka, które zastępują szkodliwe składniki żywności, takie jak cukier przemysłowy, i opracowują na nowo batonik czekoladowy, aby stał się zdrową i pożywną przekąską. Ekosystemy Foodtech ewoluują wokół przedsiębiorców z branży rolno-spożywczej, zajmującej się nauką o żywności i dostarczającą żywność – którzy mają wspólne ambicje zrewolucjonizowania przemysłu spożywczego. Najnowszym osiągnięciem foodtechu jest produkcja mięsa komórkowego na bazie tkanki drukowanej 4D – jako alternatywa dla masowej hodowli zwierząt.

Celem technologii spożywczych jest poprawa zdrowia ludzkiego poprzez zastąpienie szkodliwych substancji chemicznych i składników w żywności lub leków, a tym samym zmniejszenie długoterminowych skutków ubocznych, które często prowadzą do raka lub innych chorób przewlekłych. Oczekiwane korzyści zdrowotne w profilaktyce chorób i zdrowsze życie mają wpływ na kalkulację ryzyka dla ubezpieczenia zdrowotnego²⁵.

Dbając o bioróżnorodność oraz wartości odżywcze żywności, Unia Europejska kładzie szczególny nacisk na opracowanie oraz wprowadzenie metod dalszego poprawiania jakości oraz efektywności produkcji. Poprzez zastosowanie np. aspektów bioinżynieryjnych w kwestii polepszenia jakości gleby lub nawozów, zwiększona zostanie wydajność oraz konkurencyjność europejskiego rynku artykułów spożywczych.

Pogłębiona analiza

Rozwój technologii żywności (**foodtech**) znajduje uzasadnienie w globalnie rosnącym zapotrzebowaniu na żywność i coraz trudniejszych warunkach jej wytwarzania. Rosnąca populacja i rosnące wymagania społeczeństwa zderzają się z malejącą powierzchnią rolną i zmianami klimatycznymi, których mitygacja wymusza poszukiwanie ekologicznych i przyjaznych środowisku metod produkcji. Oczekuje się, że żywność będzie zdrowa i dostępna także dla osób o niższych dochodach. Jednocześnie państwa i organizacje międzynarodowe rzadko w sposób bezpośredni deklarują przekazywanie środków na badania i rozwój obszaru.

Wśród głównych trendów technologicznych w obszarze **foodtech** zidentyfikowano:

- a) żywność nie-odzwierzęcą, m.in.:
 - mięso hydroponiczne (wytwarzane sztucznie, metodą in vitro),
 - syntetyczne przetwory mleczne,
 - proteinowe powietrze,
- a) ekologiczne opakowania, m.in.:
 - materiały oparte na grzybach,
 - jadalne opakowania,
 - materiały biologiczne ze ścieków,
- b) kontrolowany łańcuch dostaw, m.in.:
 - śledzenie produktów w łańcuchu dostaw (ang. traceability),
 - autonomiczne dostawy żywności,
- c) żywność personalizowaną, m.in.:
 - manipulacja smakiem,
 - modyfikacja DNA jedną z metod inżynierii genetycznej (CRISPR),
 - drukowanie żywności,
 - podręczne skanery żywności.

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że **Foodtech** jest odseparowany od pozostałych trendów wskazanych w raporcie. Nie hamuje on rozwoju żadnego z trendów, nie jest też dla żadnego komplementarny. Jeśli chodzi o jednostronne powiązania, rozwój nanotechnologii może pozytywnie przyczynić się do rozwoju materiałów biodegradowalnych i jadalnych, a technologie dronowe mogą okazać się podstawą przyszłych autonomicznych łańcuchów dostaw.

Analiza otoczenia regulacyjnego

Otoczenie prawne

Tabela 11. Dokumenty prawne związane z technologiami żywności

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|--|---|
| Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie [...] | Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia |
| Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470 z dnia 20 grudnia 2017 r. ustanawiające unijny wykaz nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 w sprawie nowej żywności | |

Tabela 11. Dokumenty prawne związane z technologiami żywności

| Prawo UE | Prawo krajowe |
|--|---------------|
| Rozporządzenie (WE) nr 1829/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy | |
| Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/904 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie zmniejszenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na środowisko | |
| Trzy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady dotyczące bezpieczeństwa żywności | |

Kluczowe założenia:

Prawo UE:

- przepisy dot. wprowadzania na rynek tzw. nowej żywności, w tym definicja nowej żywności;
- wymóg uzyskania zezwolenia Komisji Europejskiej (KE) dla wprowadzania nowej żywności na rynek Unii Europejskiej;
- KE ustanawia i aktualizuje unijny wykaz nowej żywności, w odniesieniu do której wydano zezwolenie na wprowadzenie na rynek w Unii;
- przepisy zabraniające użytkowania plastiku i wprowadzania do obrotu produktów jednorazowego użytku z tworzyw sztucznych.

Prawo krajowe:

- przepisy dot. bezpieczeństwa żywności na wszystkich etapach jej produkcji, przetwarzania i dystrybucji.

Branża foodtech należy do najbardziej innowacyjnych na świecie. Regulacje prawne dotyczące żywności mają na celu zapewnienie skutecznego funkcjonowania rynku wewnętrznego, przy jednoczesnym zagwarantowaniu wysokiego poziomu ochrony zdrowia ludzkiego i interesów konsumentów. Komisja Europejska ustanawia i aktualizuje unijny wykaz nowej żywności, w odniesieniu do której wydano zezwolenie na wprowadzenie na rynek w Unii. Jedynie nowa żywność, która uzyskała zezwolenie i jest wpisana do unijnego wykazu, może być wprowadzana na rynek w Unii jako taka lub stosowana w żywności lub na żywności zgodnie z warunkami stosowania i wymogami w zakresie etykietowania określonymi w tym wykazie.

Duże dyskusje wzbudza żywność modyfikowana genetycznie. Obecnie na terenie UE w obrocie może znajdować się wyłącznie genetycznie zmodyfikowana bawełna, kukurydza, rzepak, soja i buraki cukrowe oraz pyłek z kukurydzy MON 810 (międzynarodowego koncernu Bayer). Inne genetycznie zmodyfikowane produkty są w Unii niedozwolone.

Modyfikowane są przepisy prawa dotyczące opakowań, Unia Europejska rozpoczęła

bowiem walkę z rozpowszechnionym wszędzie plastikiem.

Zapewnienie bezpieczeństwa żywności na wszystkich etapach jej produkcji, przetwarzania i dystrybucji stanowi zasadniczy cel prawa żywnościowego, dotyczy to również wprowadzania tzw. nowej żywności. Przepisy dotyczące żywności są na tyle istotne, że w większości wprowadzane są na podstawie rozporządzeń, które zgodnie z art. 288 TFUE mają zasięg ogólny, wiążą w całości i są bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich, nie wymagają one implementacji do prawa krajowego.

Otoczenie strategiczne

Tabela 12. Dokumenty strategiczne związane z technologiami żywności

| Polskie dokumenty strategiczne | Europejskie dokumenty strategiczne |
|--|------------------------------------|
| STRATEGIA NA RZECZ ODPOWIEDZIALNEGO ROZWOJU | STRATEGIA „OD POLA DO STOŁU” |
| POLITYKA PRZEMYSŁOWA DLA POLSKI | FOOD 2030 |
| KRAJOWY PLAN ODBUDOWY I ZWIĘKSZANIA ODPORNOŚCI | |
| RAMOWY PLAN DZIAŁAŃ DLA ŻYWNOCI I ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO W POLSCE NA LATA 2021-2027 | |
| STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU WSI, ROLNICTWA I RYBACTWA 2030 | |
| KRAJOWE INTELIGENTNE SPECJALIZACJE | |

Kluczowe założenia:

- w Polsce większość firm rolno-spożywczych operuje na niskim poziomie technologicznym, a działania B+R są wciąż ograniczone;
- oczekiwania wobec Foodtech: mniejszy ślad środowiskowy, odporność na kryzysy, zdrowa i przystępna cenowo żywność, konkurencyjny rynek polski i europejski;
- rozbudowa potencjału badawczego w sektorze rolno-spożywczym: zainicjowanie współpracy między instytucjami, utworzenie specjalistycznych laboratoriów, wdrożenie programów badawczych, wzmocnienie współpracy nauka-przemysł;
- preferowane kierunki badań B+R dla Polski: postęp biologiczny (m.in. odmiany zawierające wysoką wartość biologiczną), technologie produkcji (m.in. biologizacja rolnictwa) i przetwórstwo (m.in. podwyższenie wartości użytkowych, nowe źródła białka, korzystny wpływ na zdrowie, przyjazność środowisku) w produkcji roślinnej i zwierzęcej;
- unijne dokumenty strategiczne wskazują na potrzebę: budowy i poprawy zarządzania systemami żywności (m.in. integracja sektorów związanych z żywnością), zwiększenia bezpieczeństwa i identyfikowalności żywności, prowadzenia badań nad alternatywnymi źródłami białka, prowadzenia badań nad mikrobiomem oraz inwestowania w gospodarkę żywnościową opartą na danych – m.in. większa kontrola nad produkcją oraz całym łańcuchem dostaw;
- dąży się również do m.in.: ograniczenia strat żywności i jej marnowania, zwiększenia ilości gruntów przeznaczanych na rolnictwo ekologiczne, zmniejszenia korzystania z pestycydów i nawozów oraz sprzedaży środków antydeobnowacyjnych, a także

przeciwdziałaniu fałszowaniu żywności w łańcuchu dostaw.

Analiza literatury naukowej

Analiza publikacji w obszarze technologii żywności uwidacznia znaczny wzrost popularności tego typu opracowań w ostatnich latach. Postęp naukowy stanowi tu wynik kolektywnej pracy naukowców z wielu dziedzin – technologie żywności łączą wysiłki dyscyplin takich jak nauki rolnicze, inżynieria, biochemia, medycyna czy informatyka. Problem wyżywienia stawia przed ludzkością szereg wyzwań związanych między innymi z ilością i jakością jedzenia, czy wpływem na środowisko naturalne, a gama rozwiązań wypracowywanych przez środowisko akademickie jest różnorodna. W niniejszym opracowaniu wskazujemy na trzy wyróżniające się innowacyjne obszary. Nanotechnologie są najobszerniejszym z nich. Rozwiązania projektowane w skali nanometrycznej pozwalają osiągnąć szereg korzyści: od zwiększenia trwałości żywności, przez modyfikowanie jej smaku i faktury, po środki ochronne w postaci jadalnych opakowań.

Szczególne uwagę poświęcamy także pochodnej chityny, nazywanej chitozanem. Dzięki właściwościom przeciwestrojowym sprawdza się w ochronie żywności i może przybrać formę zarówno tradycyjnego opakowania, jak i substancji bardziej elastycznej, na przykład powłoki. Dzięki tanim kosztom pozyskania jest to jeden ze sposobów na wyeliminowanie plastików z produkcji żywności.

Równie nietuzinkowym rozwiązaniem jest obróbka ultradźwiękowa. Badania pokazują, że między innymi w przypadku nabiału, może to być atrakcyjna metoda na uzyskanie pożądaných właściwości produktów, takich jak smak, faktura, czy obecność korzystnych dla zdrowia kultur mikroorganizmów, czyli probiotyków.

Powyższe rozwiązania wciąż znajdują się na wczesnym etapie rozwoju – ich użyteczność jest potwierdzona, ale nie są jeszcze gotowe do komercyjnego wykorzystania. Może to być szansa dla polskiej nauki i gospodarki, by usprawnić je i wykorzystać w rozwoju sektora rolno-spożywczego.



Synergie pomiędzy obszarami technologicznymi

Synergie międzytechnologiczne oparte są na analizie relacji pomiędzy trendami w aspekcie pozytywnych lub negatywnych relacji pomiędzy nimi. Synergie takie mogą być rozpatrywane w szeregu aspektów:

- celów (rozwiązywanie podobnego problemu, problemów częściowych);
- badań i rozwoju (zapotrzebowanie na zasoby intelektualne, infrastrukturę, przestrzeń);
- czasowej (następstwo, chronologia powstawania i rozwoju).

Powyższe aspekty zostały uwzględnione, ale możliwe były także inne aspekty, których nie wykorzystano ze względu na ograniczone zasoby przeznaczone na projekt:

- finansowe (zapotrzebowanie na kapitał inwestycyjny, dotacje, itp.);
- produkcyjne (zapotrzebowanie na siłę roboczą, energię i kluczowe surowce);
- społeczne (akceptacja technologii, wpływ jej upowszechnienia się na człowieka);
- środowiskowe (wpływ na środowisko naturalne).

Wyniki analizy synergii przedstawia Tabela 13.

Ponadto:

- Oceniono 42 relacje między siedmioma trendami (15 z nich ma charakter pozytywny, zaś 27 oceniono jako neutralny; nie stwierdzono występowania synergii negatywnej w żadnej z ocenianych relacji);
- Opisano szczegółowo każdą z pozytywnych relacji (przykłady, potencjał na przyszłość);
- Ustalono charakterystyki poszczególnych stref i reprezentantów.

Relacje pomiędzy technologiami w tym zakresie przedstawiono na wykresie 2. Interesująca koncepcja technologii altruistycznych, samodzielnych, egoistycznych i idealnych została zilustrowana na wykresie 10. Z takiego podejścia wynika, że rozwój w zakresie nanomateriałów i nanotechnologii są trendem altruistycznym, wspierającym technologie wchodzące w zakres licznych analizowanych trendów i jest to przesłanka do rekomendowania ich jako Programu Łukasiewicza. Analogicznie jest z inteligentnymi sieciami energetycznymi, które są trendem zlokalizowanym w pobliżu technologii idealnych. Zilustrowano to na wykresie 1.

- Analiza synergii wskazała nanomateriały i nanotechnologie jako technologię altruistyczną zaś Smart Grids i magazyny energii jako częściowo idealną. Z punktu widzenia synergii, można rekomendować je jako najbardziej obiecujące dla rozwoju pozostałych obszarów przyszłej polskiej gospodarki.
- Technologie samodzielne tj. Foodtech oraz Wodór w produkcji stali, mogą w przyszłości przynieść polskiej gospodarce oraz Łukasiewiczowi przewagę konkurencyjną, jeśli zostaną zasilone szeroko rozumianymi rezultatami postępu w obszarach nanomateriałów i nanotechnologii oraz Smart Grids i magazynów energii.
- Wspieranie rozwoju technologii dronowych, które wykazały największą zależność od pozostałych sześciu podanych analizie, jest uzasadnione z punktu widzenia przyszłości gospodarki, tym bardziej, im mniej rozwój telemedycyny oraz inteligentnego rolnictwa będzie zależny od własności intelektualnej należącej do podmiotów obcych.
- W badaniu synergii wykryto pary technologii komplementarnych, których rozwój jest ze sobą silniej powiązany. Łukasiewicz może wykorzystać tę wiedzę, wchodząc w nowe obszary technologiczne, powiązane z tymi w których ma już obecnie kompetencje.

Metodologia

Różne czynniki tj. trendy, zjawiska, a nawet technologie, najczęściej nie występują we wspólnej przestrzeni niezależnie od siebie, lecz pozostają w dwustronnej relacji,

wpływając na siebie wzajemnie³. Rodzaj tego współoddziaływania może mieć pozytywny lub negatywny wpływ na oba lub tylko któryś z tych czynników. Współdziałanie skutkujące uzyskaniem większego efektu wynikowego niż suma efektów niezależnych działań, nazywa się **synergią pozytywną**. W zależności od wielkości efektów synerгии pozytywnej, technologie można sklasyfikować jako:

- komplementarne (a więc ściśle ze sobą powiązane, uzupełniające się wzajemnie i tworzące efekt synerгии);
- wspomagające (technologie pełniące rolę wspierającą, dostarczające metod, technik i narzędzi, np. umożliwiających realizację zbliżonych celów);
- uzupełniające/usprawniające realizację procesów innej technologii/obszaru.
- W przypadku występowania synerгии negatywnej, jednoczesne występowanie obu czynników (zjawisk), zmniejsza efekty obu, choć najczęściej silniej jednego z nich. Warto zauważyć, że synerгии pozytywne i negatywne, nie muszą mieć symetrycznego charakteru, tzn. że możliwa jest na przykład relacja, w której obszar technologiczny „A” wpływa pozytywnie na obszar technologiczny „B”, podczas gdy ta druga ma niewielki lub żaden wpływ na „A”.
- Ogólna ocena, czy i jaki rodzaj synerгии występuje między danymi czynnikami, powinna być poprzedzona wieloaspektową analizą oddziaływań. W tym celu należy zbadać występowanie „synerгии obszarowych”, jak niżej:
- synerгии celów (rozwiązywanie podobnego problemu, problemów cząstkowych);
- synerгии badań i rozwoju (zapotrzebowanie na zasoby intelektualne, infrastrukturę, przestrzeń);
- synerгии chronologicznej (związki przyczynowo-skutkowe, etapy życia, powstawania i rozwoju);
- synerгии finansowej (rynkı produktowe, zapotrzebowanie na kapitał inwestycyjny, dotacje, itp.);
- synerгии produkcyjnej (zapotrzebowanie na: siłę roboczą, energię i kluczowe surowce);
- synerгии społecznej (akceptacja technologii, wpływ jej upowszechnienia się na człowieka);
- synerгии środowiskowej (wywieranie wpływu na otoczenie i środowisko naturalne).
- Rzecz jasna, waga ww. „synerгии obszarowych” w ocenie ogólnej synerгии, zmienia się w zależności od charakteru (specyfiki) rozważanych czynników. Cechą typową dla tego obszaru oceny oddziaływań jest trudność związana z koniecznością uchwycenia złożoności zachowań ocenianych technologii w danym obszarze, którą komplikują m.in. wpływy krzyżowe między „synergiami obszarowymi”.
- Grupa siedmiu trendów została wyłoniona w procesie walidacji, który zawierał ocenę zgodności celu każdego z nich, z celami poszczególnych megatrendów. Warto jednak pamiętać, że zgodność dwóch porównywanych trendów z tym samym megatrendem, nie przesądza jeszcze o występowaniu między nimi synerгии pozytywnej w sensie ogólnym. Problemy oceny synerгии ogólnej w niniejszym badaniu uległy uproszczeniu. Wynika to ze specyficzności samego foresightu oraz faktu, iż niektóre technologie występujące w analizowanych obszarach technologicznych, są na wczesnym etapie rozwoju, nie skomercjalizowane ani upowszechnione na masową skalę. W konsekwencji ocena synerгии finansowej czy produkcyjnej jest bardzo trudna, a jej wyniki obarczone dużą niepewnością.

3 np. w przestrzeni naukowej, produkcyjnej, rynkowej

- W związku z powyższym przyjęto następujące założenia:
- Skupienie się na analizie wybranych trzech obszarów synergii, tj. celów, badań i rozwoju (naukowej) oraz chronologicznej. Wypadkowa ocena z tych trzech obszarów przesądza o ocenie ogólnej;
- Ocena ogólna między danymi trendami wykonywana jest dwukierunkowo;
- Możliwe wartości oceny pochodzą ze zbioru (pozytywna; neutralna; negatywna);
- Wypracowanie oceny synergii ogólnej na bazie ocen „synergii obszarowych”, w toku dialogu zespołu. W przypadku braku jednomyślności zespołu lub rozbieżnych ocen synergii obszarowych (np. ocena między „neutralna” a „pozytywna”, ocena ogólna przyjmuje wartość „neutralną”).

Wyniki analizy

Oceniono 42 relacje między siedmioma trendami. Wśród nich 15 relacji ma charakter pozytywny, zaś 27 oceniono jako neutralne. Nie stwierdzono występowania synergii negatywnej w żadnej z ocenianych relacji.

Oceny oddziaływań dokonane w toku eksperckich prac warsztatowych, przedstawiono zbiorczo w tabeli 13.

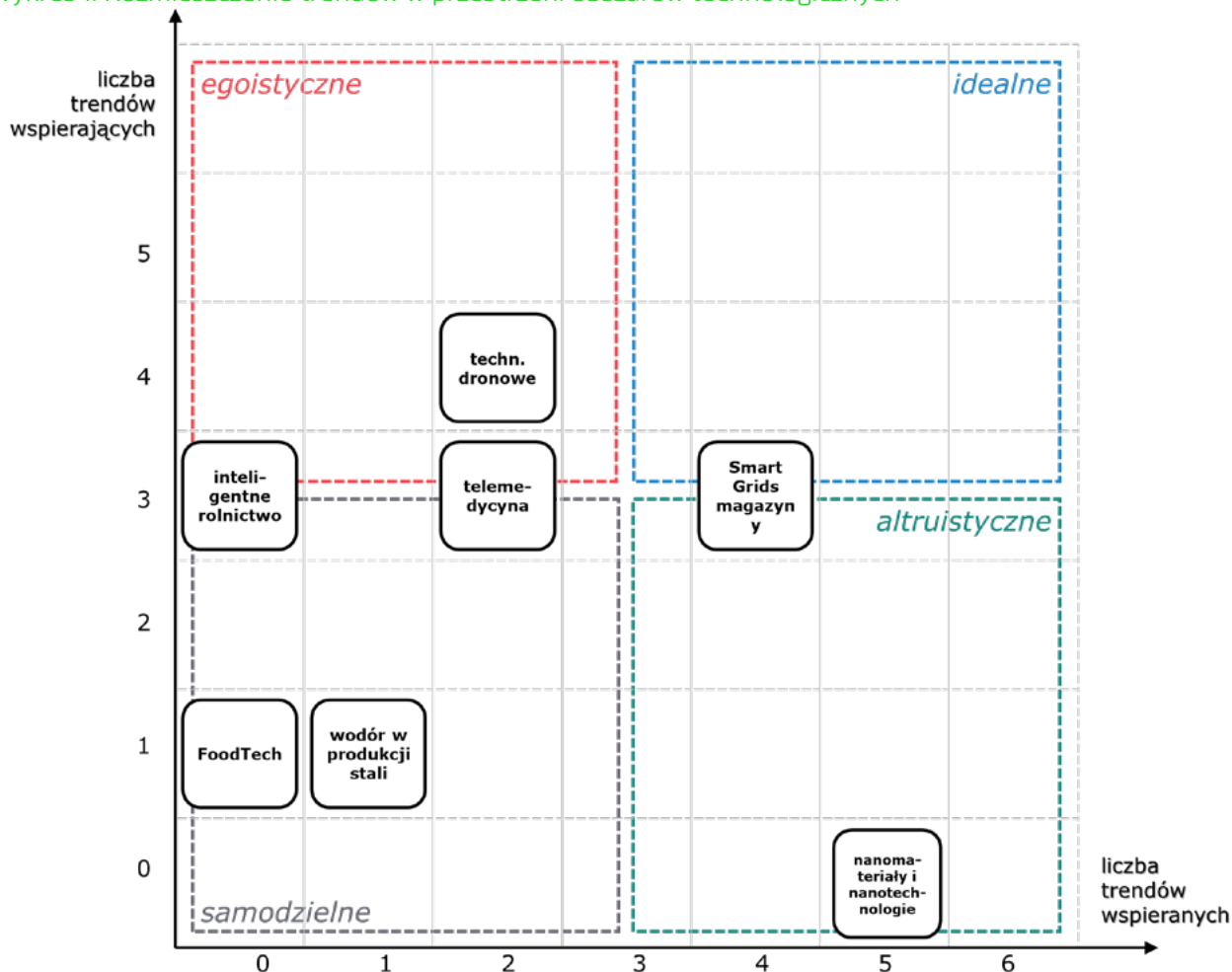
Tabela 13. Oceny oddziaływań

| | Smart Grids i mag. energii | Tele-medicyna | Inteligentne rolnictwo | Wodór w produkcji stali | Technologie dronowe | Nanomateriały i nano-technologie | Foodtech | Trend wmacnia X trendów |
|---|----------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------|-------------------------|
| Inteligentne sieci energetyczne (smart grids) i zaawansowane technologicznie magazyny energii | | pozytywna [1] | pozytywna [2] | pozytywna [3] | pozytywna [4] | neutralna | neutralna | 4 |
| Telemedycyna | pozytywna [5] | | neutralna | neutralna | pozytywna [6] | neutralna | neutralna | 2 |
| Inteligentne rolnictwo | neutralna | neutralna | | neutralna | pozytywna [7] | neutralna | neutralna | 1 |
| Wodór w produkcji stali | pozytywna [8] | neutralna | neutralna | | neutralna | neutralna | neutralna | 1 |
| Technologie dronowe | neutralna | pozytywna [9] | pozytywna [10] | neutralna | | neutralna | neutralna | 2 |
| Nanomateriały i nano-technologie | pozytywna [11] | pozytywna [12] | pozytywna [13] | neutralna | pozytywna [14] | | pozytywna [15] | 5 |
| Foodtech | neutralna | neutralna | neutralna | neutralna | neutralna | neutralna | | 0 |
| Trend jest wmacniany przez Y trendów | 3 | 3 | 3 | 1 | 4 | 0 | 1 | |

Ostatnia kolumna/**wiersz** tabeli podają sumy ocen pozytywnych informujące odpowiednio: o liczbie „X” trendów, które trend wymieniony w wierszu wmacnia/**liczbie „Y” trendów, które wmacniają trend wymieniony w nagłówku kolumny**⁴. Na podstawie wartości zmiennych „X” oraz „Y”, analizowane trendy rozmieszczono w przestrzeni podzielonej na 4 przykład: Telemedycyna wmacnia dwa, a jest wmacniana przez trzy trendy.

cztery komplementarne strefy. Granice tych stref mają charakter nieostry, co oznacza że trendy na styku stref przejawiają cechy charakterystyczne dla ich obu.

Wykres 1. Rozmieszczenie trendów w przestrzeni obszarów technologicznych



Występowanie synergii pozytywnej między jakimiś trendami może oznaczać, że ich dalszy rozwój w przyszłości będzie bardziej prawdopodobny. Jednak z uwagi na ograniczoną liczbę zbadanych relacji, przyporządkowanie każdego z trendów do którejś kategorii, ma charakter przybliżony⁵. Dokładność kategoryzacji ulega poprawie wraz ze zwiększaniem liczby analizowanych technologii, jednak powoduje to znaczący wzrost ilości relacji do przeanalizowania⁶.

Charakterystyka poszczególnych stref:

- „idealne” – technologie oddziałują na co najmniej 3 inne obszary technologiczne, lecz jednocześnie otrzymują wsparcie swego rozwoju od zbliżonej liczby innych technologii. Przez te współzależności i liczne powiązania z otoczeniem, mogą szybciej dochodzić do fazy dojrzałości, a także mieć większe szanse na realizację komercyjną.

Obszar technologiczny występujący w tej strefie: częściowo Smart Grids i magazyny energii.

- „altruistyczne” – wpływają pozytywnie na więcej technologii niż same otrzymują wsparcia, przez co można traktować je jako wspomagające. Tym samym ich

⁵ oceniono 42 relacje jedynie pomiędzy 7 wyłonionymi technologiami

⁶ np. dla 20 technologii liczba relacji do analizy wynosi 380

rozwijanie przyczynia się również do szybszego postępu w wielu innych dziedzinach nauki i techniki.

Obszary technologiczne występujące w tej strefie: „Nanomateriały i nanotechnologie” oraz częściowo „Smart Grids i magazyny energii”.

- „egoistyczne” – rozwój takich technologii napędza postęp technologiczny w innych, lecz odbywa się to poprzez generowanie zapotrzebowania na innowacyjne lub po prostu tańsze rozwiązania swoich wyzwań.

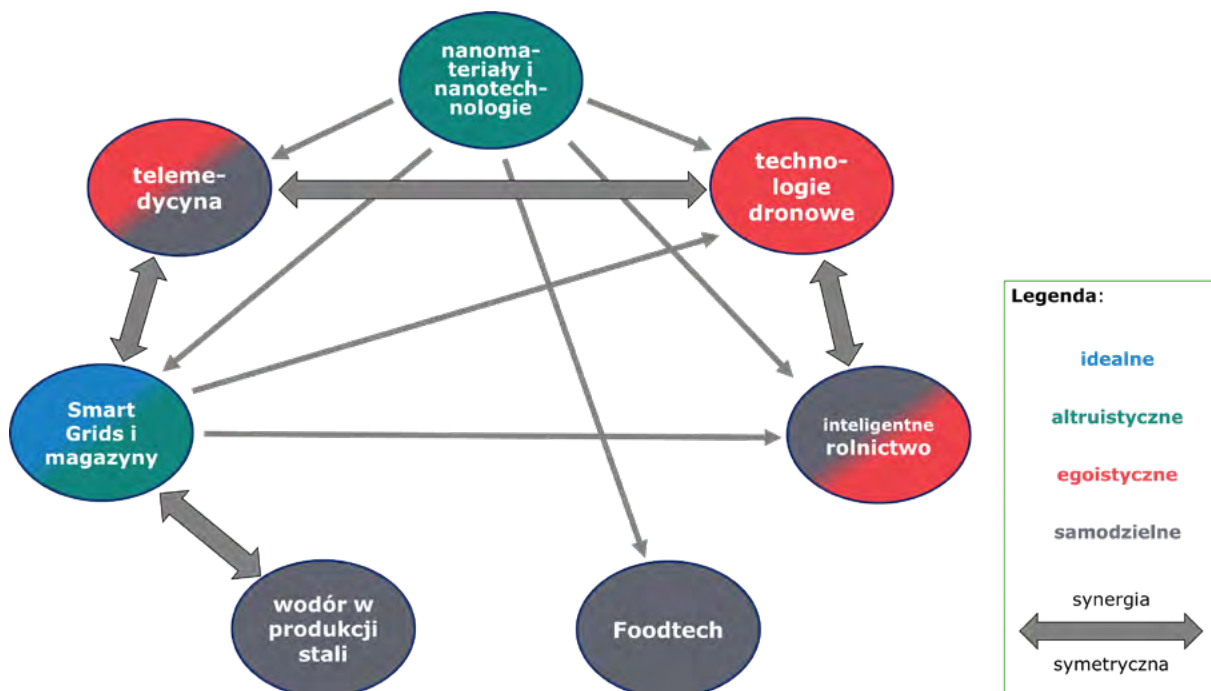
Obszary technologiczne występujące w tej strefie: Technologie dronowe oraz częściowo Telemedycyna i Inteligentne rolnictwo.

- „samodzielne” – nie wywierają dużego wpływu na inne ani nie podlegają takiemu. Takie technologie rozwijają się prawie niezależnie od postępu innych, a tempo ich rozwoju jest bardziej zależne od innych bodźców zewnętrznych, np. od sygnałów rynkowych (biznesowych) lub społecznych.

Obszary technologiczne występujące w tej strefie: Foodtech oraz Wodór w produkcji stali, a także częściowo Telemedycyna i Inteligentne rolnictwo.

Na poniższym wykresie przedstawiono wzajemne wpływy poszczególnych trendów, wynikające z ocen synergii zawartych w tabeli 13.

Wykres 2. Kierunki oddziaływań między analizowanymi trendami



Wśród analizowanych siedmiu trendów występują cztery przypadki synergii symetrycznej, które tworzą komplementarne pary trendów:

- telemedycyna & technologie dronowe;
- telemedycyna & Smart Grids i magazyny energii;
- Smart Grids i magazyny energii & wodór w produkcji stali;
- technologie dronowe & inteligentne rolnictwo.

Wnioski

Wyniki analizy synergii między trendami, mimo że nie pozwalają wprost na ich uszeregowanie w zależności od priorytetu dla polskiej gospodarki i Łukasiewicza, wspierają wypracowanie planów strategicznych poprzez wskazanie wzajemnych zależności między nimi. Pozwalają ponadto zidentyfikować te obszary technologiczne, których rozwój gwarantuje przyspieszenie postępu technologicznego innych sektorów gospodarki lub obszarów B+R. Informacje te powinny zostać uwzględnione przy planowaniu działań zmierzających do zapewnienia przewag rynkowych w przyszłości.

Wyniki badania potwierdziły przyjęte założenie o istotności wybranych technologii oraz konieczności ich spozycjonowania w planach strategicznych państwa i gospodarki. Uzyskane rezultaty pozwalają na wysunięcie wniosków szczegółowych.

W badaniu synergii wykryto komplementarne pary trendów, których rozwój jest ze sobą silniej powiązany niż w innych parach. Oznacza to, że wspieranie rozwoju (np. subsydiowanie) jakiejś wybranej technologii z pary, wywoła postęp technologiczny w drugiej. Instytuty Łukasiewicza mogą wykorzystać tę wiedzę, do zwiększania swojego potencjału innowacyjnego poprzez wejście w nowe obszary technologiczne, powiązane z tymi w których mają osiągnięcia obecnie.

Analiza wybranych siedmiu trendów pod kątem ich wzajemnych zależności, wskazała nanomateriały i nanotechnologie jako trend altruistyczny zaś Smart Grids i magazyny energii jako częściowo idealny. Z punktu widzenia synergii, można rekomendować je jako najbardziej obiecujące dla rozwoju pozostałych obszarów przyszłej polskiej gospodarki. W szczególności nanomateriały i nanotechnologie, w związku z potencjalnym wpływem produktów wyjściowych na wiele, pozornie niezwiązanych obszarów technologicznych, powinny uzyskać priorytet przy podejmowaniu decyzji na poziomie administracji rządowej. Wspieranie rozwoju technologii dronowych, które wykazały największą zależność od pozostałych sześciu podanych analizie, jest z punktu widzenia przyszłej gospodarki uzasadnione tym bardziej, im mniej rozwój w obszarach „telemedycyny” i „inteligentnego rolnictwa” będzie zależny od własności intelektualnej (IP) podmiotów obcych⁷. Uzyskanie pozycji lidera w technologiach dronowych stanie się bardziej prawdopodobne, jeżeli zostaną wykorzystane osiągnięcia technologii nanomateriałowych oraz magazynowania energii.

Trendy ocenione jako najbardziej samodzielne tj. foodtech oraz w odór w produkcji stali, mogą w przyszłości przynieść polskiej gospodarce oraz Łukasiewiczowi przewagę konkurencyjną, zwłaszcza jeśli zostaną zasilone szeroko rozumianymi rezultatami postępu w obszarze nanomateriałów i nanotechnologii oraz Smart Grids i magazynów energii.

Zdaniem autorów, niniejsze badanie sugeruje myślenie o postępie technologicznym w gospodarce krajowej, jako o systemie zależności i stanowi wartość poznawczą wskazując, że nie powinno się analizować (ani tym bardziej planować) rozwoju poszczególnych technologii w oderwaniu od siebie.

Analiza patentowa

Celem analizy było ustalenie czy trendy wytypowane w dotychczasowych pracach projektowych, znajdują odwzorowanie również w aktywności patentowej związanej z ochroną praw wynalazczych. Dla każdego z siedmiu trendów, analiza powinna dostarczyć odpowiedzi na następujące pytania: czy intensywność zgłaszania patentów w danym obszarze podlega zmianom, w jakich konkretnych domenach technologicznych i państwach jest ona największa, czy występują jakieś istotne różnice w obszarach zainteresowania wynalazców w Europie w porównaniu do ochrony własności intelektualnej w ujęciu globalnym.

Metodologia

Jako metodę uzyskania odpowiedzi wybrano analizę ilościowo-jakościową oraz porównawczą zbiorów patentów, będących efektem przeszukiwania i filtrowania baz patentowych.

Źródłem danych patentowych jest platforma dostępowa PatSnap[®], podłączona do 158 baz danych krajowych urzędów patentowych oraz organizacji EPO, WIPO, EAPO.

Dla każdego przeszukiwania baz patentowych przyjęto następujące zasady i kryteria:

- data złożenia wniosku lub uznania patentu w latach 2011-2020;
- słowa kluczowe wyszukiwane w tytułach, podsumowaniach, zastrzeżeniach i opisach patentowych;
- obszar geograficzny pochodzenia patentu to Europa (41 państw) oraz świat;
- jurysdykcje patentowe (biura patentowe) na całym świecie;
- stan prawny patentów: aktywny, nieaktywny, w toku;
- klasyfikacja patentowa IPC.

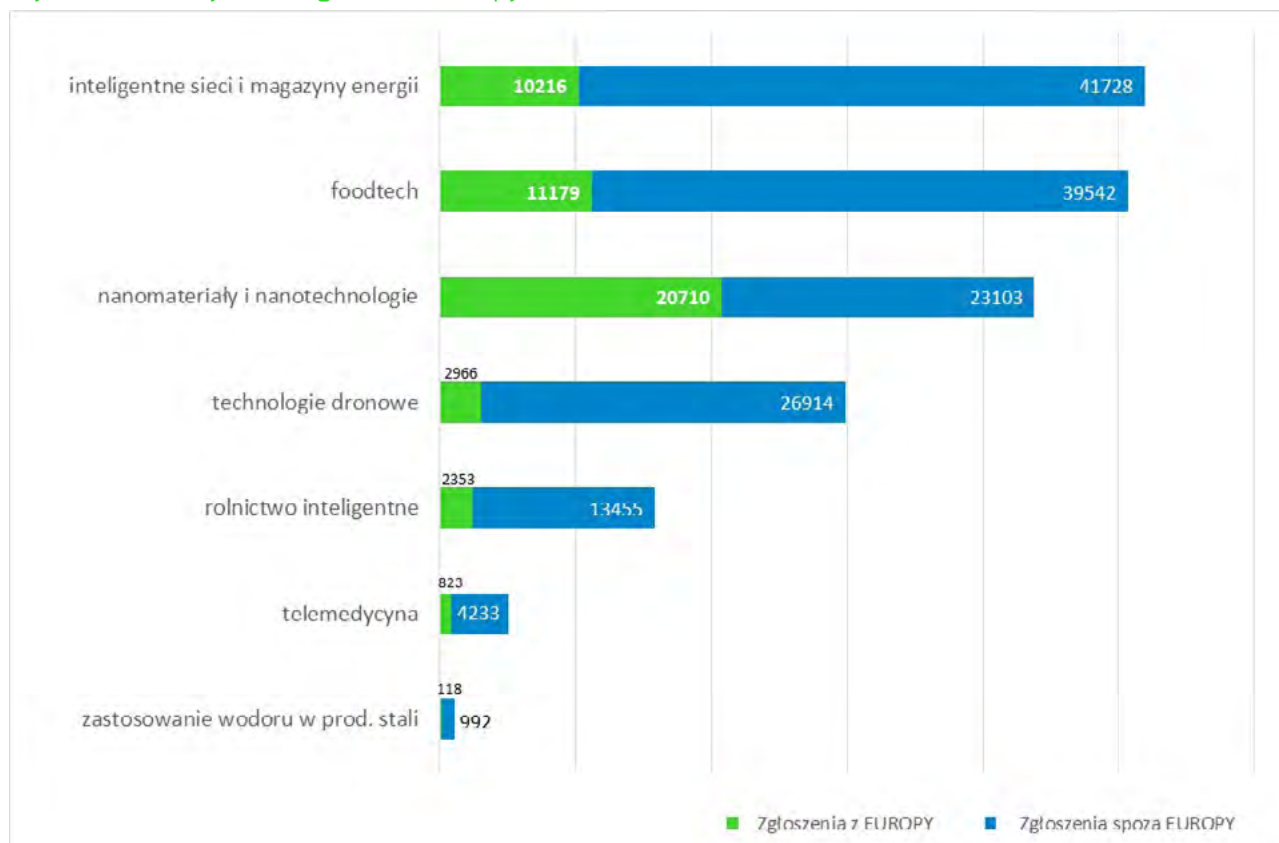
Niniejszy podrozdział zawiera wyniki analiz uzyskanych danych w celu:

- porównania ilości zgłoszeń patentowych z obszaru Europy i świata, w wartościach bezwzględnych i względnych;
- przedstawienia liczby i dynamiki zmian w ilości zgłoszeń europejskich;
- zestawienia TOP 10 jurysdykcji patentowych, do których państwa europejskie dokonują najwięcej zgłoszeń;
- porównania całkowitej i średniej wartości patentów w Europie i na świecie.

Intensywność zgłaszania patentów

W analizowanym okresie, największa aktywność wynalazcza w Europie jest wyraźnie widoczna w obszarze trendu nanomateriały i nanotechnologie, gdzie liczba zgłoszeń patentowych (20 710) sięga sumy zgłoszeń w pozostałych sześciu obszarach (27 655). Kolejne pod tym względem obszary to inteligentne sieci przesyłowe i foodtech gdzie liczba zgłoszeń jest podobna, około dwukrotnie mniejsza niż u lidera rankingu. W kolejnych trendach, czyli technologiach dronowych i rolnictwie inteligentnym, aktywność zgłaszających jest podobna i kilkukrotnie mniejsza niż np. w foodtech.

Wykres 3. Intensywność zgłoszeń z Europy i świata

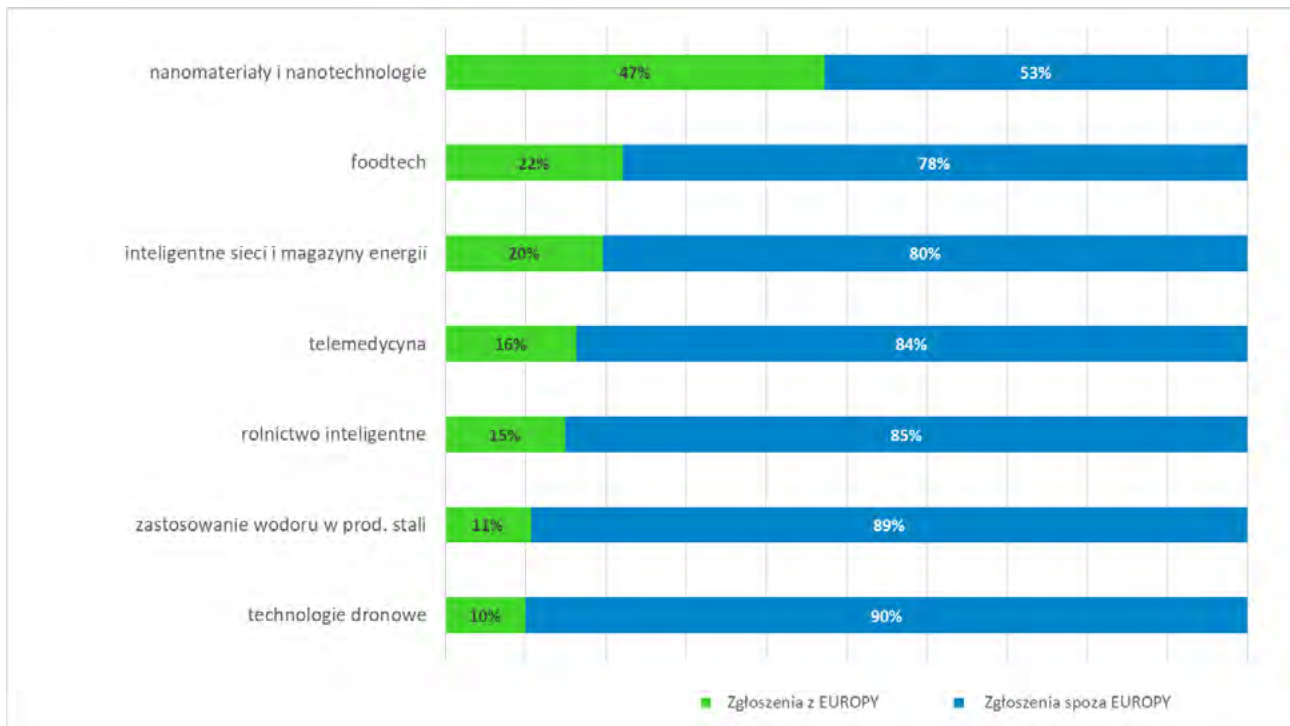


W ujęciu globalnym, ex aequo przodują trendy foodtech oraz inteligentne sieci przesyłowe, zaś nanomateriały i nanotechnologie są na miejscu trzecim.

Stosunkowo niewielki wolumen zgłoszeń „wodorowych” wynika nie tylko z faktu, iż ta domena zastosowania jest popularna dopiero od kilku lat, lecz również dlatego że pozostałe obszary stanowią zbiory wielu różnych technologii.

Wykres 4. pozwala zrozumieć specyficzność Europy, pod kątem udziału w globalnej liczbie zgłoszeń. Zgłoszenia patentowe w obszarze nanomateriałów i nanotechnologii stanowią prawie połowę wszystkich zgłoszeń na świecie, zaś udziały obszarów FoodTech i inteligentne sieci są podobne, na poziomie 1/5 liczby globalnej. Porównanie pozostałych wartości procentowych, prowadzi do wniosku, że w pozostałych czterech obszarach, udział Europy nie wykracza poza kilkanaście procent, a więc wartości których można się spodziewać.

Wykres 4. Względna intensywność zgłoszeń z Europy

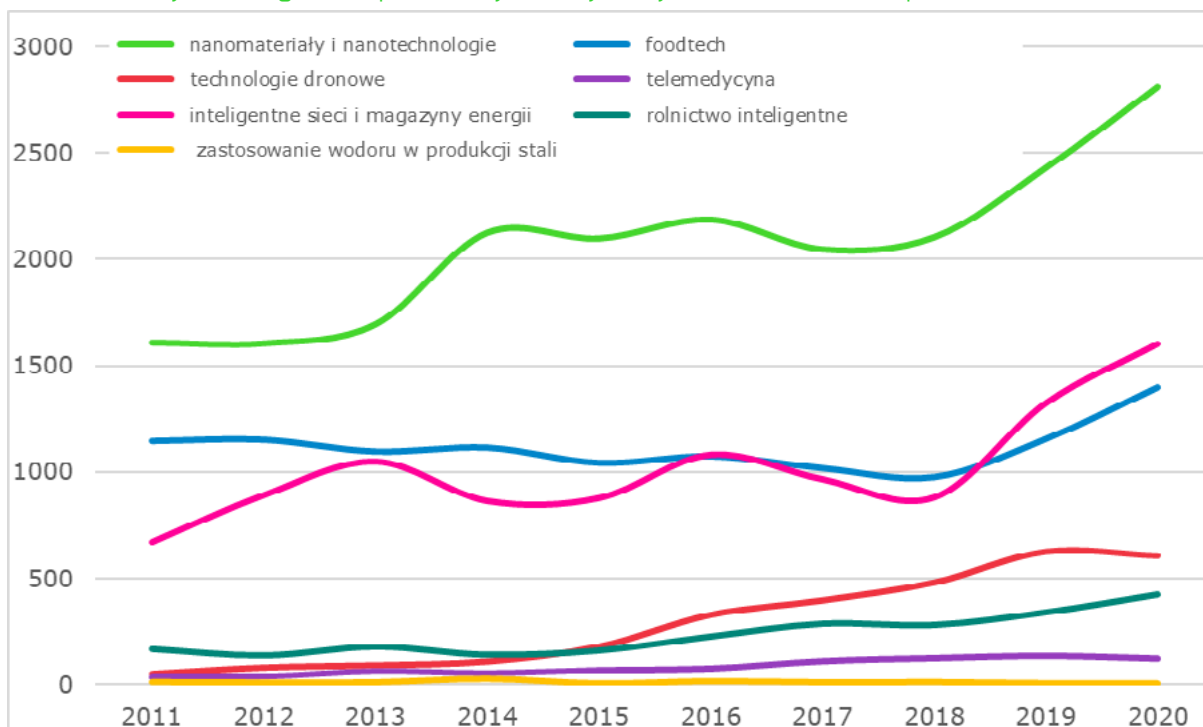


Jednoczesna analiza liczby i udziału zgłoszeń europejskich pokazanych na wykresach 3 i 4, pozwala stwierdzić, że aktywność patentowa podmiotów z Europy:

- w obszarze nanomateriały i nanotechnologie jest największa zarówno w wartości bezwzględnej jak i względnej liczby zgłoszeń,
- w obszarach foodtech oraz inteligentne sieci i magazyny energii są na tym samym poziomie,
- w obszarze zastosowanie wodoru w produkcji stali jest niewielka w aspekcie wartości bezwzględnej, lecz w aspekcie wartości względnej, jest na poziomie porównywalnym z od dawna rozwijanym obszarem technologii dronowych,
- w obszarze telemedycyny jest niewielka w aspekcie wartości bezwzględnej, lecz w aspekcie wartości względnej, jest na poziomie średnim, porównywalnym z obszarem rolnictwa inteligentnego.

Wykres 5 pokazuje kierunek i dynamikę zmian w corocznej liczbie zgłoszeń.

Wykres 5. Intensywność zgłoszeń patentowych w wybranych trendach w Europie



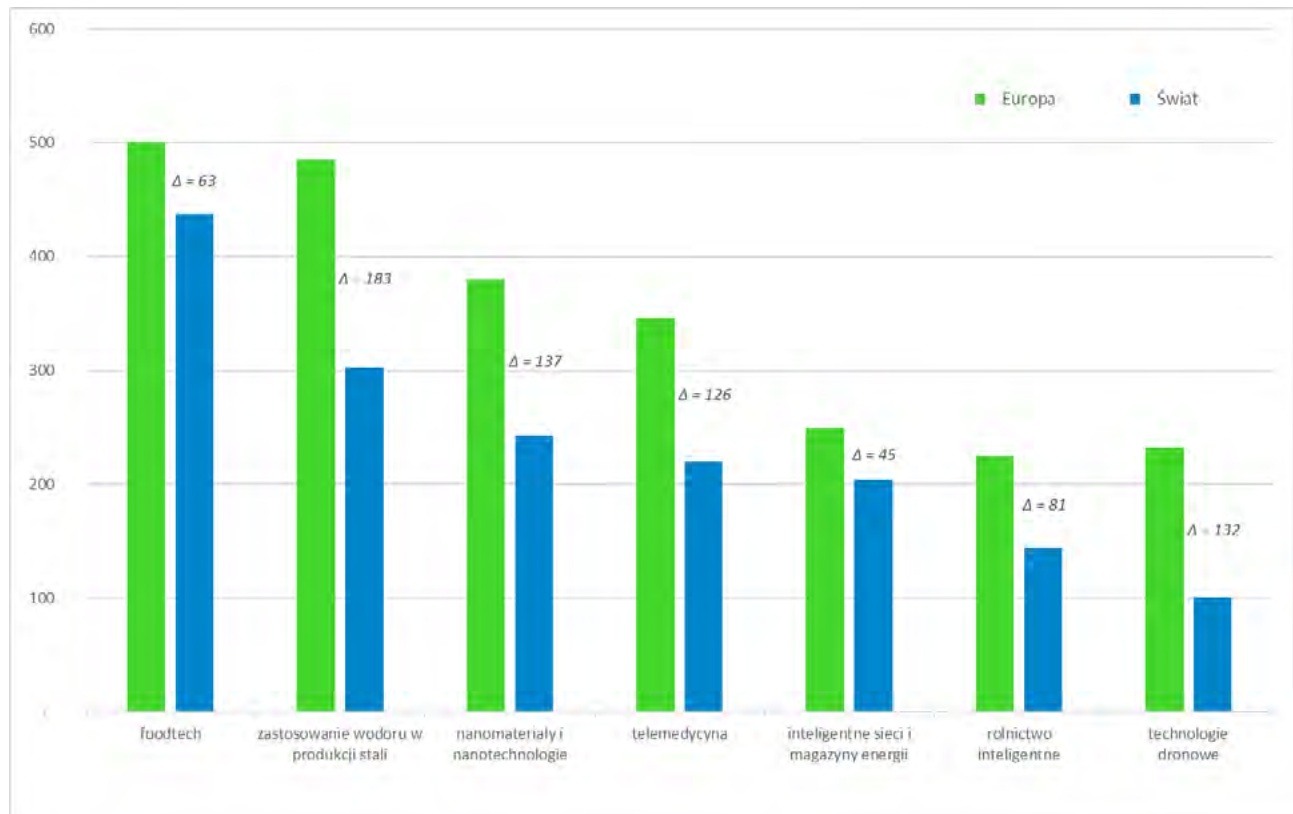
Wartość rynkowa patentów

Analizowane obszary patentowania różnią się również pod względem wartości rynkowej uzyskiwanych patentów na wynalazki. Jest to szacunkowa wycena zastosowanego oprogramowania analitycznego, dokonana na podstawie szeregu zmiennych ekonomicznych np. wartość rynkowa, siła marki podmiotów patentujących, wartość i trend komercjalizacji i stopnia utylizacji patentów. Ten sam mechanizm wyceny wartości jest zastosowany do wszystkich wyszukanych zbiorów patentów, dlatego uzyskane szacunki, choć obarczone pewnym błędem, można wykorzystać do oceny sytuacji w poszczególnych trendach.

Tabela 14. Wartość całkowita patentów w Europie i na świecie [mln USD]

| | Europa | Świat |
|---------------------------------------|--------|--------|
| nanomateriały i nanotechnologie | 4 575 | 9 116 |
| foodtech | 3 524 | 10 259 |
| zastosowanie wodoru w produkcji stali | 1 774 | 10 063 |
| telemedycyna | 590 | 2 720 |
| inteligentne sieci i magazyny energii | 383 | 1 813 |
| inteligentne rolnictwo | 210 | 886 |
| technologie dronowe | 53 | 237 |

Wykres 6. Średnia wartość patentu w Europie i na świecie [tys. USD]



Z analizy powyższego wykresu wynikają następujące wnioski:

- światowe patenty w dziedzinach FoodTech i zastosowanie wodoru w produkcji stali (po ok. 10 mld USD) oraz nanomateriały i nanotechnologie (ok. 9 mld USD) mają niezależnie od siebie największą wartość „rynkową”, znacznie wyższą niż w pozostałych czterech, pojedynczych dziedzinach;
- wartość rynku patentów „nanotechnologicznych” pochodzących z Europy (ok. 4,5 mld USD) jest wyraźnie większa od wartości w innych domenach technologicznych i stanowi aż połowę wartości globalnych patentów z obszaru nanotechnologii;
- europejskie patenty FoodTech są warte ponad 1/3 wartości rynku globalnego tych technologii, a średnia wartość jednego europejskiego patentu jest najwyższa także w ujęciu światowym;
- wartość światowego rynku technologii w obszarze zastosowania wodoru w produkcji stali (mimo bardzo niewielkiej liczby patentów) szacowana jest na poziomie 10 mld USD, czyli tyle co wartość patentów w obszarze FoodTech;
- różnice między całkowitymi wartościami patentów dla różnych regionów są znaczące, zarówno w ujęciu europejskim jak i światowym;
- najwyższą średnią wartość mają patenty w obszarach FoodTech, zastosowanie wodoru w produkcji stali oraz nanomateriały i nanotechnologie, zarówno te pochodzące z Europy jak i całego świata.

Obszary geograficzne – jurysdykcje patentowania

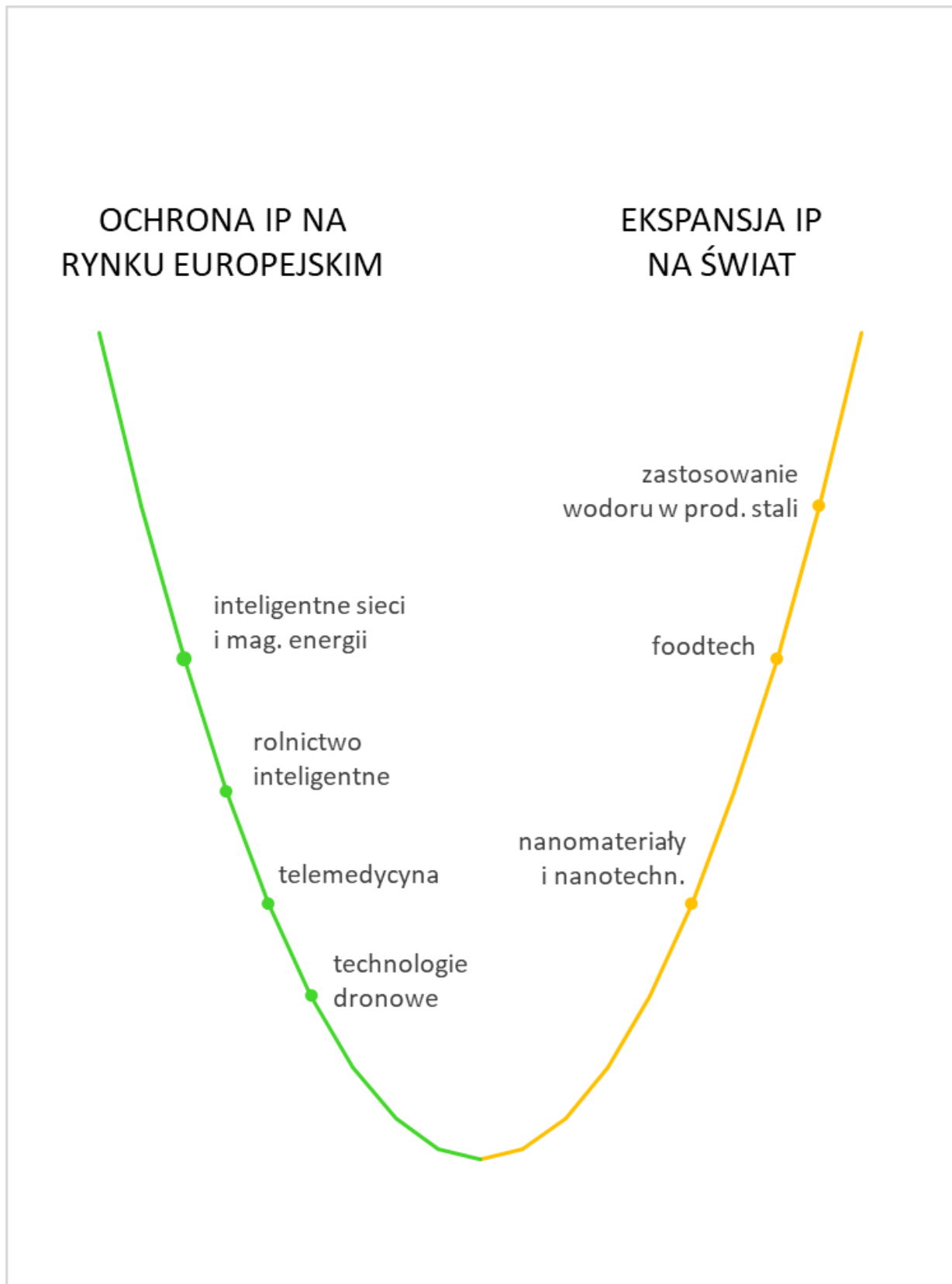
Tabela 15 zawiera zestawienie dziesięciu krajowych biur patentowych, do których najczęściej aplikują wynalazcy z Europy, w poszczególnych obszarach technologicznych. Można zauważyć, że dla niektórych dziedzin (np. Inteligentne rolnictwo) w tej dziesiątce znajdują się głównie jurysdykcje europejskie. Prawdopodobnym powodem jest zamysł uzyskania ochrony IP w związku z planami komercjalizacji wynalazków.

Tabela 15. Kierunki zainteresowania ochroną IP wynalazców z Europy

| TOP 10 kierunków (jurysdykcji patentowych) | | | | | | |
|--|---------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| inteligentne rolnictwo | technologie dronowe | tele-medycyna | inteligentne sieci i magazyny energii | nanomateriały i nanotechnologie | foodtech | zastosowanie wodoru w produkcji stali |
| EPO | Australia | EPO | Niemcy | EPO | EPO | EPO |
| USA | Brazylia | USA | EPO | USA | USA | Niemcy |
| Rosja | Turcja | Indie | USA | Kanada | Kanada | Kanada |
| Indie | Tajwan | Niemcy | Francja | Rosja | Brazylia | Rosja |
| Niemcy | Singapur | Francja | Hiszpania | Niemcy | Niemcy | Brazylia |
| Kanada | Dania | Rosja | Kanada | Australia | Meksyk | USA |
| Hiszpania | UK | Korea | Indie | Hiszpania | Rosja | Meksyk |
| Brazylia | Holandia | Kanada | Rosja | Hong Kong | Hiszpania | Indie |
| Francja | Japonia | Hiszpania | Brazylia | Tajwan | Australia | Korea |
| Turcja | Norwegia | Australia | Korea | Indie | Hong Kong | Tajwan |

W powyższym zestawieniu występują również dziedziny, w których najczęściej wybierane jurysdykcje patentowania należą do krajów pozaeuropejskich (np. zastosowanie wodoru w produkcji stali). Może to świadczyć o strategii zmierzającej do ochrony patentowej poza krajem pochodzenia wynalazku. Przybliżone zaklasyfikowanie do dwóch możliwych strategii ochrony, przedstawia wykres 7.

Wykres 7. Dwie strategie ochrony własności intelektualnej wytworzonej w Europie



Warto odnotować, że dziedziny w których można mówić o tendencji do ekspansji patentów europejskich poza Europę, charakteryzują się wyższą wartością średnią patentu, zaś patenty z dziedzin o niższej wartości, są częściej kierowane na rynek wewnętrzny, czyli do europejskich biur patentowych [EPO].



Potencjał trendów technologicznych – badanie ankietowe

W tej części raportu oceniono potencjał najważniejszych trendów technologicznych z punktu widzenia polskiej gospodarki oraz Sieci Badawczej Łukasiewicza. Zawiera wyniki z obszaru foresightu dotyczące przyszłości polskiej gospodarki oraz roli i możliwości Łukasiewicza w rozwoju polskiej innowacyjności na podstawie badanie przeprowadzonego wśród pracowników naukowych Łukasiewicza.

Etap **trend radaru** i **horizon scanningu** – element badania foresight – miał za zadanie zweryfikować realizację celu pierwszego dotyczącego wyodrębnienia i wskazania kluczowych trendów i wyzwań technologicznych. Badano ocenę potencjału technologii i jej oddziaływania na Sieć Badawczą Łukasiewicza i na gospodarkę Polski. Wyniki pozwalają na formułowanie prognoz dotyczących rozwoju technologii oraz ich potencjału dla Łukasiewicza i polskiej gospodarki w perspektywie średniookresowej.

Badanie eksperckie przeprowadzone zostało przy zastosowaniu techniki CAWI (Computer Assisted Web Interview). Realizacja badania polegała na moderacji przez badacza spotkania z udziałem ekspertów Sieci Badawczej Łukasiewicza, którzy w jego trakcie wypełniali ankietę. Próba celowa składała się z ekspertów (pracowników naukowo-badawczych na szczeblu dyrektora i zastępcy ds. badawczych z instytutów Łukasiewicza) reprezentujących cztery grupy badawcze: transformacja cyfrowa, zdrowie, inteligentna i czysta mobilność, zrównoważona gospodarka i energia.

Zbieranie danych odbywało się w dniach 6–30 września 2022 r. Przeprowadzono dwie tury badania CAWI. W ramach pierwszej badano potencjał wybranych technologii i trendów dla polskiej gospodarki (N=91), a w ramach drugiej dla Sieci Badawczej Łukasiewicza (N=84). Przed realizacją badania, przeprowadzono pilotaż narzędzia.

Ankietowani wspólnie ocenili 25 technologii wskazanych w ramach siedmiu trendów technologicznych, pod kątem gotowości do ich rozwoju i potencjalnych korzyści. Technologie zostały wytypowane na wcześniejszym etapie **desk research** w ramach analizy dokumentów strategicznych i legislacyjnych, literatury branżowej i naukowej.

Tabela 16. Spis trendów technologicznych i obszarów technologicznych im przypisanych

| Trend | Obszar technologiczny |
|---|---------------------------------|
| Nanomateriały i nanotechnologie Nanogenerator tryboelektryczny Mikro- i nanoroboty Nanocząsteczki nieorganiczne | Nanopowłoki superhydrofobowe |
| Inteligentne sieci energetyczne i magazynowanie energii Samoleczące się sieci energetyczne Wirtualne elektrownie (VPP) Prognozowanie długości życia ogniw Obliczenia wysokiej wydajności w sieciach energetycznych Blockchain w inteligentnych sieciach energetycznych Uczenie maszynowe w inteligentnych sieciach energetycznych | Akumulatory potasowo-jonowe |
| Foodtech Folie na bazie chitozanu Żywność przetwarzana ultradźwiękowo | Nanotechnologia żywności |

Tabela 16. Spis trendów technologicznych i obszarów technologicznych im przypisanych

| Trend | Obszar technologiczny |
|---|---|
| Rolnictwo precyzyjne Nowoczesne fenotypowanie roślin Nanopestycydy | Wirtualne farmy |
| Technologie dronowe Drony jako infrastruktura 6G Cyberbezpieczeństwo dronów | Zarządzanie ruchem i autonomizacja dronów |
| Telemedycyna Zdalne monitorowanie pacjenta Grywalizacja w medycynie | Telemedycyna w operacjach |
| Zastosowanie wodoru w hutnictwie stali Bezpośrednia redukcja wodorem rudy żelaza (H-DRI) | Zastosowanie wodoru w wielkim piecu hutniczym |

źródło: opracowanie własne

Technologie i trendy zostały przyporządkowane do oceny ekspertów zgodnie z profilem kompetencyjnym każdej z grup badawczych. W przypadku każdej technologii, badani odpowiadali na te same pytania zamknięte na skali numerycznej, co umożliwiło porównywanie ocen dla każdej z technologii i rankingowanie technologii. Dzięki zastosowanej skali składającej się z 10 wskaźników określono dla każdej technologii m.in. współczynnik potencjału. W kwestionariuszu zadano również pytanie otwarte, które miało na celu umożliwienie badanym nadania kontekstu swoim ocenom.

W ramach badania dot. potencjału technologii dla polskiej gospodarki, badani oceniali w skali 1-5 następujące tezy dla każdej z technologii:

1. Technologia jest bardzo innowacyjna.
2. Polska posiada wyspecjalizowane kadry potrzebne do rozwoju technologii.
3. Polska posiada infrastrukturę potrzebną do rozwoju technologii.
4. Komercyjne wykorzystywanie technologii jest zależne od trudno dostępnych materiałów i zasobów.
5. Rozwój technologii wiąże się z ponadprzeciętnie wysokimi kosztami.
6. Technologia będzie miała pozytywny wpływ na rynek pracy.
7. Technologia zwiększy konkurencyjność polskich firm na rynku globalnym.
8. Polscy przedsiębiorcy wykazują duży potencjał do rozwoju technologii.
9. Polskie jednostki naukowo-badawcze wykazują duży potencjał do rozwoju technologii.
10. Za 10 lat technologia będzie odnosiła znaczące sukcesy komercyjne.

Dodatkowo, eksperci zostali poproszeni o samodzielne uporządkowanie ocenianych technologii w zależności od osobiście postrzeganego potencjału dla polskiej gospodarki.

W ramach badania dot. potencjału technologii dla Sieci Badawczej Łukasiewicz, badani oceniali w skali 1-5 następujące tezy dla każdej z technologii:

1. Technologia jest dla nas priorytetowa.
2. Posiadamy infrastrukturę potrzebną do rozwoju technologii.
3. Posiadamy wyspecjalizowane kadry potrzebne do rozwoju technologii.
4. Dotychczasowe działania i posiadane doświadczenia pozwalają nam na rozwój technologii.
5. Prowadzimy prace w ramach technologii.
6. Łukasiewicz jest w stanie uczestniczyć w rozwoju wiedzy naukowo-technologicznej w zakresie technologii.
7. Łukasiewicz ma potencjał do współpracy z polskimi przedsiębiorstwami przy

- rozwoju technologii.
8. Mamy duże szanse na pozyskanie finansowanie krajowego na B+R w ramach technologii.
 9. Mamy duże szanse na pozyskanie środków międzynarodowych (w tym europejskich) na B+R w ramach technologii.
 10. W perspektywie 10 lat zwiększymy potencjał komercjalizacyjny w zakresie technologii.

Wyniki badania CAWI zostały przeanalizowane przy pomocy oprogramowania SPSS. W dalszej kolejności, po analizie wyników CAWI, przeprowadzono wywiady indywidualne pogłębione (IDI) z ekspertami dla każdego z trendu i technologii, które się w nim zawierały [zgodnie z tabelą 16]. Wywiady miały na celu skonfrontowanie i weryfikację wyników przeprowadzonego badania z ekskluzywną wiedzą praktyka specjalizującego się w danym obszarze.

Metoda rangowania obszarów technologicznych dla polskiej gospodarki

Rankingowanie technologii jest techniką oceny technologii, która w niniejszym badaniu służy uzyskaniu dodatkowego punktu widzenia ze strony ankietowanych. Główny komponent badania stanowi podsumowanie ocen dziesięciu tez przypisanych każdej z technologii, co przekłada się na relatywnie zobiektywizowany wynik. Celem dodatkowego rankingu jest uzyskanie bardziej subiektywnych opinii ze strony ekspertów.

Ostatnie pytanie w kwestionariuszu polegało na wskazaniu trzech najważniejszych dla polskiej gospodarki technologii, które były przedmiotem badania. Zbiorczy ranking technologii na podstawie wszystkich odpowiedzi ekspertów został opracowany w wyniku uśrednienia odsetka odpowiedzi, z wykorzystaniem wzorów:

$$M = x_1 / N_1 \text{ gdy daną technologię oceniała tylko jedna grupa badawcza lub}$$

$$M = (x_1 + x_2) / (N_1 + N_2) \text{ w przypadku dwóch grup badawczych,}$$

gdzie:

x_n – liczba głosów oddanych na daną technologię przez daną grupę badawczą,

N_n – liczebność danej grupy badawczej.

Odpowiedzi udzielone na to pytanie pozwoliły stworzyć równoległy ranking, który przedstawiono w tabeli 17.

Wnioski dla polskiej gospodarki

Przedstawienie wyników zostało ułożone tematycznie w kolejności, w jakiej w kwestionariusze otrzymali badani. W związku z tym, pierwsza część wniosków tyczy się potencjału technologii dla polskiej gospodarki.

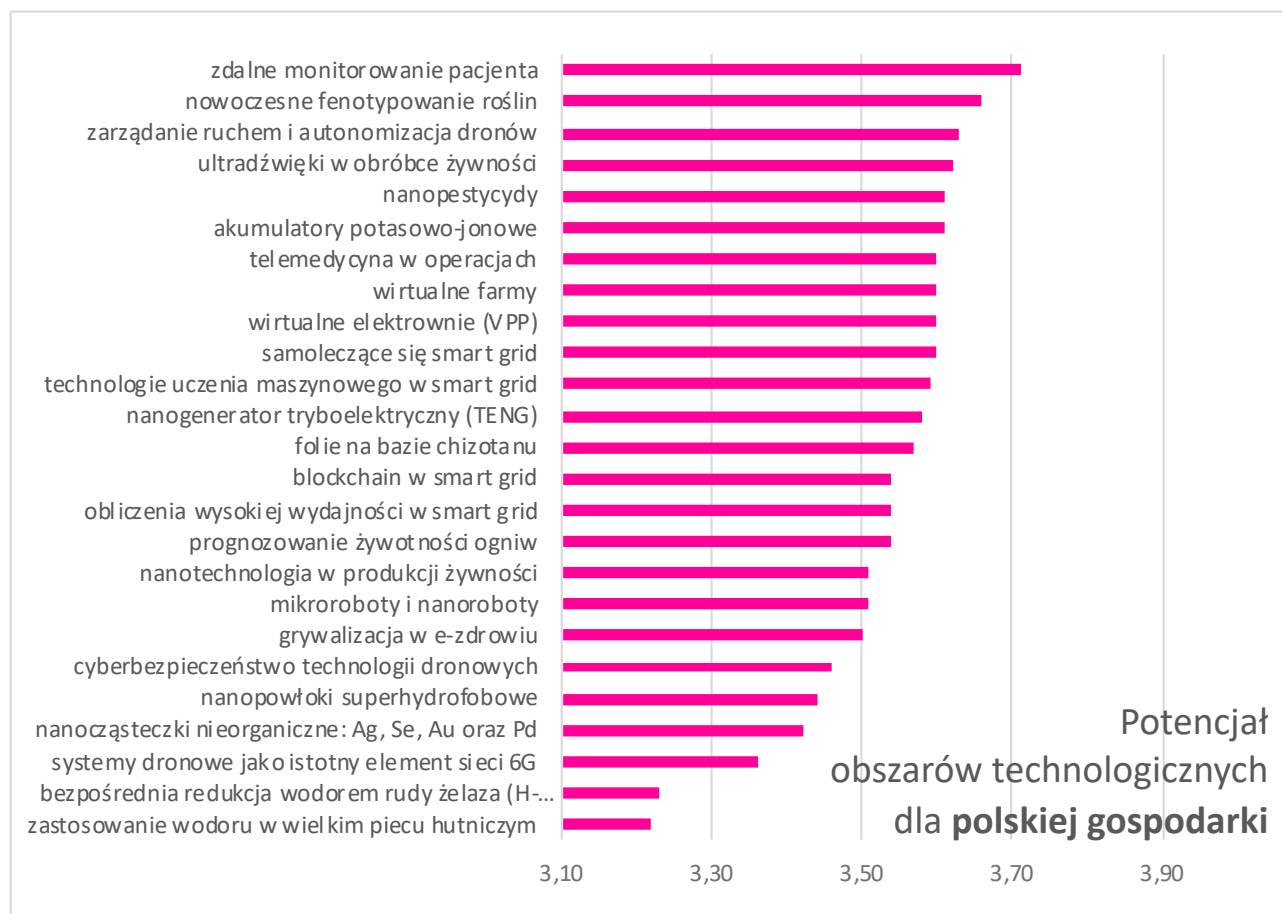
W ramach przeprowadzonego badania stworzono ranking technologii dotyczący ich potencjału dla polskiej gospodarki i Sieci Badawczej Łukasiewicz. Dzięki zsumowaniu ocen dotyczących gotowości polskiej gospodarki na rozwój danych technologii, jak i ocen potencjalnych korzyści, można wskazać technologie o największym potencjale dla polskiej gospodarki według ocen ekspertów Łukasiewicza.

Największy potencjał dla polskiej gospodarki stwarza zdalne monitorowanie pacjenta. Badani wysoko ocenili zarówno gotowość polskiej gospodarki na rozwój tej technologii, jak i potencjalne korzyści z niej wynikające. Zdaniem badanych technologia zwiększy konkurencyjność polskich firm i odniesie znaczące sukcesy komercyjne w perspektywie 10 lat. Do jej rozwoju mogą się przyczynić wyspecjalizowane kadry obecne w Polsce i potencjał jednostek naukowo-badawczych. Należy zauważyć, że wśród najwyżej ocenianych technologii znalazła się jeszcze jedna z obszaru telemedycyny – rozwiązania telemedyczne

w operacjach. Badani szczególnie podkreślają również potencjał sztucznej inteligencji, która jest kluczowym elementem rozwoju w obszarze diagnostyki i prowadzenia pacjenta. Pozostałe technologie, które prezentują najwyższy potencjał, to:

- nowoczesne fenotypowanie roślin,
- nanopestycydy,
- ultradźwięki w obróbce żywności,
- zarządzanie ruchem i autonomizacja dronów,
- akumulatory potasowo-jonowe.

Wykres 8. Ocena potencjału poszczególnych obszarów technologicznych dla polskiej gospodarki [w skali od 1 do 5].



źródło: opracowanie własne

Nowoczesne fenotypowanie roślin zostało ocenione przez ekspertów jako technologia o najwyższym potencjale dla rozwoju polskiej gospodarki spośród wszystkich analizowanych technologii inteligentnego rolnictwa. Niewiele słabiej zostały ocenione nanopestycydy, które zdaniem badanych mogą w największym stopniu poprawić konkurencyjność polskich przedsiębiorstw

Rozwój ultradźwiękowego przetwórstwa żywności wyróżnia się wyjątkowo niskimi kosztami oraz stosunkowo najlepszym dostępem do materiałów i zasobów w obszarze **foodtech**. Co więcej, jak wskazują badani, fale ultradźwiękowe już są komercyjnie stosowane, np. do oczyszczania owoców.

Zarządzanie ruchem i autonomizacja dronów spotkało się ze sporym rozdzźwiękiem w ocenach ekspertów. Wśród szans eksperci wskazali m.in. wzrastające zapotrzebowanie ze strony sektora publicznego i dużych branż, brak konkurencyjnych rozwiązań i obecność producentów bezzałogowych statków powietrznych (**ang. unmanned aerial vehicle, UAV**)

i bezzałogowych pojazdów naziemnych (**ang. unmanned ground vehicle, UGV**) w Polsce. Bariere mogą stanowić ograniczone zasoby kadrowe B+R oraz ograniczony dostęp do środków finansowych.

Akumulatory potasowo-jonowe uzyskały najwyższą ocenę wśród rozwiązań energetycznych, jednak należy podkreślić, że samoleczące się sieci energetyczne oraz wirtualne elektrownie uzyskały jedynie minimalnie niższą ocenę. Każda z tych technologii została oceniona jako wysoce innowacyjna oraz z potencjalnie wysokim wpływem na polską gospodarkę. Jednocześnie gotowość polskiej gospodarki została oceniona umiarkowanie. Zastosowanie wodoru w wielkim piecu hutniczym to technologia, która – w opinii badanych – cechuje się najniższym potencjałem dla polskiej gospodarki. Najbardziej niekorzystna ocena związana jest z ponadprzeciętnymi kosztami rozwoju technologii. Ocena taka może wynikać z porównania szacowanego kosztu rozwoju tego typu technologii w porównaniu z przeciętnymi technologiami rozwijanymi w instytutach Łukasiewicza, jednak bez uwzględnienia możliwości inwestycyjnych przemysłu stalowego w zakresie B+R. Druga pod tym względem jest niekorzystna ocena w zakresie trudnodostępnych materiałów i zasobów, co jest zapewne związane z obecnymi ograniczeniami w dostępie do „zielonego” wodoru. Jednocześnie badani bardzo wysoko ocenili innowacyjność tego typu rozwiązań oraz wpływ wodoru na zwiększenie konkurencyjności polskich firm. Podobne zależności zachodzą w przypadku oceny zastosowania wodoru w bezpośredniej redukcji rudy.

Wśród technologii o równie niskim potencjale znalazły się również m.in.:

- systemy dronowe jako istotny element sieci 6G,
- nanocząsteczki nieorganiczne (srebra, selenu, złota oraz palladu),
- nanopowłoki superhydrofobowe,
- cyberbezpieczeństwo technologii dronowych.

Na niską ocenę rozwiązań dronowych – dronów w infrastrukturze sieci 6G oraz rozwiązań z zakresu cyberbezpieczeństwa – wpłynęły przede wszystkim niskie oceny gotowości polskiej gospodarki. Zdaje się to wynikać z wysokiej innowacyjności technologii dronowych, aktualnie znajdują się one we wczesnej fazie rozwoju. Dodatkowo, eksperci wyrazili obawy w zakresie finansowania badań podstawowych i konieczności pozyskiwania komponentów z Azji. Pomimo tego, wysoko oceniono potencjalne korzyści z rozwoju technologii dronowych w Polsce.

Relatywnie niska ocena superhydrofobowych powłok oraz nanocząsteczek nieorganicznych wiąże się z podobnymi tendencjami. Badani wysoko ocenili ich innowacyjność oraz szanse na sukces komercyjny polskich firm i samych rozwiązań. Jednocześnie, w ich opinii, polska gospodarka nie posiada odpowiedniej infrastruktury, a polscy przedsiębiorcy nie są gotowi na zajmowanie się tego typu rozwiązaniami.

Jak można zauważyć, powyższe wyniki są balansowane – w wielu przypadkach wysokie korzyści z rozwoju są niwelowane przez potencjalnie wysokie nakłady zasobów potrzebnych do tego rozwoju. Rodzi się pytanie: które technologie warte są poniesienia tych nakładów? Aby przybliżyć się do odpowiedzi, eksperci zostali poproszeni, żeby – spośród technologii, które szczegółowo oceniali – wskazali trzy ich zdaniem najważniejsze dla polskiej gospodarki. Tak zadane pytanie sprawia, że odpowiedzi zostały udzielone w sposób bardziej intuicyjny. Nie są to już chłodne kalkulacje wad i zalet. Badani odpowiadając intuicyjnie mogli skorzystać ze swojej eksperckiej wiedzy, która nie zawsze była kompatybilna ze szczegółowymi pytaniami w kwestionariuszu. Wadą tego rozwiązania jest fakt, że nie możemy prześledzić, jakie konkretnie czynniki wpłynęły na wybory badanych.

Efekty prośby o wskazanie trzech najważniejszych technologii widoczne są w tabeli 17. Wyniki przedstawione na wykresie są uśrednione, jako że przedstawiciele każdej Grupy Badawczej zostali postawieni przed innym zestawem technologii.

Tabela 17. Ranking obszarów technologicznych na podstawie rang przyznanych samodzielnie przez badanych

| Technologia: | Średni odsetek głosów: |
|---|------------------------|
| zdalne monitorowanie pacjenta | 63% |
| akumulatory potasowo-jonowe | 60% |
| wirtualne elektrownie (VPP) | 53% |
| mikroroboty i nanoroboty | 50% |
| telemedycyna w operacjach | 49% |
| nanopowłoki superhydrofobowe | 38% |
| wirtualne farmy | 33% |
| zastosowanie wodoru w wielkim piecu hutniczym | 28% |
| nanopestycydy | 28% |
| zarządzanie ruchem i autonomizacja dronów | 27% |
| ultradźwięki w obróbce żywności | 25% |
| nowoczesne fenotypowanie roślin | 24% |
| prognozowanie żywotności ogniw | 21% |
| nanogenerator tryboelektryczny (TENG) | 21% |
| cyberbezpieczeństwo technologii dronowych | 20% |
| samołączące się sieci energetyczne | 20% |
| folie na bazie chitozanu | 20% |
| nanocząsteczki nieorganiczne: srebra, selenu, złota oraz palladu | 16% |
| nanotechnologia w produkcji żywności | 15% |
| technologie uczenia maszynowego w sieciach energetycznych | 12% |
| blockchain w inteligentnych sieciach energetycznych | 12% |
| bezpośrednia redukcja wodorem rudy żelaza [H-DRI] | 10% |
| systemy dronowe jako istotny element sieci 6G | 10% |
| grywalizacja w e-zdrowiu | 8% |
| obliczenia wysokiej wydajności w inteligentnych sieciach energetycznych | 6% |

źródło: opracowanie własne

Jeśli wziąć pod uwagę odpowiedzi na to pytanie (średnio ponad 30% głosów), najważniejsze technologie dla polskiej gospodarki, to m.in.:

- zdalne monitorowanie pacjenta,
- akumulatory potasowo-jonowe,
- wirtualne elektrownie (VPP),

- mikroroboty i nanoroboty,
- telemedycyna w operacjach,
- nanopowłoki superhydrofobowe,
- wirtualne farmy.

Odpowiedzi na to pytanie pokrywają się częściowo z wcześniejszymi intuicjami. Na przykład zastosowanie wodoru w wielkim piecu hutniczym zostało wybrane przez niemal 1/3 badanych jako jedna z trzech najważniejszych technologii dla polskiej gospodarki, pomimo relatywnie niskiej oceny gotowości polskiej gospodarki.

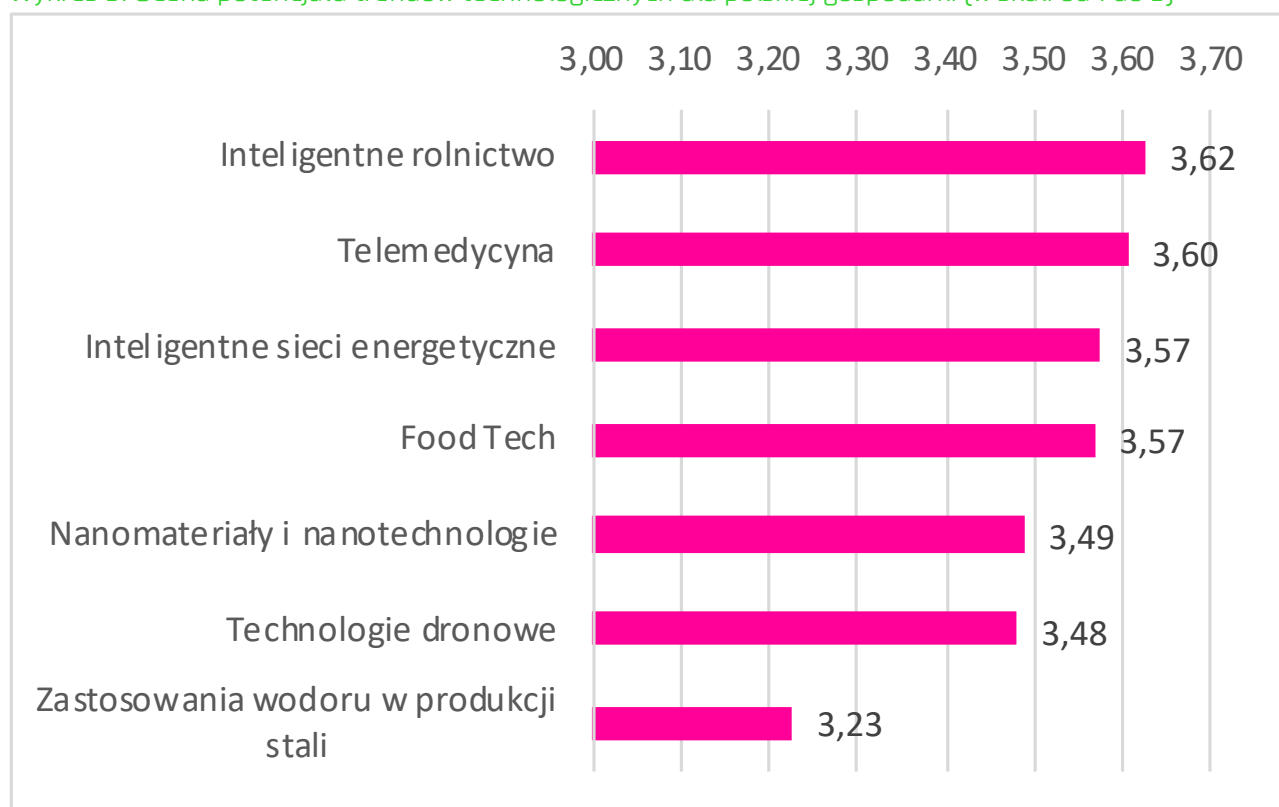
Z drugiej strony, wykorzystanie systemów dronowych w infrastrukturze sieci 5G spotkało się z niewielkim poparciem, zgodnie z ocenami szczegółowymi. Warto jednak spojrzeć na ten wynik z jeszcze jednej strony. Technologia ta nie zdobyła wielkiego poparcia, ale – mimo to – przedstawiciele kilku instytutów badawczych wciąż uważają, że jest ona jedną z trzech najważniejszych dla polskiej gospodarki. Należałoby przeprowadzić dogłębne analizy potencjału danej technologii, aby wydobyć przesłanki stojące za taką oceną.

Ranking potencjału trendów technologicznych dla polskiej gospodarki

Zarysowany na wykresie 9 ranking trendów jest uśrednionym wynikiem opisywanych wyżej technologii. Połączenie tych technologii w grupy trendów pozwala na bardziej ogólnym poziomie spostrzec obszary potencjału dla Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Najwyższy potencjał dla polskiej gospodarki w opinii badaczy leży w inteligentnym rolnictwie. Wirtualne farmy i nanopestycydy uzyskały zbliżone, wysokie oceny, odrobinę lepiej badani ocenili nowoczesne fenotypowanie roślin. Analizując oceny poszczególnych grup badawczych warto zwrócić uwagę, że szczególnie wysoką oceną badani z Grup Badawczych Inteligentna i Czysta Mobilność przyznali technologii wirtualnych farm. Badani podkreślali, że obserwujemy ciągły wzrost zapotrzebowania na produkty rolno-spożywcze, a co za tym idzie, potrzebę rozwoju rolnictwa precyzyjnego.

Wykres 9. Ocena potencjału trendów technologicznych dla polskiej gospodarki [w skali od 1 do 5]



źródło: opracowanie własne

Podobnie wysoki wynik uzyskał trend telemedycyny. W ramach trendu najwyższy wynik otrzymało zdalne monitorowanie pacjenta, następnie telemedycyna w operacjach, a najniższy grywalizacja w medycynie. Telemedycyna w operacjach jest zdaniem badanych technologią najbardziej innowacyjną. W opinii badanych rozwój telemedycyny będzie się wiązał również z perspektywnymi technologiami takimi jak:

- zastosowanie sztucznej inteligencji (AI) w medycynie,
- pojazdy autonomiczne do celów medycznych,
- terapie genowe,
- robotyka medyczna,
- zastosowanie druku 3D w biomimetycznych implantach,
- rozwój sektora implantów aktywnych (np. z udziałem bioaktywnych cząstek nieorganicznych),
- technologie produkcji leków biologicznych/biopodobnych w leczeniu nowotworów, RZS, SM,

- rozwój technologii medycznych związanych z fotoniką (sensory, aparaty diagnostyczne).

W czołówce trendów znalazł się obszar inteligentnych sieci energetycznych i magazynowania energii. Biorąc pod uwagę oceny badanych, na szczególną uwagę w ramach tego trendu zasługują akumulatory potasowo-jonowe, samoleczące się sieci energetyczne i wirtualne elektrownie (VPP). Co ciekawe, dla całego obszaru badani wskazywali na silny, pozytywny wpływ na polską gospodarkę, a zarazem niską gotowość do rozwoju tych technologii. Ankietowani zidentyfikowali jednak szanse, które mogą wesprzeć rozwój tego trendu, takie jak zwiększenie udziału nowych źródeł energii w miksie energetycznym, zwiększenie świadomości i nakładów finansowych na bezpieczeństwo energetyczne, a także powiązanie nowych technologii z ekologią i bezpieczeństwem w strategiach krajowych i międzynarodowych.

Zbliżoną ocenę przyznano technologiom **foodtech**. Eksperci Grupy Badawczej Łukasiewicza Zrównoważona Gospodarka i Energia wyżej ocenili folie na bazie chizotanu i przetwórstwo ultradźwiękowe, podczas gdy eksperci Grupy Badawczej Łukasiewicza Zdrowie postrzegają większy potencjał dla polskiej gospodarki w nanotechnologii żywności. Wszystkie technologie mogą wywrzeć silny, pozytywny wpływ na polską gospodarkę, która jest zarazem gotowa do ich rozwoju. Eksperci zwrócili uwagę między innymi na fakt, że fale ultradźwiękowe są już wykorzystywane przez niektórych przedsiębiorców, na przykład do oczyszczania żywności. Część badanych uważa także, że nanotechnologie w powiązaniu z żywnością mogą budzić kontrowersje w społeczeństwie. Średnia ocena ogólnego potencjału technologii w ramach obszaru nanomateriałów wskazuje na umiarkowany ogólny potencjał w kontekście polskiej gospodarki. Wynik ten stanowi zbilansowanie niskiej gotowości do rozwoju oraz silnego, pozytywnego wpływu na polską gospodarkę. Najlepiej w kontekście rozwoju krajowej gospodarki oceniono potencjał nanogeneratorów tryboelektrycznych, a najgorzej – nanocząsteczek srebra, złota, selenu czy palladu. Według badanych z Grupy Badawczej Łukasiewicza Zrównoważona Gospodarka i Energia, szczególnie perspektywiczne mogą okazać się nanocząsteczki i nanokompozyty.

Technologie dronowe w kontekście polskiej gospodarki zostały szczególnie wysoko ocenione w obszarze zarządzania ruchem i autonomizacji dronów. Wszystkie technologie w ramach trendu wskazują na silny, pozytywny wpływ na polską gospodarkę. Gotowość do rozwoju tych technologii została uznana przez ekspertów za umiarkowaną. Eksperci upatrują wyzwania w braku nakładów finansowych na badania przeznaczone dla technologii dronowych. Obawy ekspertów w zakresie pozyskiwania materiałów mogą być uwarunkowane kontekstem aktualnej sytuacji geopolitycznej.

Technologie zastosowania wodoru w wielkim piecu hutniczym (BF) oraz do bezpośredniej redukcji rudy żelaza (H-DRI) otrzymały bardzo podobną, wysoką ocenę pod względem innowacyjności. Obie technologie w ramach trendu w przypadku wdrożenia będą miały według ekspertów silny, pozytywny wpływ na polską gospodarkę. Niekorzystna jest natomiast opinia ekspertów w zakresie gotowości do rozwoju technologii w kraju, w obu przypadkach ocena jest dość niska. Na niekorzystną ocenę duży wpływ mają oceny zależności rozwoju tych technologii od trudnodostępnych materiałów i zasobów oraz kosztów ich rozwoju. Może to sugerować, że podczas oceny nie wzięto pod uwagę możliwości i motywacji potencjalnego wdrażającego i rozwijającego takie technologie w Polsce sektora hutniczego. Pięć polskich hut stali jest pod kontrolą korporacji ArcelorMittal, która już obecnie prowadzi testy wykorzystania wodoru w procesie H-DRI.

Propozycje perspektywicznych technologii

Ankietowani posiadali możliwość udzielenia otwartej odpowiedzi, aby wskazać szanse i zagrożenia dla ocenianych technologii i trendów. Jednocześnie, badani często wykorzystywali tę szansę do wskazanie trendów, które ich zdaniem również powinny zostać wzięte pod uwagę. Główne trendy wskazywane przez badanych to:

- pojazdy autonomiczne,
- technologie kosmiczne,
- zrównoważone gospodarowanie zasobami,
- technologie kwantowe,
- technologie oparte o internet rzeczy,
- technologie związane z pozyskiwaniem alternatywnych źródeł energii,
- druk 3D (biomimetyczne implanty),
- robotyka medyczna,
- sztuczna inteligencja:
 - w medycynie,
 - w prowadzeniu badań i rozwoju nowych technologii,
- implanty aktywne,
- produkcja leków biologicznych/biopodobnych do leczenia nowotworów,
- fotonika w medycynie,
- materiały kompozytowe,
- paliwa syntetyczne,
- recykling materiałów złożonych,
- zastępowanie powłok niklowych i chromowych.

Wnioski dla Łukasiewicza

Poprzednia sekcja w szczegółowy sposób przybliżyła wnioski z oceny ekspertów dotyczące gotowości polskiej gospodarki do rozwoju wskazanych technologii oraz korzyści z ich rozwoju. Poniżej w analogiczny sposób, przedstawione są wnioski w odniesieniu do Sieci Badawczej Łukasiewicz.

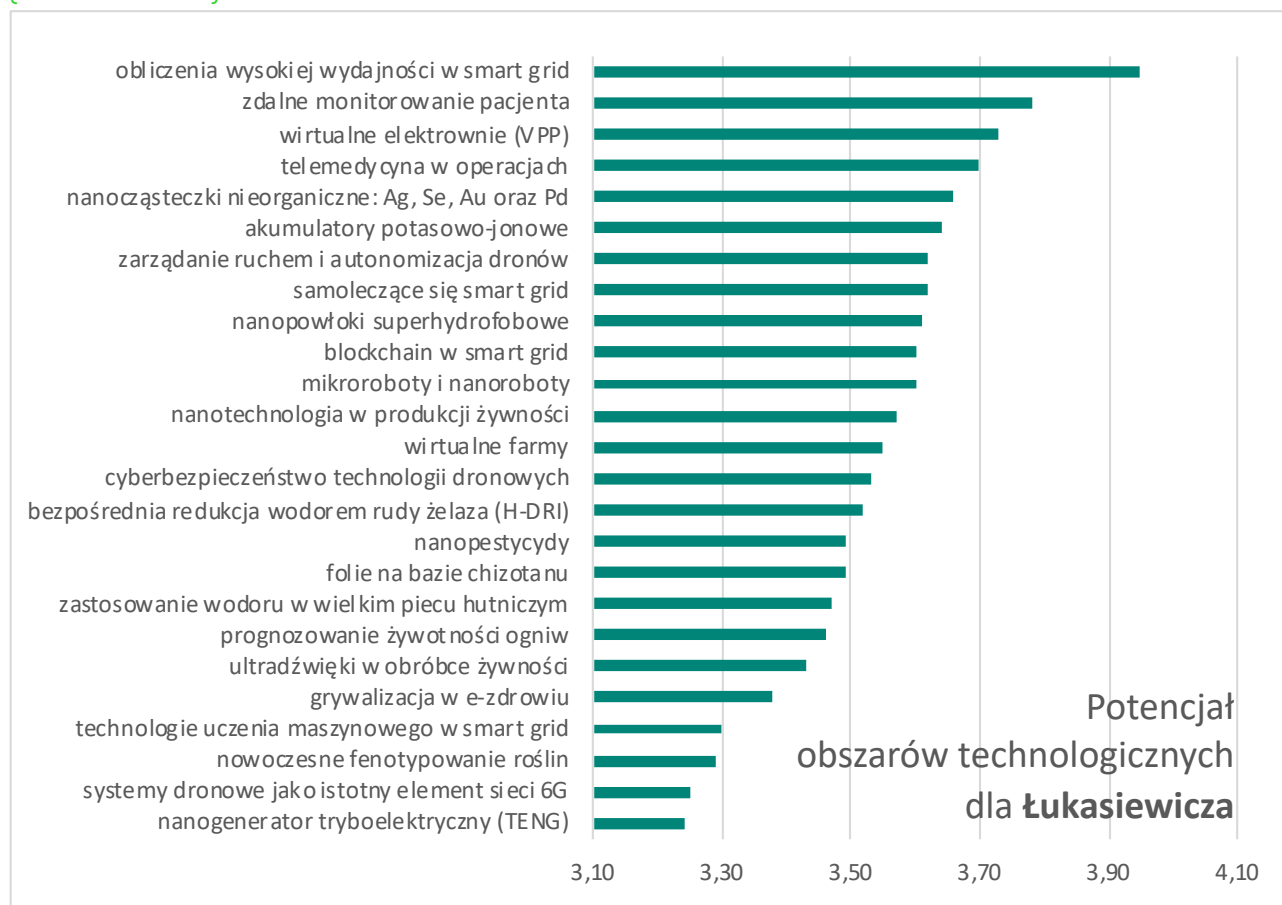
Dzięki zsumowaniu ocen dotyczących gotowości polskiej gospodarki na rozwój danych technologii, jak i ocen potencjalnych korzyści, możliwe staje się wskazanie technologii o największym potencjale dla Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Według ekspertów technologią najbardziej perspektywiczną są obliczenia wysokiej wydajności wykorzystane na potrzeby inteligentnych sieci energetycznych. Eksperti uważają, że Łukasiewicz posiada odpowiednią infrastrukturę, wyspecjalizowane kadry i jest w stanie dynamizować rozwój tej dziedziny. Obszar obliczeń wysokiej wydajności w opinii badanych pozwala na pozyskanie finansowania z kraju lub zagranicy na badania i rozwój. Badani dostrzegają także potencjał na współpracę z przedsiębiorcami i przewidują sukces komercyjny w perspektywie 10 lat. Warto podkreślić, że eksperci wysoko ocenili także inne rozwiązania z obszaru inteligentnych sieci energetycznych (**Smart grid**), a w odpowiedziach otwartych podkreślali wysokie znaczenie innowacji w obszarze energetyki.

Podobnie wysoko oceniono również m.in.:

- rozwiązania z zakresu zdalnego monitorowania pacjentów,
- wirtualne elektrownie (VPP),
- rozwiązania telemedyczne w obszarze operacji,
- nanocząsteczki nieorganiczne (srebra, selenu, złota oraz palladu),
- akumulatory potasowo-jonowe.

Wykres 10. Ocena potencjału poszczególnych obszarów technologicznych dla Sieci Badawczej Łukasiewicz (w skali od 1 do 5).



źródło: opracowanie własne

Szczególnie wysoka ocena potencjału technologii zdalnego monitorowania pacjenta wynika zarówno z wysokiej oceny gotowości do rozwoju tych technologii, jak i wysokiej oceny korzyści płynące z ich rozwoju.

Wirtualne elektrownie (VPP) są zdaniem ekspertów technologią o najwyższym priorytecie dla Sieci Badawczej Łukasiewicz spośród rozwiązań energetycznych. Niewiele niższe oceny otrzymały obliczenia wysokiej wydajności, akumulatory potasowo-jonowe i samoleczące się sieci energetyczne. Jednocześnie na bardzo niski poziom priorytetyzacji wskazano w przypadku prognozowania żywotności ogniw i zastosowania uczenia maszynowego w inteligentnych sieciach energetycznych.

Nanocząsteczki nieorganiczne (srebra, selenu, złota oraz palladu) uzyskały wysoką ocenę potencjału dla Łukasiewicza pomimo umiarkowanie wysokich ocen szątkowych dotyczących potencjału kadrowego Łukasiewicza i doświadczenia pracowników Łukasiewicza w pracach nad nanocząsteczkami. Warto również podkreślić, że niewiele niżej został oceniony potencjał nanopowłok hydrofobowych dla Łukasiewicza. Z kolei mikroroboty i nanoroboty to technologia, na którą jesteśmy gotowi jedynie w stopniu umiarkowanym, lecz może przynieść ona znaczne korzyści. Wszystkie technologie z obszaru nanomateriałów wykazują – pomimo wspomnianych niższych ocen – wysoki potencjał dla Łukasiewicza.

Technologia nanogenerators tryboelektrycznego (TENG) została najniżej oceniona przez ekspertów. Z wyników tej oceny wynika, że Sieć Badawcza Łukasiewicza jest w umiarkowanym stopniu gotowa na rozwój tego typu rozwiązań, a jednocześnie taka inwestycja nie przyniosłaby istotnych korzyści.

Wśród technologii o porównywalnie niskiej ocenie potencjału znalazły się również m.in.:

- systemy dronowe jako element sieci 6G,
- nowoczesne fenotypowanie roślin,
- technologie uczenia maszynowego w sieciach energetycznych,
- grywalizacja w e-zdrowiu.

Na niską ocenę potencjału wykorzystania systemów dronowych w infrastrukturze 6G dla Łukasiewicza wpływają w znacznej mierze ostrożne opinie na temat już istniejącej infrastruktury oraz możliwości współpracy z polskimi przedsiębiorcami. Kilku ekspertów przyznało, że Łukasiewicz nie ma dostępu do krytycznej w tym zakresie infrastruktury. Całość ocen może wynikać również z uzależnienia tej technologii od krajowego rozwoju 6G.

Nowoczesne fenotypowanie roślin zostało ocenione jako technologia z największym potencjałem dla rozwoju polskiej gospodarki w obszarze rolnictwa precyzyjnego, jednocześnie uzyskując najniższe noty w badaniu dotyczącym upatrywanego potencjału dla Sieci Badawczej Łukasiewicza.

Technologie uczenia maszynowego i prognozowanie czasu życia ogniów to technologie o najniższym priorytecie w ocenie ekspertów z obszaru **smart grid**. Wiąże się to z relatywnie niskimi korzyściami dla Sieci wynikającymi z rozwoju oraz niewystarczającymi uwarunkowaniami do ich rozwoju. Badani szczególnie podkreślali brak kompetencji w obszarze uczenia maszynowego.

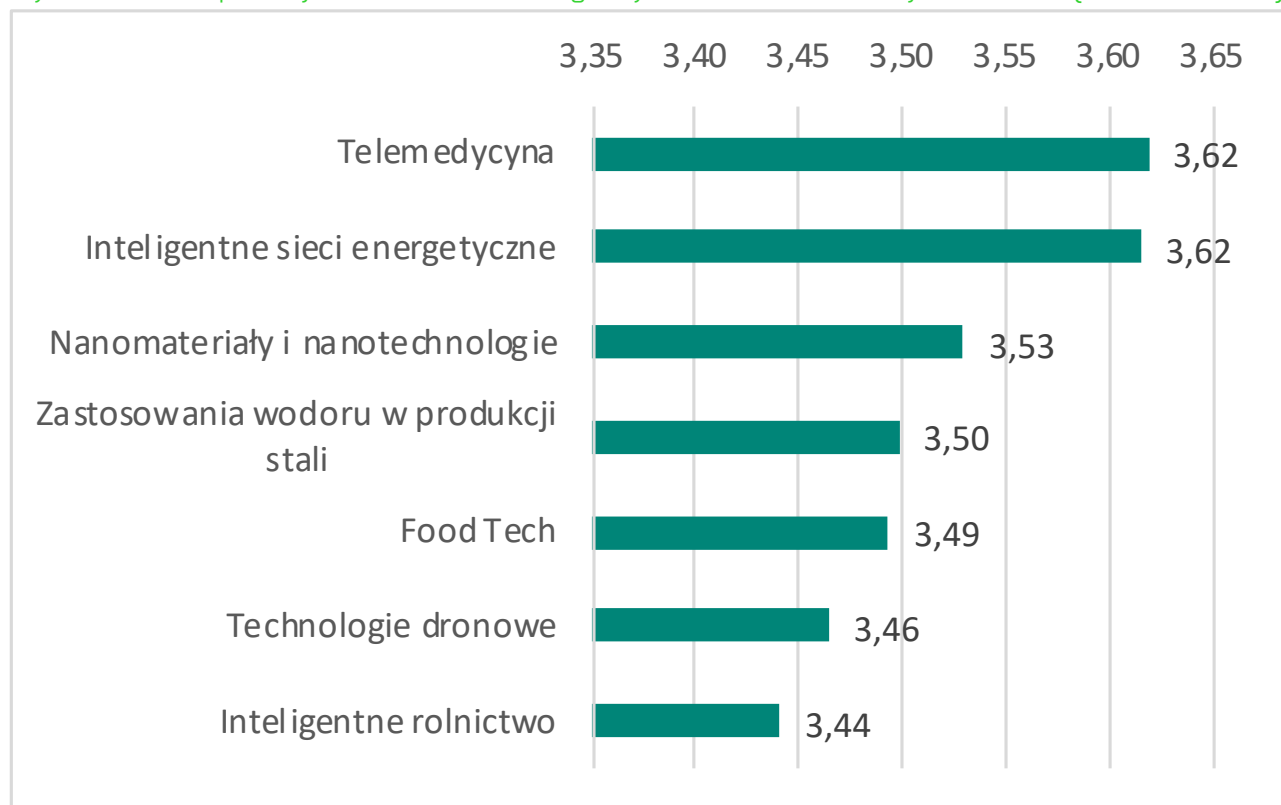
Zastosowanie grywalizacji w telemedycynie ma zdaniem ekspertów wysoki potencjał komercyjny. Ta ocena bilansowana jest jednak przez małe szanse otrzymania środków zewnętrznych na rozwój oraz przez niewystarczające doświadczenie Łukasiewicza w tym obszarze innowacji.

Ranking potencjału trendów technologicznych dla Łukasiewicza

Przedstawiony na wykresie 11. ranking trendów jest uśrednionym wynikiem opisywanych wyżej technologii. Łącząc te technologie w grupy trendów możemy na bardziej ogólnym poziomie spostrzec obszary potencjału dla Sieci Badawczej Łukasiewicza.

Telemedycyna jest w opinii badanych obszarem o najwyższym potencjale dla Łukasiewicza. W ramach tego trendu szczególnie wysokie oceny uzyskały telemedycyna w operacjach oraz zdalne monitorowanie pacjenta, natomiast grywalizacja w medycynie uzyskała relatywnie niskie oceny. Eksperti podkreślali, że szansę dla rozwoju telemedycyny stwarzają: obecność odpowiednich kompetencji wśród pracowników Łukasiewicza oraz wysokie prawdopodobieństwo stworzenia konsorcjów międzynarodowych i pozyskania środków na badania. Wśród wyzwań eksperci wskazywali m.in. małe obszary rynkowe zastosowania wskazanych technologii i niskie umiędzynarodowienie polskiego środowiska jednostek badawczo-rozwojowych, które stwarza bariery do współpracy międzynarodowej. Równie wysoki wynik uzyskały innowacje z obszaru **smart grid**. Eksperti podkreślają, że w nadchodzących latach będziemy musieli stawić czoła wyzwaniom takim jak: problemy z dostępem do energii, ograniczone dostawy surowców czy wymogi środowiskowe. Dlatego też prawie wszystkie wytypowane dla inteligentnych sieci energetycznych technologie według oceny ekspertów mają wysoki ogólny potencjał dla Sieci Badawczej Łukasiewicza, z wyjątkiem technologii prognozowania czasu życia ogniów. Za technologie o najwyższym potencjale dla Sieci Badawczej Łukasiewicza eksperci wskazali te związane z wirtualnymi elektrowniami, obliczeniami wysokiej wydajności oraz akumulatorami potasowo-jonowymi.

Wykres 11. Ocena potencjału trendów technologicznych dla Sieci Badawczej Łukasiewicz (w skali od 1 do 5)



źródło: opracowanie własne

Wysoki potencjał wykazuje także obszar nanomateriałów. Za obszary priorytetowe dla Sieci Badawczej Łukasiewicz w największym stopniu eksperci uznali kolejno mikroroboty i nanoroboty, nanocząsteczki nieorganiczne oraz superhydrofobowe powłoki. Najniższym technologicznym priorytetem dla Łukasiewicza zdaniem większości ekspertów są tryboelektryczne nanogeneratory.

Technologie zastosowania wodoru w produkcji stali uzyskały wynik na poziomie 3,5. Średni wynik oceny obu grup technologii jest niemal identyczny, gdyż obie te grupy technologii (zastosowanie wodoru w wielkim piecu hutniczym i zastosowanie wodoru do bezpośredniej redukcji rudy żelaza) wykazują do siebie bardzo liczne podobieństwa. Zdaniem ekspertów rozwój obu technologii w ramach trendu może prowadzić do dużych korzyści dla Sieci Badawczej Łukasiewicz. Gotowość do rozwoju tych technologii w Sieci Badawczej Łukasiewicz została oceniona umiarkowanie.

FoodTech to obszar reprezentowany przez nanotechnologie zastosowane w żywności, folie na bazie chitozanu i ultradźwiękowe przetwórstwo żywności. Każda z tych technologii uzyskała podobne oceny, choć największy potencjał dostrzeżono w nanotechnologii żywności. Eksperti podkreślili zdolności Łukasiewicza w wytwarzaniu i produkcji biomateriałów. Wyrażono opinię, że Łukasiewicz powinien rozwijać technologie produkcji i przechowywania żywności, a w związku z rozwojem nanotechnologii – zbadać nieznane konsekwencje jej zastosowań.

W ramach trendu technologii dronowych szczególnie docenione zostały rozwiązania z obszaru zarządzania ruchem oraz autonomizacji dronów, a także technologie cyberbezpieczeństwa dronów. Mniej perspektywicznie prezentuje się ocena użycia dronów jako infrastruktury 5G. W ocenie ekspertów rozwój technologii dronowych będzie stymulowany przez: wzrastające znaczenie rolnictwa precyzyjnego, możliwość uzyskania przewag przez Łukasiewicza w wybranych technologiach i wysoki poziom komercjalizacji już istniejących rozwiązań w Sieci. Za główną szansę dla rozwoju technologii dronowych

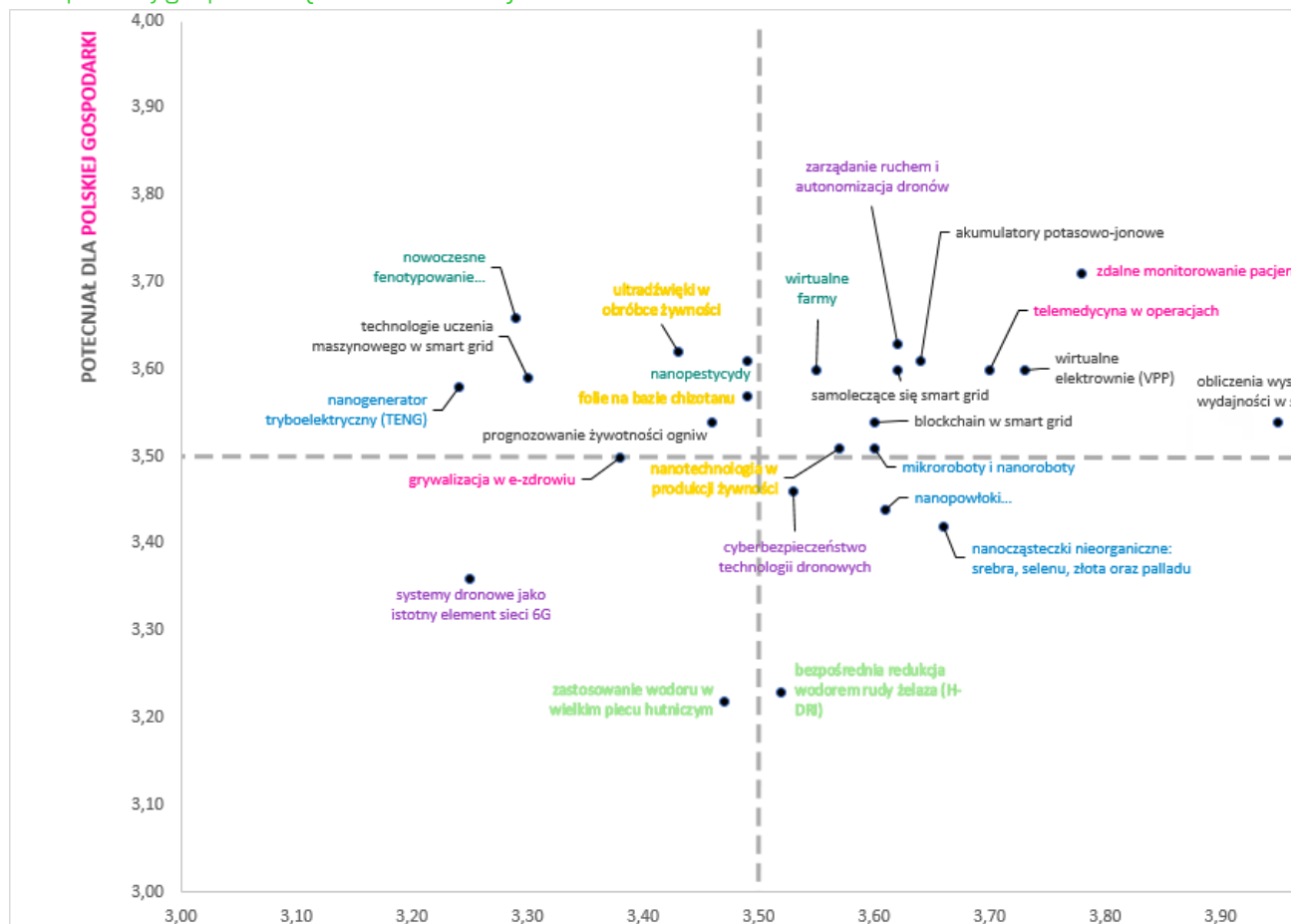
w Łukasiewiczu, eksperci wskazali zmiany społeczno-polityczne w Europie. W przypadku wyzwań, w ocenie ekspertów, głównymi przeszkodami w rozwoju technologii dronowych w Łukasiewiczu są braki legislacyjne i nieprzygotowanie gospodarki na nieregularność dostaw surowców.

W ramach rolnictwa precyzyjnego rozważano różne gałęzie technologii – wirtualne farmy, nowoczesne fenotypowanie roślin i nanopestycydy. Stanowią odmienne podejścia do osiągnięcia tego samego celu – zwiększenia wydajności i przyjazności środowisku w rolnictwie. Większość ekspertów udzieliła relatywnie zbliżonych ocen. Łukasiewicz w ocenie ekspertów, jest najlepiej przystosowany do rozwijania technologii nanopestycydów, natomiast najwyższych korzyści z rozwoju upatruje się w obszarze wirtualnych farm.

Matryca obszarów technologicznych – kompromis między nakładem a korzyścią

Analizując najniżej ocenione trendy i poszczególne technologie można dojść do wniosku, że większość niskich ocen wynika z relatywnie niskiej gotowości Łukasiewicza do rozwoju tych technologii. Jednocześnie wiele z nich stwarza w ocenie ekspertów obiecujący potencjał komercyjny. Rodzi się pytanie, czy potencjał ten jest na tyle wysoki, by w dane technologie inwestować? W tym kontekście warto przeanalizować wykres 12, który zestawia wyniki w kontekście Łukasiewicza oraz polskiej gospodarki.

Wykres 12. Matryca – porównanie potencjału poszczególnych technologii dla Sieci Badawczej Łukasiewicz i dla polskiej gospodarki (w skali od 1 do 5).



źródło: opracowanie własne

Szczególną uwagę powinny zwrócić technologie z górnej połowy matrycy (powyżej wartości 3,5). Wyniki wskazują, że każda z tych technologii stwarza wysoki potencjał dla polskiej gospodarki. Ponadto, im dalej w prawo, tym potencjał technologii dla Łukasiewicza w ocenie badanych jest wyższy. Technologie po lewej stronie matrycy (np. nanogenerator tryboelektryczny), to technologie, które choć stwarzają potencjał dla polskiej gospodarki, wymagałyby dużych nakładów ze strony Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Jednocześnie, technologie w prawej-górnej ćwiartce matrycy, jak wynikałoby z ocen badanych przedstawiają najlepszy stosunek nakładów do korzyści. Do tych najlepiej ocenianych technologii należą:

- obliczenia wysokiej wydajności w inteligentnych sieciach energetycznych;
- wirtualne elektrownie (VPP);
- telemedycyna w operacjach;
- zdalne monitorowanie pacjenta;
- akumulatory potasowo-jonowe;
- zarządzanie ruchem i autonomizacja dronów;
- wirtualne farmy.

Ich pozycja w prawej-górnej ćwiartce matrycy wynika z oceny badanych, wedle której Łukasiewicz jest gotowy do rozwoju tych technologii (lub już je rozwija), otoczenie stwarza potencjał do współuczestnictwa w rozwoju, a korzyści z tegoż mogą być relatywnie wysokie. W kontekście potencjału poszczególnych technologii warto zwrócić uwagę, że oceny badanych cechuje wysoki optymizm wobec potencjału Sieci Badawczej Łukasiewicz. Analiza wyników ankiety ukazała, że relatywnie często dochodziło do sytuacji, w których natężenie prac badawczych w ramach danej technologii było oceniane nisko, podczas gdy zdolności Łukasiewicza do rozwijania danej technologii oceniano wysoko

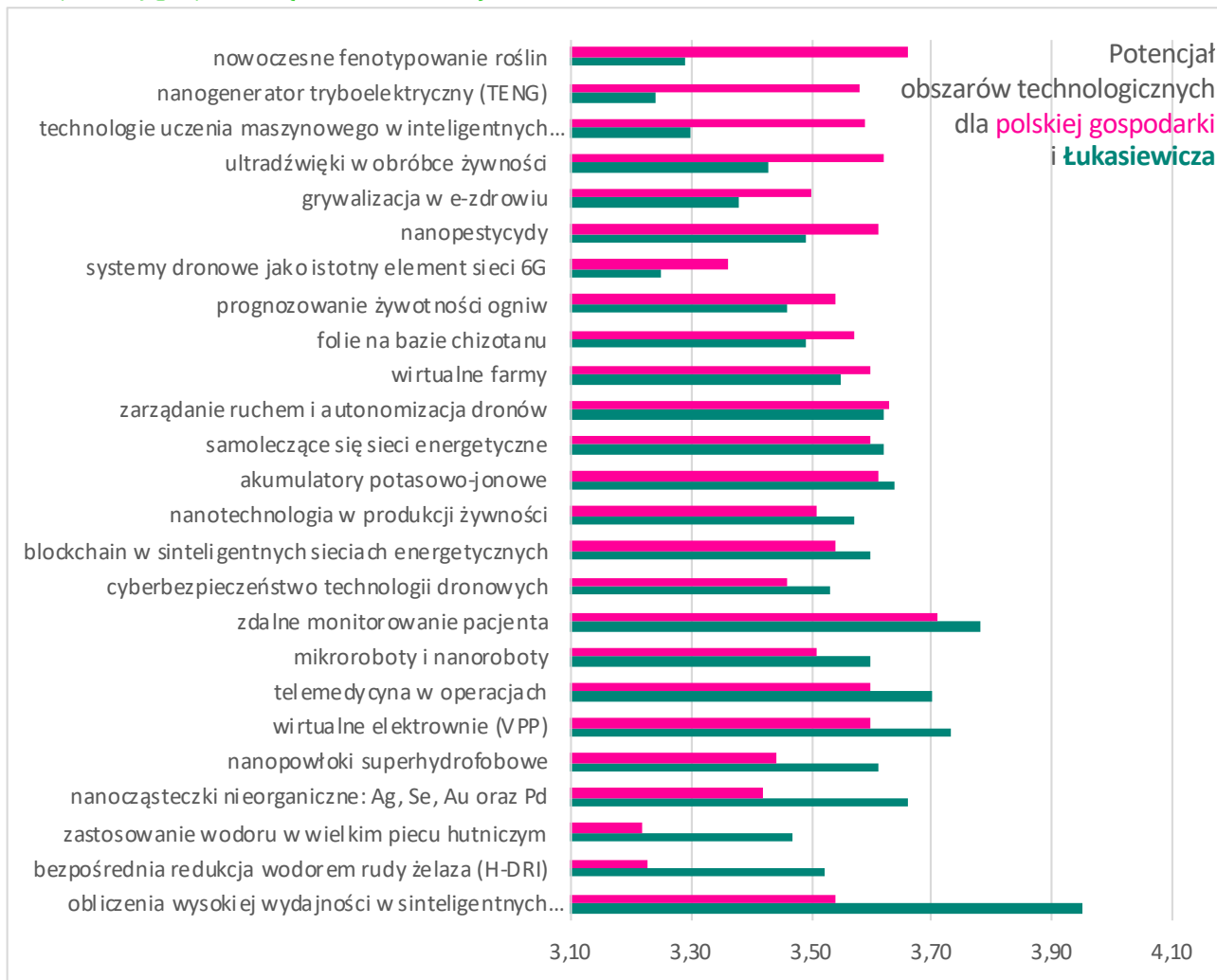
Potencjał obszarów technologicznych – ocena dla polskiej gospodarki oraz Sieci Badawczej Łukasiewicz

Każda technologia została oceniona pozytywnie, choć z różnym nasileniem. Teoretycznie, najwyżej ocenione technologie oznaczają najłatwiejsze do rozwoju obszary. Niższe oceny wiążą się z większą pracą potrzebną do rozwoju technologii albo z niższymi korzyściami z ich rozwoju. Warto spojrzeć na to zagadnienie wielowymiarowo – porównując postrzegany potencjał z rozwoju poszczególnych technologii dla Łukasiewicza z potencjałem dla polskiej gospodarki.

Różnice w tych ocenach przedstawia wykres 13, na którym technologie ułożone są w kolejności od największego do najmniejszego potencjału. Innymi słowy, oceny badanych wskazują, że technologie o największym potencjale są na niższym poziomie rozwoju w Łukasiewiczu niż sugerowałby ogólny stan ich rozwoju w Polsce. Przyczyną takiego stanu może być to, że specjalizacje instytutów zjednoczonych w Sieci Badawczej Łukasiewicz dotyczą innych obszarów technologicznych.

Szczególnie nowoczesne fenotypowanie roślin, nanogenerator tryboelektryczny, technologie uczenia maszynowego i ultradźwięki w obróbce żywności stwarzają wysoki potencjał dla polskiej gospodarki, przy jednoczesnej niskiej ocenie potencjału dla Łukasiewicza. Można przypuszczać, że właśnie te technologie wymagają największego nakładu zasobów i aktywności badawczo-rozwojowych, ale zarazem mogą przynieść znaczne korzyści. Pełniejsze zweryfikowanie przedstawionej tezy wymagałoby przeprowadzenia odpowiednich analiz biznesowych. Przede wszystkim warto zbadać przyczyny rozbieżności w ocenach.

Wykres 13. Różnice w potencjale poszczególnych obszarów technologicznych dla Sieci Badawczej Łukasiewicz i dla polskiej gospodarki (w skali od 1 do 5).



źródło: opracowanie własne

Wnioski

Wyniki, w odniesieniu do polskiej gospodarki, jak i do Sieci Badawczej Łukasiewicz, przedstawiają obraz interesującej relacji między szansami i wyzwaniami, jakie stwarzają najnowsze trendy technologiczne. Zestawienie różnic w potencjale dla polskiej gospodarki i dla Łukasiewicza wraz ze specyficznymi uwarunkowaniami, na które wskazali badani eksperci, pozwalają sformułować pewne rekomendacje w celu najbardziej efektywnego wykorzystania potencjału, jaki stwarzają wyselekcjonowane w niniejszym raporcie trendy technologiczne.

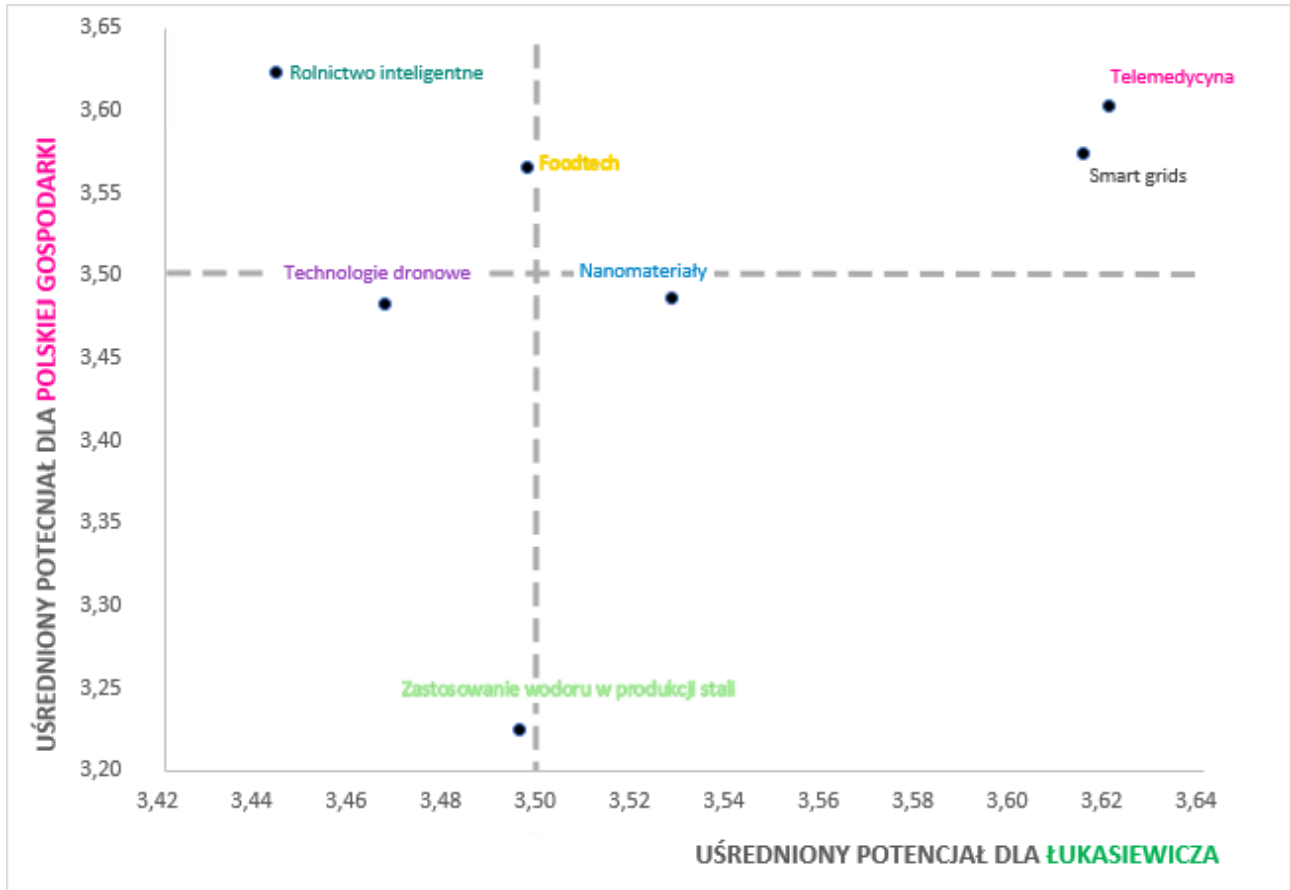
Polska gospodarka

Wnioskując z przeprowadzonych dotychczas badań i analiz zaleca się:

- uwzględnienie wniosków z badań w sporządzaniu sektorowych dokumentów strategicznych, np. definiując kierunki rozwoju innowacyjności – poprzez integrowanie polskiego środowiska naukowego i kierowanie odpowiednich nakładów finansowych w stronę trendów technologicznych, dla których identyfikuje się szanse w otoczeniu, na przykład:
 - obserwowany jest ciągły wzrost zapotrzebowania na produkty rolno-spożywcze, co stwarza potrzebę rozwoju rolnictwa precyzyjnego i Food Tech;
 - starzejące się społeczeństwo i równoległe dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji stwarzają zapotrzebowanie na rozwiązania telemedyczne;
 - w obliczu rosnącego udziału nowych źródeł energii w miksie energetycznym oraz rosnącej roli ekologii, a także pojawiających się obaw o bezpieczeństwo energetyczne, wysoce wskazane jest rozwijanie technologii z obszaru smart grid, magazynowania energii i wodoru.
- zwiększenie nakładów finansowych na badania w sektorach strategicznych ze względu na bezpieczeństwo narodowe (polityka energetyczna), m.in. smart grid, wodór;
- dostosowanie otoczenia regulacyjnego do potrzeb rozwoju zdefiniowanych trendów;
- stymulowanie rozwoju kompetencji technologicznych w taki sposób, by w zdefiniowanych trendach i technologiach uzyskać oczekiwane przewagi rynkowe;
- rozwój programów ukierunkowanych na wzrost efektywności komercjalizowania uzyskanych wyników badań (rozwój sektora B+R);
- działanie na rzecz synergii poszczególnych sektorów gospodarki z sektorem bezpieczeństwa;
- realizacja założeń Strategii Bezpieczeństwa Narodowego w zakresie promocji polskiej gospodarki i innowacyjności w obszarze Europy Środkowo-wschodniej;
- asertywna polityka międzynarodowa w zakresie realizacji założeń technologicznych i ekologicznych niezgodnych z polską racją stanu;
- stymulowanie tych obszarów gospodarki, które najsilniej przełożą się na rozwój pozostałych gałęzi np.: nanotechnologii.

Zestawienie wyników z badania pozwala także wskazać obszary technologiczne, które przy stosunkowo najmniejszym nakładzie pozwalają na komercjalizację we współpracy z Łukasiewiczem. Wyniki przedstawia wykres 14. Jak można z niego odczytać, priorytetowe pod tym względem będą telemedycyna oraz inteligentne sieci energetyczne wraz z magazynowaniem energii.

Wykres 14. Matryca – porównanie potencjału poszczególnych trendów dla Sieci Badawczej Łukasiewicz i dla polskiej gospodarki [w skali od 1 do 5].

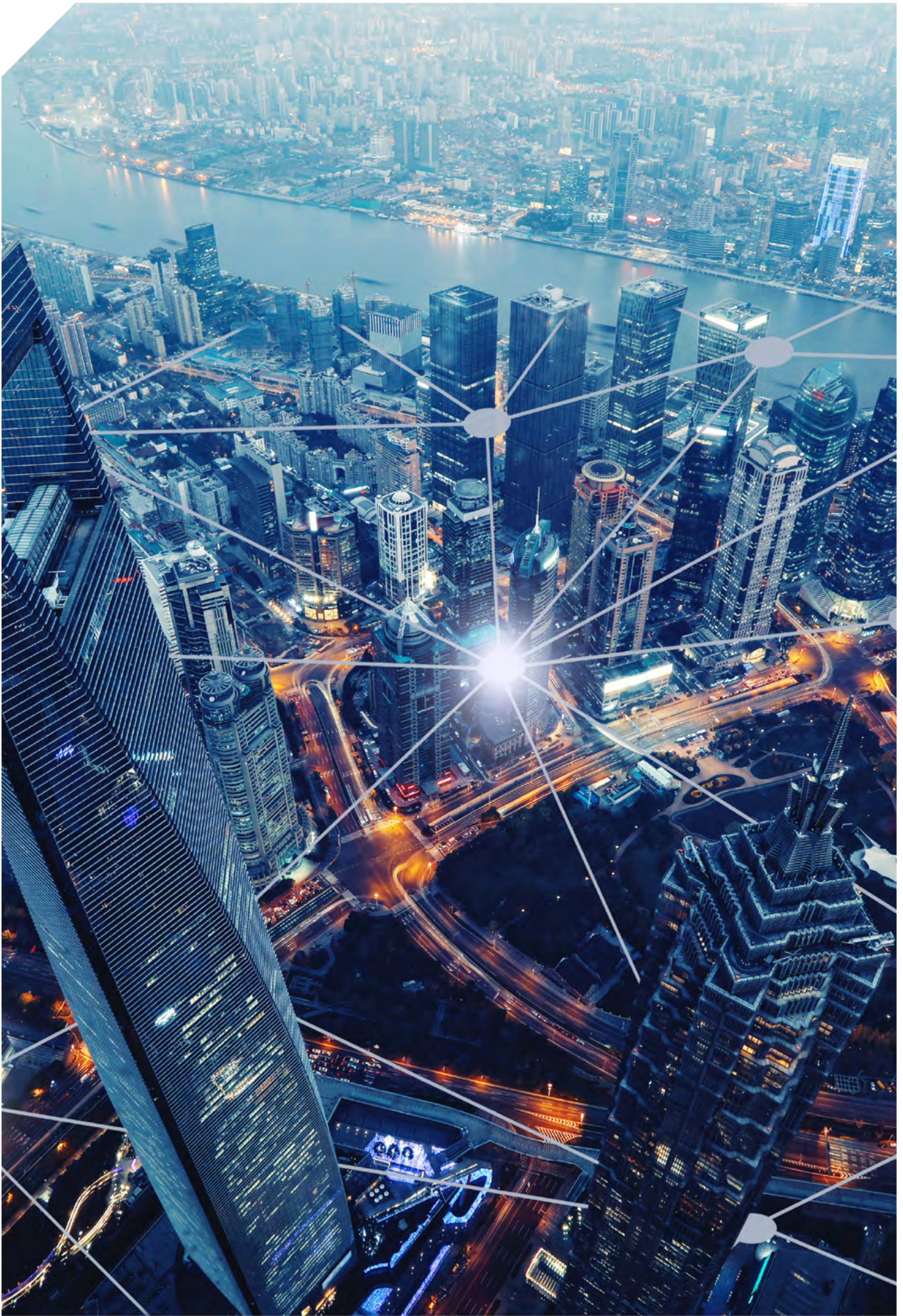


źródło: opracowanie własne

Sieć Badawcza Łukasiewicz

Wnioskując z przeprowadzonych dotychczas badań i analiz zaleca się:

- dalsze rozwijanie najbardziej perspektywicznych technologii w celu uzyskania przewag rynkowych: telemedycyna, inteligentne sieci energetyczne i magazynowanie energii, nanomateriały, zastosowanie wodoru w produkcji stali, Food Tech, technologie dronowe i rolnictwo precyzyjne;
- weryfikację kompetencji w zakresie technologii wysoko perspektywicznych dla polskiej gospodarki a nisko ocenionych w obszarze możliwości Łukasiewicza – m.in. nowoczesne fenotypowanie roślin, nanogenerator tryboelektryczny, technologie uczenia maszynowego, ultradźwięki w obróbce żywności, nanopestycydy;
- większe skupienie na pozyskiwaniu i rozwijaniu kompetencji technologicznych w określonych i zdefiniowanych perspektywicznych dla Łukasiewicza trendach;
- prowadzenie dalszych badań nad technologiami i trendami opisanymi w badaniu;
- monitorowanie trendów społecznych, regulacyjnych i technologicznych w zakresie poszczególnych technologii;
- dalszy foresight trendów technologicznych, społecznych i politycznych dla kreowania strategii rozwoju Łukasiewicza w synergii z krajową i światową gospodarką;
- weryfikację wyzwań oraz obszarów ocenionych jako umiarkowane lub słabe w zakresie kompetencji Łukasiewicza;
- uwzględnienie wniosków z badania w procesie budowy strategii rozwoju Sieci Badawczej Łukasiewicz oraz poszczególnych instytutów.



Przypisy

1. Kamil Kulesza, Adam Rosik, „Walidacja zjawisk (sygnałów) – podsumowanie I etapu Desk Research”, Warszawa [2022], s. 4–5
2. OECD [2016] An OECD Horizon Scan of Megatrends and Technology Trends in the Context of Future Research Policy,
1. WIPO [2021]. WIPO Technology Trends 2021: Assistive Technology. Geneva: World Intellectual Property Organization, s. 69
2. Kamila Kocańda, Kardiologia i prawo, „Kilka uwag na temat telemedycyny” [2018], s. 1
3. European Commission, “2021 Strategic Foresight Report”, OIB [2021], , s. 16
4. Deloitte Centre do Health Solutions, “The future unmasked. Predicting the future of healthcare and life sciences in 2025” [2020], s. 2
5. EIT Health, Round Table Series Meeting Proceeding, “Healthcare Workforce and Organisational Transformation with AI – Enacting Change” [2020, s. 6–7, 12, 16–17, 22
6. Worldometer, “World Population Milestones”, Worldometer [2022],
7. United Nations, “World Population Prospects 2022”, KE [2022]
8. Grupa PFR PARP, „Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru rolnictwa inteligentnego (Smart Farming)”, PARP [2019],
9. Accenture, „Sieci 5G w Polsce – szanse i wyzwania”, [2019], s. 17,
10. Komisja Europejska [KE], „Cyfrowy kompas na 2030 r.: europejska droga w cyfrowej dekadzie”, KE COM(2021) 118 final,
11. European Commission (Directorate-General for Research and Innovation), ERA common industrial technology roadmap on low-carbon technologies for energy-intensive industries – draft [2022] s. 10,
12. Jakub Kucharczuk, Paweł Musiałek, Tomasz Ociepka, Michał Rzeczycki, Michał Wojtyła [red.], „Zielony konserwatyzm – Wyzwania i rekomendacje w 10 kluczowych obszarach”, Klubu Jagiellońskiego [2021], s. 205–206, 212–213, 223
13. Deloitte Insights [2022], Tech Trends 2022

Ikona Inteligentne sieci energetyczne (smart grids)
i zaawansowane technologicznie magazyny energii autorstwa GOWI dla www.flaticon.com
Ikona Telemedycyny autorstwa justicon dla www.flaticon.com
Ikona Inteligentnego oraz precyzyjnego rolnictwa (Smart/Precision Farming) autorstwa
Uniconlabs dla www.flaticon.com
Ikona Zastosowania wodoru w produkcji stali autorstwa Freepik dla www.flaticon.com
Ikona Technologii dronowych autorstwa Freepik dla www.flaticon.com
Ikona Wzrostu wykorzystania nanomateriałów autorstwa Eucalyp dla www.flaticon.com
Ikona Foodtech autorstwa Freepik – food tech

Fotografie użyte w publikacji pochodzą ze strony www.canva.com



Ignacy Łukasiewicz

1822-1882

Patronem naszej sieci badawczej jest Ignacy Łukasiewicz urodzony w 1822 roku w Zadusznikach – polski farmaceuta, przedsiębiorca, działacz społeczny i patriotyczny, filantrop i prekursor przemysłu naftowego.



Łukasiewicz

Instytut
Organizacji
i Zarządzania
w Przemysle
ORGMAZ