# Analiza globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii

## Raport końcowy

pwc

Dokument powstał w ramach projektu współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014-2020.

Projekt realizowany jest w ramach poddziałania 2.4.2 Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji

Fundusze Europejskie Inteligentny Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Rozwoju i Technologii | Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

# Globalne trendy rozwojowe w obszarze technologii - factsheet

Celem przeprowadzonego badania była identyfikacja i analiza globalnych megatrendów, trendów rozwojowych, w tym technologicznych. Następnie wyniki analizy zostały odniesione do kontekstu Polski i polskiej gospodarki. W rezultacie wypracowano rekomendacje w zakresie wpływu wymienionych trendów na rozwój społeczno-gospodarczy Polski.

#Trendy

## 600+ osób zaangażowanych w realizację badania

- ☑ **50+ respondentów** w wywiadach pogłębionych z twórcami innowacji
- ☑ **50+ respondentów** w wywiadach pogłębionych z grupami konsumenckimi – odbiorcami innowacji
- ☑ **50+ ekspertów** zaangażowanych w indywidualne konsultacje, wywiady i warsztaty
- ☑ **200+ uczestników spotkań warsztatowych,** podczas których omawiano trendy rozwojowe i technologiczne w odniesieniu do Polski
- ☑ **250+ respondentów badania CATI** przeprowadzonego wśród innowacyjnych przedsiębiorstw

## Metody badawcze

**Matodyka** realizacji projektu oparta była o **kombinację metod ilościowych i jakościowych**. Przeprowadzono takie działania jak:

- Desk reserach
- Ankieta CATI
- Wywiady indywidualne i grupowe
- Warsztaty, w tym warsztat z elementami metodyki Design Thinking
- Analiza benchmarkingowa
- Konsultacje eksperckie

## Harmonogram projektu:

- Prace trwały łącznie **22 tygodnie**
- Projekt składał się z **6 etapów**, częściowo realizowanych równolegle

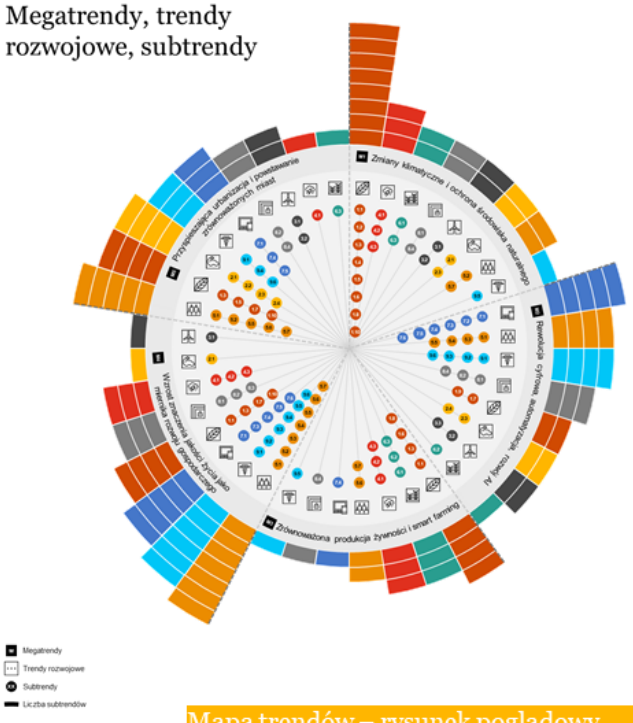
## Rezultaty prac

Przeprowadzone badania zostały podsumowane w **Raporcie końcowym**, którego załącznikiem jest **Sprawozdanie z przeprowadzonych badań**.

Materiały uzupełnia **prezentacja**, w której streszczono najważniejsze wnioski z badania.

Opracowano **Mapę trendów**, która ilustruje zależności między megatrendami oraz trendami rozwojowymi. Mapie towarzyszy **macierz trendów** – która pokazuje które trendy technologiczne wpisują się w poszczególne trendy rozwojowe.

Megatrendy, trendy rozwojowe, subtrendy



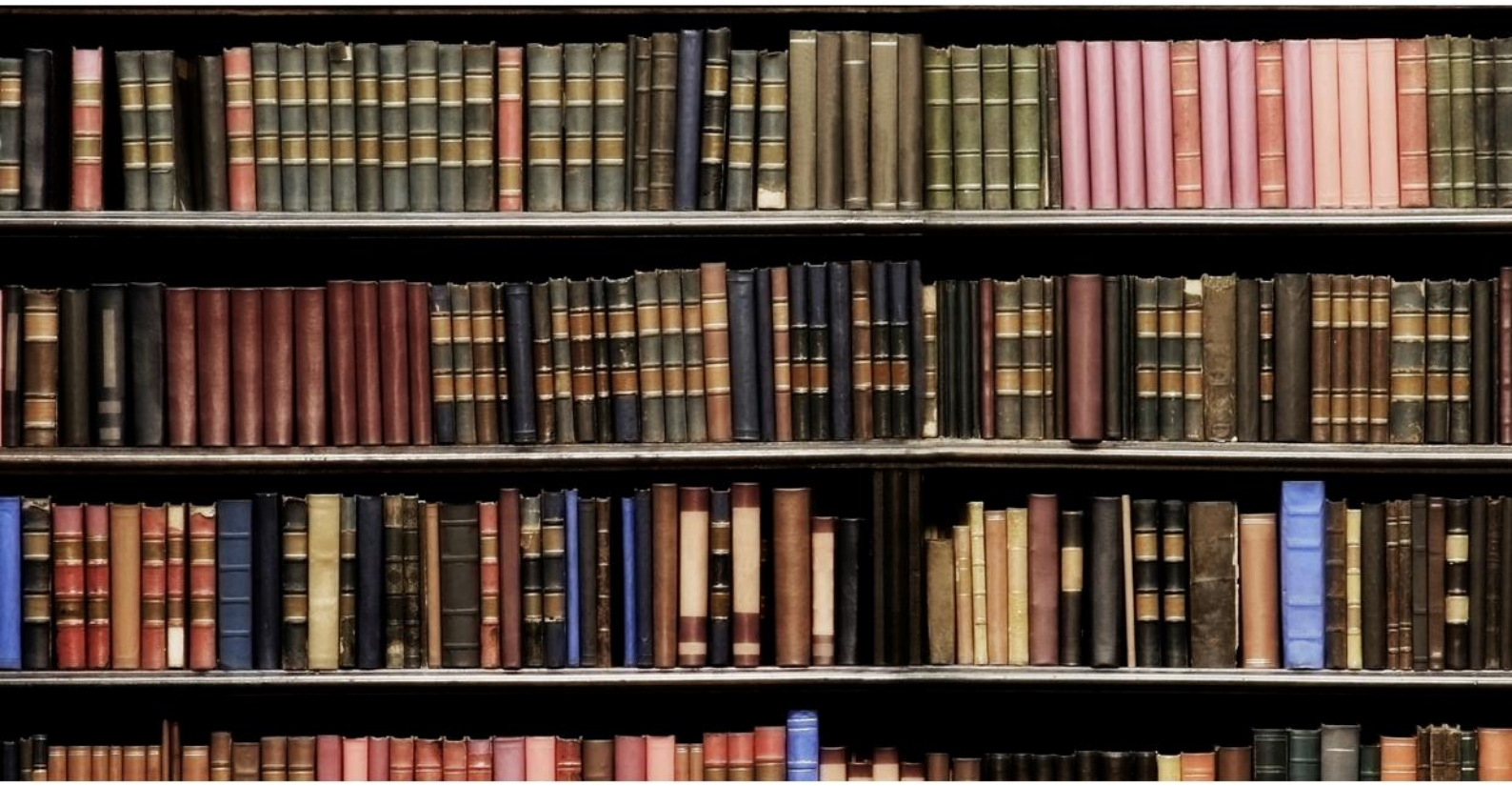

Mapa trendów – rysunek poglądowy

# Spis treści


1. Streszczenie zarządcze ..... 5
2. Przedmiot i cel raportu ..... 13
3. Metodologia i przebieg badania ..... 16
4. Wprowadzenie do trendów ..... 27
5. Megatrendy ..... 35
6. Trendy rozwojowe ..... 40
   - 6.1. Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu ..... 51
   - 6.2. Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu ..... 54
   - 6.3. Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym ..... 58
   - 6.4. Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom ..... 61
   - 6.5. Rozwój zrównoważonego społeczeństwa ..... 65
   - 6.6. Rozwój zrównoważonego rolnictwa ..... 69
   - 6.7. Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa ..... 72
   - 6.8. Zapewnienie bezpieczeństwa ..... 76
   - 6.9. Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej ..... 79
7. Trendy technologiczne ..... 82
   - 7.1. Upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej ..... 86
   - 7.2. Rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej ..... 88
   - 7.3. Rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej ..... 90
   - 7.4. Rozwój technologii przetwarzania odpadów ..... 92
   - 7.5. Rozwój technologii oczyszczania środowiska ..... 94
   - 7.6. Rozwój biotechnologii, w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt ..... 96
   - 7.7. Opracowanie inteligentnych materiałów ..... 98
   - 7.8. Opracowanie nowych leków i metod leczenia ..... 100
   - 7.9. Rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji ..... 102
   - 7.10. Rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób ..... 104
   - 7.11. Rozwój napędów zeroemisyjnych ..... 106
   - 7.12. Rozwój napędów niskoemisyjnych (wykorzystywanych w różnych środkach transportu) ..... 108
   - 7.13. Upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych ..... 110
   - 7.14. Rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) ..... 112
   - 7.15. Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT ..... 114
   - 7.16. Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji ..... 116
   - 7.17. Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń ..... 118
   - 7.18. Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości ..... 120
   - 7.19. Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych) ..... 122
   - 7.20. Rozwój technologii kosmicznych ..... 124

8. Mapa oraz macierz trendów ..... 126
9. Wpływ trendów rozwojowych na rozwój społeczno-gospodarczy Polski ..... 132
10. Rekomendacje ..... 150
11. Podsumowanie ..... 156

# 1. Streszczenie zarządcze



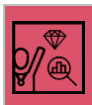
Celem badania była identyfikacja globalnych megatrendów, trendów rozwojowych oraz technologicznych, które są kluczowe z punktu widzenia dalszego globalnego rozwoju społeczno-gospodarczego oraz wskazanie potencjału rozwoju tych trendów w Polsce a także ich wpływu na społeczeństwo i gospodarkę. Prezentowany raport podsumowuje badania wykonane w trakcie projektu angażujące 604 respondentów, na które składały się badania jakościowe: 52 wywiady grupowe z twórcami innowacji (zarówno przedsiębiorcami jak i przedstawicielami ośrodków naukowych), 52 wywiady grupowe z konsumentami, 20 wywiadów indywidualnych z ekspertami z obszaru nowych technologii, warsztaty design thinking ze specjalistami zajmującymi się badaniem rozwoju przełomowych technologii , warsztaty z 202 innowatorami z wszystkich makroregionów Polski (osobami indywidualnymi, przedsiębiorcami i przedstawicielami jednostek naukowych) oraz badanie TDI na grupie 15 specjalistów w dziedzinie nowych technologii, 10 wywiadów ze specjalistami z zakresu nowych technologii a także analiza benchmarkingowa, metody ilościowe: badanie CATI na próbie 253 przedsiębiorstw. W toku badań wyróżniono oraz opisano 5 megatrendów, 9 trendów rozwojowych oraz 20 trendów technologicznych. **Megatrendy** należy rozumieć jako globalne trwałe determinanty gospodarcze, społeczne, środowiskowe i technologiczne, mające wpływ na wszystkich ludzi, gospodarki światowe i środowisko naturalne. **Trendy rozwojowe** należy rozumieć jako kierunki rozwoju w danej dziedzinie/obszarze (np. technologiczne, środowiskowe), które wpływają na dynamikę gospodarczą oraz społeczną. Natomiast **trendy technologiczne** to zjawiska zachodzące w obrębie powstających i zmieniających się ciągle technologii. Wysoki poziom zaawansowania prac oraz postępująca specjalizacja nauki pozwalają na zaprezentowanie szerokiego spektrum rozwiązań, które kształtują naszą codzienność. Należy również pamiętać, że przedstawione w niniejszym raporcie analizy powinny być aktualizowane zgodnie z szybko kształtującymi się procesami globalnymi. Wynika to ze złożonego charakteru badanych zjawisk, które często wyprzedzają podążającą za nimi naukę, ekonomię oraz politykę. Takie podejście wymusza uwzględnienie całości zjawisk globalnych i podjęcie próby ich uchwycenia w dostępnym obecnie wymiarze. Trendy zostały scharakteryzowane w jednolity sposób, co ułatwia ich porównywanie oraz zapewnia lepsze zrozumienie samego zjawiska.

**W toku prac wyłoniono 5 megatrendów:**

**Zmiany klimatyczne i ochrona środowiska naturalnego** – rozumiane jako ogół działań skupionych wokół zapobiegania i ograniczania negatywnych konsekwencji zmian klimatu oraz innych skutków wynikłych z ludzkiej działalności, ograniczania działań powodujących degradację środowiska naturalnego. Do megatrendu zostały zaliczone kwestie związane z energetyką (OZE), dbałością o środowisko naturalne oraz gospodarką obiegu zamkniętego (GOZ).

**Transformacja cyfrowa**, **automatyzacja, rozwój AI** – rozumiana jako ogół działań skupionych na technologiach opartych o dane, digitalizację zasobów, rozwój oprogramowania, algorytmów oraz usług i dóbr cyfrowych. Megatrend uwzględnia kwestie związane z rozwojem technologii zarówno dla przemysłu, sektora usług, administracji oraz użytkowników indywidualnych.

**Zrównoważona produkcja żywności i smart farming** – rozumiana jako działania zmierzające do zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego oraz zrównoważonego wykorzystania zasobów (naturalnych, rolnych i innych wykorzystywanych w produkcji rolnej). Megatrend odnosi się także do wykorzystania nowych technologii w produkcji rolnej i hodowli, które sprzyjają zarówno efektywności jak i ochronie środowiska naturalnego jako substratu działalności rolniczej.



**Wzrost znaczenia wysokiej jakości życia** – jako miernika rozwoju społeczno-gospodarczego, w tym w strategicznym podejściu do planowania polityki rozwoju. Zmieniające się potrzeby społeczeństw wymagają dbania nie tylko o wzrost PKB, ale także o czynniki społeczne, takie jak zapewnienie bezpieczeństwa, opieki społecznej i zdrowotnej, jakości edukacji, czystości środowiska naturalnego, itd.

**Przyspieszająca urbanizacja i powstawanie zrównoważonych miast** – należy rozumieć jako ogół rozwiązań mających na celu zaadresowanie potrzeb wynikających ze wzrastającej migracji do miast i rozrastania się ośrodków miejskich. Przyczyny miejskich migracji są różne jednak głównie wynikają z potrzeb zawodowych, ucieczki przed konfliktem, biedą czy katastrofami naturalnymi a także z czynników demograficznych[1]. Megatrend uwzględnia działania mające na celu budowę zrównoważonych miast, uwzględniających wyzwania klimatyczne, rozwój cyfrowy oraz innowacje w zakresie transportu czy projektowania przestrzeni publicznych.

Poza pięcioma megatrendami wyróżnionych zostało także **9 trendów rozwojowych**, które w pewnym stopniu stanowią rozwinięcie wskazanych megatrendów:

**Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu –** gospodarka przyjazna środowisku naturalnemu to taka, której negatywny wpływ na biosferę jest ograniczony. Jej istotnym wymiarem jest tak zwana gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ), której głównym zamysłem jest wielokrotne wykorzystanie materiałów i zminimalizowanie odpadów. Do GOZ zaliczamy zarówno gotowe produkty jak i materiały potrzebne do jego wytworzenia oraz zasoby naturalne jak słońce, woda czy powietrze.

**Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu** rozumiany jako rozwój w tym budowa nowoczesnej, przyjaznej środowisku infrastruktury transportowej oraz działania z zakresu produkcji pojazdów, zmierzające do neutralizacji negatywnego wpływu na środowisko i otoczenie.

**Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym** wynika z faktu, że na przestrzeni ostatnich lat konsumpcja energetyczna znacząco wzrosła. Energia potrzebna jest zarówno do rozwoju gospodarek jak i zaspokojenia podstawowych potrzeb społecznych. Dlatego tak ważnym i popularnym stało się poszukiwanie alternatywnych bądź odnawialnych źródeł energii. Kurczące się zasoby tradycyjnych surowców energetycznych (takich jak np. paliwa kopalne) oraz ich negatywny wpływ (zwiększenie emisji, głównie $CO_2$, wynikające z niego ocieplenie klimatu) na środowisko wymuszają coraz szerszy udział w miksie energetycznym źródeł alternatywnych.

**Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom** obejmuje zabiegi mające na celu ochronę środowiska naturalnego oraz zminimalizowanie negatywnego wpływu człowieka na jego otoczenie.

[1] https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/publication/demographic-trends-and-urbanization, https://www.oecd.org/regional/regional-policy/thematicworkoncities.htm

**Rozwój zrównoważonego społeczeństwa** to koncepcja zakładająca dążenie do zapewnienia wysokiej jakości życia z zachowaniem poszanowania dla granic planetarnych. Dziś w dużej mierze jest on rozumiany jako ogół działań obejmujących adaptację społeczeństwa do wyzwań wynikających ze wzmożonej migracji do miast (zwłaszcza w krajach rozwijających się). Z kolei w rozwiniętych krajach globalnej północy trend ten ma na celu w dużej mierze zmierzenie się z wyzwaniami wynikającymi z granic ekologicznych oraz zmian w strukturach demograficznych (starzejące się społeczeństwa) oraz organizacyjnych – rozlewanie się miast, migracje poza centrum.

**Rozwój zrównoważonego rolnictwa** polega na działaniach mających na celu jak najszersze wprowadzenie zrównoważonych upraw i hodowli, zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego, dbałość o gospodarkę leśną i morską, a także stosowanie nowych technologii na rzecz optymalnego wykorzystania zasobów w produkcji rolnej.

**Zapewnienie bezpieczeństwa** jest szerokim pojęciem i może odnosić się do wielu aspektów gospodarki jak i życia społecznego. Rodzaje bezpieczeństwa można podzielić ze względu na obszar jaki obejmuje (bezpieczeństwo międzynarodowe, globalne), stosunek do obszaru państwa (wewnętrzne i zewnętrzne) oraz ze względu na dziedzinę w jakiej występuje. Dotyczyć może różnych grup podmiotów, np. przedsiębiorstw, urzędów, osób prywatnych jak również sieci tych podmiotów. Istotne jest zwrócenie uwagi na rozrastanie się zakresu zjawisk, dla których wymiar bezpieczeństwa staje się bardzo istotny, choć wcześniej nie był on uwzględniany (bezpieczeństwo cyfrowe, klimatyczne, ekonomiczne, żywnościowe).

**Postępująca cyfryzacja społeczeństwa** obejmuje działania wokół rozszerzającego się zakresu wykorzystania technologii cyfrowych w gospodarce oraz społeczeństwie. Cyfryzacja wpływa na rynek pracy, rozwój usług publicznych i prywatnych oraz życie codzienne. Szczególnie ważne w tym aspekcie jest zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i zaufania do technologii.

**Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej** ogniskuje się wokół zjawisk w obrębie postępujących zmian demograficznych, ciągłego przyrostu ludności, starzenia się społeczeństwa – obserwowanego zwłaszcza wśród społeczeństw państw rozwiniętych, kryzysów sanitarnych i chorób cywilizacyjnych.

Dodatkowo wyróżnionych zostało 46 subtrendów rozwojowych, które uszczegóławiają działania w ramach poszczególnych trendów rozwojowych oraz wskazują na kluczowe obszary.

W dalszych badaniach zidentyfikowano **20 trendów technologicznych**:

1. Upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej
2. Rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej
3. Rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej
4. Rozwój technologii przetwarzania odpadów
5. Rozwój technologii oczyszczania środowiska
6. Rozwój biotechnologii, w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt
7. Opracowanie inteligentnych materiałów
8. Opracowanie nowych leków i metod leczenia
9. Rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji
10. Rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób
11. Rozwój napędów zeroemisyjnych

12. Rozwój napędów niskoemisyjnych (wykorzystywanych w różnych środkach transportu)
13. Upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych
14. Rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE)
15. Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT
16. Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji
17. Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń
18. Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości
19. Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych)
20. Rozwój technologii kosmicznych.

Trendem technologicznym określany jest obszar technologii, który podlega przyspieszonemu rozwojowi, a którego technologie znajdują szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki, państwa i społeczeństwa. Trendy technologiczne zatem, w zasadzie z założenia przenikają przez więcej niż jeden trend rozwojowy.

**Rozwój trendu** należy rozumieć jako stan w którym dany trend znajduje się w fazie wzrostu i ciągle jeszcze ewoluuje, wprowadzane są w jego obrębie nowe rozwiązania, ulepszenia, modyfikacje. Wiele elementów z obszaru trendu (np. pojedynczych technologii) wciąż się dynamicznie rozwija. Ciągle w danym trendzie prowadzi się intensywne prace badawczo-rozwojowe i poszukuje nowych rozwiązań. Jako przykład można podać tutaj blockchain.

**Upowszechnienie trendu** to z kolei zjawisko w którym dany trend jest już dość popularny i rozpoznawalny przez społeczeństwo. Znajduje się on w fazie wczesnej dojrzałości lub dojrzałości, a wiele rozwiązań wchodzących w jego obszar jest już dobrze rozwinięte i dociera do coraz większego grona odbiorców. Nie występują jednak w tych rozwiązaniach znaczące zmiany. Jako przykład można wskazać technologie oparte o sensory ruchu (np. w celu kontroli oświetlenia i oszczędzania energii elektrycznej).

**Opracowanie** danych technologii to z kolei prace w ramach danych trendów nad konkretnymi, nowymi rozwiązaniami (np. lekami czy materiałami). Nie oznacza to, że produktów lub rozwiązań wpisujących się w dany trend technologiczny nie ma na rynku, tylko, że prowadzone są intensywne prace nad powstawaniem nowych.

Zestawienie trendów zostało przygotowane na podstawie badań desk research oraz badań jakościowych i ilościowych. Zostało ono także iteracyjnie potwierdzone poprzez analizę działalności B+R przedsiębiorstw, w toku dyskusji eksperckich z przedstawicielami różnych dziedzin nowoczesnych technologii. Przedstawiony wybór trendów był także wielokrotnie omawiany w trakcie spotkań warsztatowych i indywidualnych spotkań eksperckich, które wykazały zasadność zestawu wypracowanego przez zespół badawczy.

Na podstawie przeprowadzonych prac badawczych opracowano **mapę trendów**, która ilustruje zależności między megatrendami oraz trendami rozwojowymi przez pryzmat subtrendów rozwojowych.

W raporcie zwraca się uwagę na dwa zjawiska, które ze względu na ich zidentyfikowaną i potwierdzoną istotność, zostały omówione. Pierwszym z nich jest **przenikanie się trendów**. Zjawisko to zostało określone w trakcie początkowych prac, a następnie znajdowało swoje potwierdzenie w dalszych badaniach dotyczących doprecyzowania trendów. Poprzez przenikanie rozumie się występowanie współzależności pomiędzy opisanymi zjawiskami na każdym ich poziomie oraz w obu kierunkach – interakcje mają miejsce wewnątrz danej grupy trendów oraz pomiędzy nimi. Taka dynamika prowadzi do przyspieszania występowania nowych zjawisk lub zanikania „starych". W raporcie przenikanie zostało przedstawione w ramach opisów trendów oraz wyróżnione graficznie na mapie trendów oraz załączonej macierzy. Drugim zjawiskiem jest **wpływ** tzw. **makrootoczenia** na trendy. Od samego początku analiz silnie zarysowywał się wpływ czynników nietechnologicznych na rozwój trendów. W toku prowadzonych prac, uczestnicy badań zwracali uwagę, że geopolityczna dynamika, pełna skomplikowanych napięć, coraz silniej oddziałuje na rozwój trendów. Dlatego w ramach zespołu projektowego podjęta została dyskusja nad zasadnością włączenia tych czynników do badania. W rezultacie opracowany został szereg czynników, które nie mając stricte technologicznego wymiaru, kształtują rozwój trendów. Eksperci zaproszeni do badania zwracali uwagę na rosnące znaczenie niepewności jako czynnika determinującego, bądź uniemożliwiającego długoterminowe planowanie.

**Prace projektowe zostały w większości zrealizowane przed 24.02.2022 r.**, czyli dniem wybuchu wojny w Ukrainie. Od tego momentu wszelkie działania dotyczące przyszłości rozwoju technologii są w jeszcze większej mierze podporządkowane rozwojowi czynników geopolitycznych.

W obliczu aktualnych wydarzeń wszelkie próby estymacji i prognozowania są obciążone dodatkową niepewnością. W raporcie omówiono wyodrębniony **zestaw czynników geopolitycznych** w przekonaniu, że ich znaczenie będzie rosło. Analiza czynników nietechnologicznych nie była zasadniczym celem projektu, pozwala jednak uchwycić szeroki kontekst rozwoju, który zwłaszcza obecnie, ma tak istotny wpływ. Zjawiska geopolityczne mogą też wpływać na szybkość rozwoju czy zanikania trendów oraz ich relacje. W raporcie zostały zaprezentowane przykłady **wyzwań globalnych** razem z przedstawieniem ich wpływu. Należy nawet brać pod uwagę sytuację, w której wszelkie szacunki będą musiały uwzględniać scenariusz zakładający brak możliwości przewidzenia rozwoju przyszłości w stopniu pozwalającym na sporządzenie szczegółowych planów w zakresie rozwoju społeczno-gospodarczego. Dotyczy to głównie tych trendów, które są silnie skorelowane z pozostałymi jak trendy dotyczące cyfryzacji oraz także trendy związane z bezpieczeństwem, które mają bezpośrednie przełożenie na aspekty społeczne czy nawet klimatyczne takie jak bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej. Niemniej warto nakreślić możliwości rozwoju poszczególnych obszarów technologicznych i ich potencjał dla rozwoju gospodarczego. Wówczas możliwe będzie wspieranie wysiłków na rzecz intensyfikacji rozwoju poszczególnych technologii, np. w oparciu o (krótkoterminowe) plany rozwojowe.

W ostatniej części raportu zaprezentowany został prognozowany **wpływ trendów na rozwój społeczno-gospodarczy Polski**. Starano się w niej przedstawić potencjał, potrzeby, wyzwania i konsekwencje wynikające z globalnych trendów rozwojowych dla Polski. Część ta została w większości opracowana na podstawie badań ilościowych oraz warsztatów prowadzonych w gronie ekspertów reprezentujących poszczególne makroregiony Polski. Pozwoliło to także określić, które regiony naszego kraju rozwijają poszczególne trendy. W określeniu geograficznego zasięgu trendów w Polsce wykorzystane zostały także informacje zawarte w regionalnych strategiach innowacji – dokumentach strategicznych regionalnych inteligentnych specjalizacjach. Dzięki przeprowadzeniu wcześniejszych badań w celu ich opracowania możliwe było porównanie obserwacji i rezultatów i wyłonienie obszarów Polski rozwijających dane technologie.

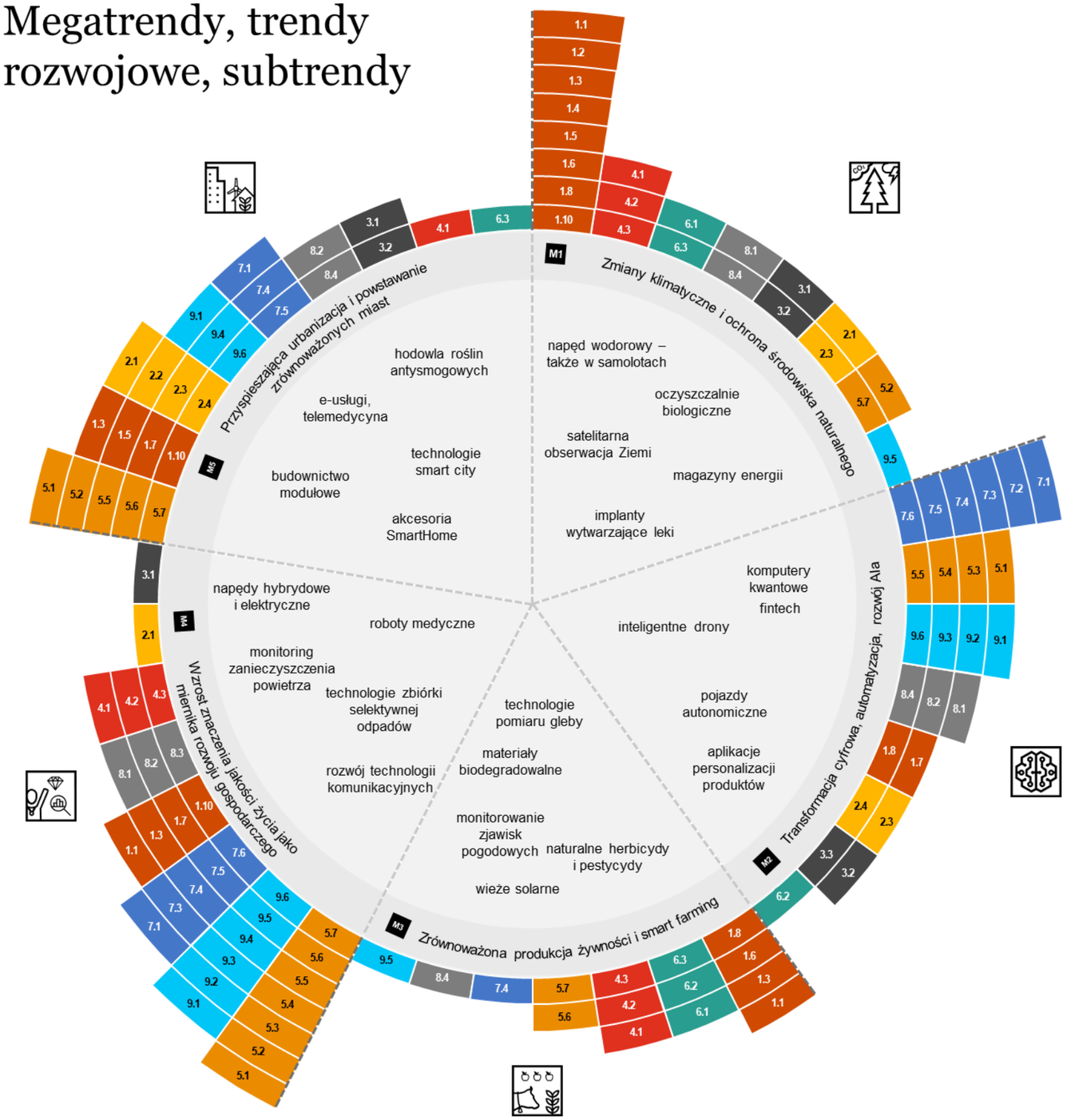
Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych prac badawczych, zespół projektowy wypracował **rekomendacje**, które uwzględniają dalszy rozwój wybranych trendów. Trendy te w dużej mierze dotyczą cyfryzacji oraz powiązanych z nią obszarów. Wynika to przede wszystkim z tego, że technologie związane z szeroko rozumianą branżą ICT są obecne we wszystkich trendach i niemal wszystkich dziedzinach gospodarki. Jednocześnie próg wejścia na rynek z nowymi rozwiązaniami w zakresie ICT jest relatywnie niski, w porównaniu do innych obszarów. Najważniejsze rekomendacje wynikające ze zrealizowanego badania:

| | Rekomendacja | Adresat/ adresaci |
|---|---|---|
| **1** | Wsparcie rozwoju technologii cyfrowych | • minister właściwy ds. rozwoju,<br>• samorządy województw,<br>• inne podmioty prowadzące politykę rozwoju,<br>• ośrodki naukowe i badawcze,<br>• instytucje otoczenia biznesu – jako wspierające m. in. rozwój technologii w przedsiębiorstwach. |
| **2** | Koordynacja kierunków badań naukowych i technologicznych z potencjałem i strategiami rozwoju przedsiębiorstw | • minister właściwy ds. rozwoju,<br>• minister właściwy ds. nauki i szkolnictwa wyższego,<br>• Sieć Badawcza Łukasiewicz |
| **3** | Skrócenie perspektywy czasowej dokumentów programowych i wypracowanie mechanizmów zwinnej aktualizacji zawartych rekomendacji | • minister właściwy ds. rozwoju,<br>• samorządy województw,<br>• inne podmioty prowadzące politykę rozwoju |
| **4** | Rozwój umiejętności miękkich wśród naukowców i innych osób zaangażowanych w prowadzenie prac B+R | • minister ds. rozwoju,<br>• minister ds. nauki i szkolnictwa wyższego |

| | | |
|---|---|---|
| | | • minister ds. przedsiębiorczości |
| **5** | Rozwój kształcenia technicznego | • minister ds. rozwoju,<br>• minister ds. nauki i szkolnictwa wyższego<br>• minister ds. oświaty |
| **6** | Wsparcie transferu technologii w celu wdrażania innowacyjnych rozwiązań | • minister ds. rozwoju,<br>• minister ds. przedsiębiorczości,<br>• instytucje otoczenia biznesu, w szczególności centra transferu technologii |
| **7** | Popularyzacja rozwiązań innowacyjnych wśród konsumentów | • Podmioty prowadzące i realizujące politykę rozwoju, zarówno na poziomie centralnym, samorządowym, pozarządowym, jak i w sektorze prywatnym |
| **8** | Opracowanie spójnych programów zachęt do wdrażania rozwiązań technologicznych i prośrodowiskowych | • Podmioty prowadzące politykę rozwoju zarówno na poziomie centralnym, jak i samorządowym |
| **9** | Wsparcie regulacyjne w obszarach intensywnego rozwoju technologii | • Podmioty, którym przysługuje inicjatywa ustawodawcza |

.

# Megatrendy, trendy rozwojowe, subtrendy




M Megatrendy  Subtrendy  xxx W poszczególnych sekcjach okręgu zostały podane przykładowe technologie

## Trendy rozwojowe z podziałem na subtrendy

**Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu**

| | |
|---|---|
| 1.1 | Ograniczenie zanieczyszczenia środowiska |
| 1.2 | Gospodarka obiegu zamkniętego - GOZ (z ang. "circular economy") |
| 1.3 | Wychwytywanie, składowanie, sekwestracja lub unieszkodliwianie gazów cieplarnianych |
| 1.4 | Upowszechnienie regeneracji wyrobów oraz ich części |
| 1.5 | Wzrost udziału odzyskiwanych surowców oraz recyklingu odpadów |
| 1.6 | Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych |
| 1.7 | Rozwój kastomizacji (personalizacji) produktów i usług |
| 1.8 | Upowszechnienie wyrobów wykonanych z materiałów biodegradowalnych, materiałów naturalnych, materiałów neutralnych dla środowiska |
| 1.9 | Wzrost zastosowania nowych/innowacyjnych materiałów |
| 1.10 | Rozwój nowoczesnych rozwiązań w budownictwie (np. rekuperacja, kogeneracja) |

**Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu**

| | |
|---|---|
| 2.1 | Ograniczenie emisji spalin emitowanych przez środki transportu (lądowe, powietrzne i morskie) |
| 2.2 | Rozwój infrastruktury transportowej (dróg, mostów) |
| 2.3 | Rozwój elektrycznych i hybrydowych środków transportu (lądowych, powietrznych i morskich) |
| 2.4 | Rozwój transportu zbiorowego, w tym rozwój sieci obecnych środków transportu oraz rozwój nowych zrównoważonych (ekologicznych) środków transportu |

**Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym**

| | |
|---|---|
| 3.1 | Zwiększenie efektywności energetycznej i wprowadzanie na rynek rozwiązań energooszczędnych |
| 3.2 | Rozwój nowych sposobów wytwarzania energii |
| 3.3 | Rozwój nowoczesnych sposobów magazynowania energii |

**Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom**

| | |
|---|---|
| 4.1 | Przeciwdziałanie ociepleniu klimatycznemu |
| 4.2 | Redukcja niedoborów i zanieczyszczenia wody (słodkiej i morskiej) |
| 4.3 | Powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej |

**Rozwój zrównoważonego społeczeństwa**

| | |
|---|---|
| 5.1 | Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast |
| 5.2 | Wzrost znaczenia architektury krajobrazu |
| 5.3 | Wzrost poziomu edukacji oraz life-long learning |
| 5.4 | Tworzenie miejsc pracy wymagających nowych kompetencji |
| 5.5 | Zapewnienie szerokiej opieki dla różnych grup społecznych |
| 5.6 | Ograniczenie ubóstwa w wybranych grupach społecznych i obszarach geograficznych |
| 5.7 | Wzrost migracji dużych mas ludności (np. ze względu na zmiany klimatyczne lub konflikty zbrojne) |

**Rozwój zrównoważonego rolnictwa**

| | |
|---|---|
| 6.1 | Rozwój zrównoważonego rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa: wprowadzenie żywności ekologicznej, ograniczenie popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego |
| 6.2 | Rozwój nowoczesnego rolnictwa (opartego o nowe technologie, np. AI, genetykę) |
| 6.3 | Redukcja marnowania żywności |

**Postępująca cyfryzacja społeczeństwa**

| | |
|---|---|
| 7.1 | Wzrost ilości przetwarzanych informacji / danych |
| 7.2 | Wzrost wymaganych mocy obliczeniowych urządzeń przysyłających i przetwarzających dane |
| 7.3 | Wzrost liczby użytkowników oraz komunikujących się urządzeń |
| 7.4 | Pojawienie się nowych obszarów digitalizacji i automatyzacji życia społecznego |
| 7.5 | Upowszechnienie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości |
| 7.6 | Rozwój mediów społecznościowych (ułatwianie kontaktów międzyludzkich, ale również zmiana formy komunikacji) |

**Zapewnienie bezpieczeństwa**

| | |
|---|---|
| 8.1 | Wzrost znaczenia bezpieczeństwa militarnego |
| 8.2 | Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa |
| 8.3 | Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego |
| 8.4 | Zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej (np. energetyka, telekomunikacja, produkcja i dystrybucja żywności) |

**Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej**

| | |
|---|---|
| 9.1 | Upowszechnianie e-usług oraz usług telemedycznych w systemie opieki zdrowia |
| 9.2 | Rozwój self-monitoringu stanu zdrowia |
| 9.3 | Rozwój nowoczesnych metod leczenia |
| 9.4 | Zwiększenie dostępności opieki zdrowia |
| 9.5 | Rozwój nowoczesnych leków oraz preparatów leczniczych |
| 9.6 | Rozwój usług opieki zdrowotnej dedykowanych dla seniorów |

Źródło: Opracowanie własne.

# 2. Przedmiot i cel raportu

We współczesnym świecie megatrendy i trendy rozwojowe wyznaczają kierunki rozwoju gospodarki oraz społeczeństwa. Poprawna identyfikacja i analiza trendów mają znaczenie strategiczne zarówno na poziomie globalnym jak i poszczególnych krajów. Szansą dla przyspieszenia dynamiki rozwoju społeczno-gospodarczego Polski w przyszłości jest umiejętne działanie, które pozwoli na zidentyfikowanie, adaptację do globalnych megatrendów i trendów rozwojowych oraz technologicznych, a także wpływanie na nie.

Niniejszy raport jest podsumowaniem projektu „**Identyfikacja globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii**”, które miały dwa podstawowe cele. Pierwszym była identyfikacja i analiza globalnych megatrendów, trendów rozwojowych, w tym technologicznych. Drugim celem było odniesienie tej analizy do Polski i przedstawienie rekomendacji w zakresie wpływu wymienionych trendów na rozwój społeczno-gospodarczy Polski. Raport należy traktować jako odpowiedź na potrzebę zdiagnozowania głównych zjawisk wpływających na zmiany w gospodarce i społeczeństwie.

Megatrendy globalne, jak i trendy rozwojowe są przedmiotem zainteresowania prac wielu podmiotów – zarówno ośrodków naukowych, stowarzyszeń czy organizacji krajowych i międzynarodowych. Wiele z nich przedstawia autorskie zestawienia megatrendów, które zdaniem zaangażowanych w prace ekspertów podsumowują najważniejsze kierunki rozwoju gospodarek i społeczeństw. Zaprezentowane w niniejszym opracowaniu **megatrendy, trendy rozwojowe i wskazane trendy technologiczne również są wypadkową analiz, opinii i ocen członków zespołu badawczego** zaangażowanego w realizację projektu.

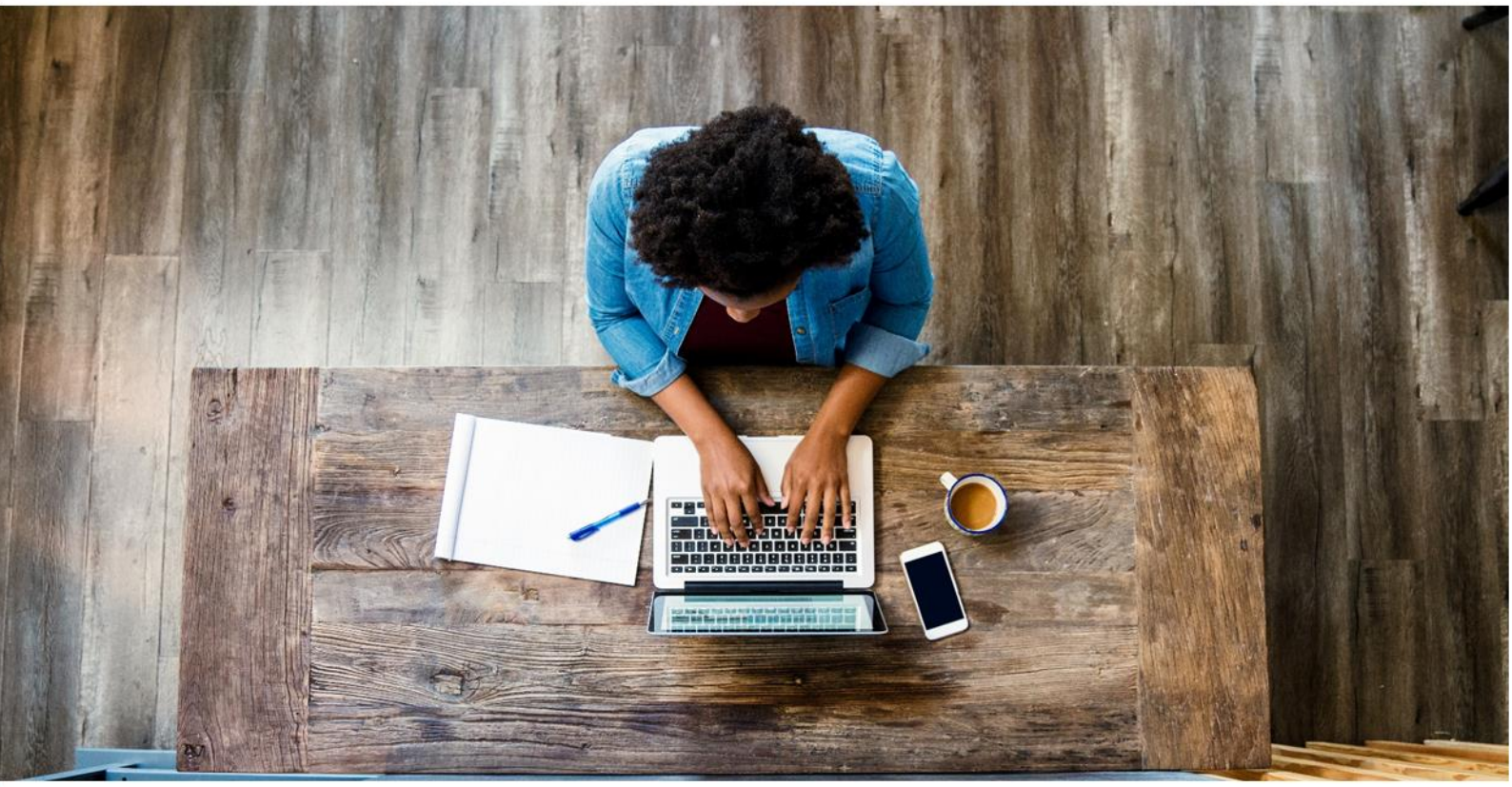
Realizacja tak ambitnego zadania możliwa była jedynie z **wykorzystaniem szeregu zróżnicowanych metod badawczych**, począwszy od analizy desk research, tj. m.in. analizy prac naukowych oraz opracowań o charakterze popularno-naukowym, autorskich opracowań światowych ekspertów, w których przybliżane są globalne zjawiska o horyzontalnym oddziaływaniu na różne dziedziny życia, na badaniach fokusowych oraz wywiadach indywidualnych kończąc. Realizując przedstawiony zakres prac, zespół badawczy zaangażował ponad 600 osób w tym ponad 100 respondentów wywiadów pogłębionych obejmujących twórców i odbiorców innowacji, ponad 50 uczestników wywiadów pogłębionych z ekspertami, ponad 200 uczestników spotkań warsztatowych z twórcami innowacji, oraz ponad 250 respondentów badania telefonicznego (CATI).z grupy twórców innowacji (zarówno z ośrodków badawczych jak i przedsiębiorstw, a także twórców indywidualnych). Tak przeprowadzona diagnoza, zaowocowała opracowaniem megatrendów, trendów rozwojowych oraz wskazanych trendów technologicznych, które następnie można było omówić z przedstawicielami świata nauki i biznesu (m.in. z doradcami w zakresie rozwoju technologii czy *foresight engineers*). Prezentowane zestawienie będzie podlegało aktualizacji w kolejnych latach, aczkolwiek ważnym czynnikiem w analizach była „trwałość” obserwowanych trendów, czyli potencjał utrzymania relewantności w dłuższej perspektywie czasowej. Raport ma na celu jak najbardziej obiektywne pod względem obecnego stanu wiedzy przedstawienie zjawisk zachodzących w różnych sferach życia społeczno-gospodarczego i przenikających się na wielu poziomach.

Rysunek 1. Najważniejsze metody badawcze wykorzystane w projekcie

Wypracowane zestawienie megatrendów globalnych, trendów rozwojowych i technologicznych, zostało uzupełnione poprzez pogłębioną analizę możliwości rozwoju wybranych technologii oraz próbę odniesienia zidentyfikowanych trendów rozwojowych oraz technologicznych do sytuacji Polski i polskiej gospodarki. Podczas serii spotkań warsztatowych, w których udział wzięło ponad 200 przedstawicieli twórców jak i odbiorców innowacji, potwierdzono opracowane zestawienie trendów, a także dyskutowano ich dojrzałość w kontekście polskiej gospodarki i polskiego społeczeństwa. Omówiono szanse jak i zagrożenia identyfikowane z rozwojem poszczególnych trendów. Dzięki temu możliwe było przygotowanie stosownych rekomendacji dla polskiej administracji, w celu jak najlepszego wykorzystania możliwości oferowanych przez rozwój nowych technologii oraz uniknięcie pojawiających się zagrożeń.

Kluczową cechą, która w wielu przypadkach będzie decydować o sukcesie takich przedsięwzięć, będzie **zdolność do szybkiego reagowania i skutecznego działania**. W tym sensie **przedstawione megatrendy, trendy rozwojowe i technologiczne**, mogą stanowić **merytoryczny kontekst dla przyszłych decyzji strategicznych oraz prognozowania zmian** (zarówno podmiotów publicznych, jak i biznesu) w zakresie wsparcia poszczególnych obszarów rynkowych lub technologicznych, które mają największy potencjał przyczynienia się do przyspieszenia rozwoju społeczno-gospodarczego.

# 3. Metodologia i przebieg badania



## Przebieg prac badawczych

Metodyka badania zakładała **6 etapów**, z których składa się projekt.

**Etap pierwszy** miał na celu analizę dostępnych baz danych i publikacji w zakresie technologicznych globalnych trendów i wyzwań społeczno-gospodarczych. Jak wynika z przytoczonych w sprawozdaniu z przeprowadzonych badań (sekcja „Wnioski z przeprowadzonej analizy desk research w kierunku identyfikacji megatrendów, globalnych trendów rozwojowych i technologicznych") klasyfikacji megatrendów bazujących na raportach różnych podmiotów (np. Bank Światowy, ONZ OECD, UE), nie istnieje możliwość ustalenia jednej, końcowej i skończonej listy megatrendów.

W zależności od perspektywy i zainteresowania interesariuszy, lista megatrendów może przybierać różny kształt. Czym innym interesują się podmioty biznesowe, czym innym organizacje pozarządowe, a czym innym partie polityczne i rządy poszczególnych państw. Choć megatrendy przedstawiają perspektywę globalną, a fakty oraz odzwierciedlające je dane pozostają niezmienne, w zależności od interpretacji, możliwe jest wybieranie tych trendów, które są kluczowe dla określonego myślenia o przyszłości i na które powinno się zwracać szczególną uwagę.

W związku z tym po dokładnej analizie wielu dostępnych raportów i opracowań dotyczących megatrendów, zdecydowano się wybrać jedynie te, które zostały potwierdzone w etapie 3 przez ekspertów, uczestników badań CATI, IDI, FGI oraz uczestników warsztatów dotyczących identyfikacji nisz rynkowych. Przeprowadzone analizy wykazały, że o ile nie istnieje szeroko przyjęta lista czy klasyfikacja trendów, o tyle propozycje wskazywane przez różnych autorów są de facto ze sobą zbieżne. Różnice między nimi w istocie dotyczą granulacji lub uwypuklenia konkretnych elementów (zwykle ważnych dla autora danego zestawienia trendów).

*Najważniejsze metody badawcze:*

**Etap drugi** poświęcony był analizie wyników prac B+R, wdrożeń innowacji oraz działań/planów działań przedsiębiorstw. Wyniki analizy w największym stopniu przyczyniły się do identyfikacji obszarów technologicznych, które są przedmiotem intensywnych prac. W uproszczeniu – trendami technologicznymi nazywa się te obszary technologiczne, które są intensywnie rozwijane zarówno przez naukowców jak i przemysł. Analiza działalności innowacyjnej, w tym wdrożeń wyników prac B+R w przedsiębiorstwach wskazuje na obszary, w które przemysł inwestuje.

*Najważniejsze metody badawcze:*

Prace badawcze w **etapie trzecim** były wprost powiązane z analizami etapu 1 i 2. Założeniem analizy wdrożeń prac B+R jest odpowiadanie na potrzeby konsumentów, zatem prace etapu 3 skupione były wokół analiz tych potrzeb. Analiza koncentrowała się przede wszystkim na popytowym zapotrzebowaniu społeczeństwa na nowe technologie, produkty i usługi. W celu jego określenia przeprowadzono badania FGI, IDI oraz CATI. Wnioski przedstawione w niniejszym raporcie są syntezą licznych opinii oraz zróżnicowanych punktów widzenia. Do tej pory w badania IDI, FGI oraz spotkania warsztatowe zaangażowanych zostało ponad 130 osób. Dodatkowo w badaniu CATI wzięło udział ponad 250 respondentów. Łącznie wyniki przeprowadzonych badań agregują opinie wyrażone przez ponad 380 osób. Badania te zostaną także wykorzystane w dalszych etapach analizy.

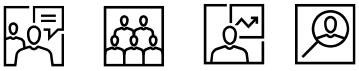
*Najważniejsze metody badawcze:*

**Etap czwarty** poświęcony był analizie wyników prac przedstawionych w etapach 1-3 i opracowaniu klasyfikacji opisywanych trendów, wraz ze szczegółowym ich opisem. Prace w etapie czwartym podsumowuje finalne zestawienie megatrendów, trendów rozwojowych i technologicznych oraz wskazanie zależności między nimi. Produktem prac tego etapu jest także prezentowana w niniejszym raporcie **mapa trendów**.

*Najważniejsze metody badawcze:*

**Piąty etap** prac skupiony był wokół odniesienia zidentyfikowanych i usystematyzowanych trendów rozwojowych i technologicznych do rynku polskiego i sytuacji gospodarczej w Polsce w perspektywie do 2040 r. Przeprowadzono szereg spotkań warsztatowych z przedstawicielami przedsiębiorstw, jednostek naukowych, instytucji wspierających rozwój przedsiębiorstw i przedsiębiorczości, instytucji otoczenia biznesu, a nawet grup konsumenckich. Wyniki spotkań warsztatowych były na bieżąco analizowane przez zespół projektowy w celu wyciągnięcia wniosków istotnych z punktu widzenia celów badania.

*Najważniejsze metody badawcze:*



**Etap szósty** polegał na przenalizowaniu wyników poprzednich etapów oraz przedstawieniu rekomendacji dla polskiej administracji oraz przedsiębiorców. Zaproponowane zestawienie trendów, jak i wnioski w kontekście planowania rozwoju społeczno-gospodarczego Polski, zostały skonsultowane z ekspertami zewnętrznymi – niebiorącymi udziału w regularnych pracach badawczych.

*Najważniejsze metody badawcze:*

Rysunek 2. Schemat realizacji zamówienia

Źródło: Opracowanie własne.

**Proces identyfikacji trendów oraz zależności między nimi**

Proces określania megatrendów, trendów rozwojowych i technologicznych miał charakter **iteracyjny** i **wielokierunkowy** (obejmujący zależności wertykalne pomiędzy megatrendami, trendami rozwojowymi i technologicznymi jak i horyzontalne pomiędzy trendami tego samego typu). **Całość procesu oraz jego schemat metodologiczny prezentuje grafika podsumowująca rozdział**.

## Desk research

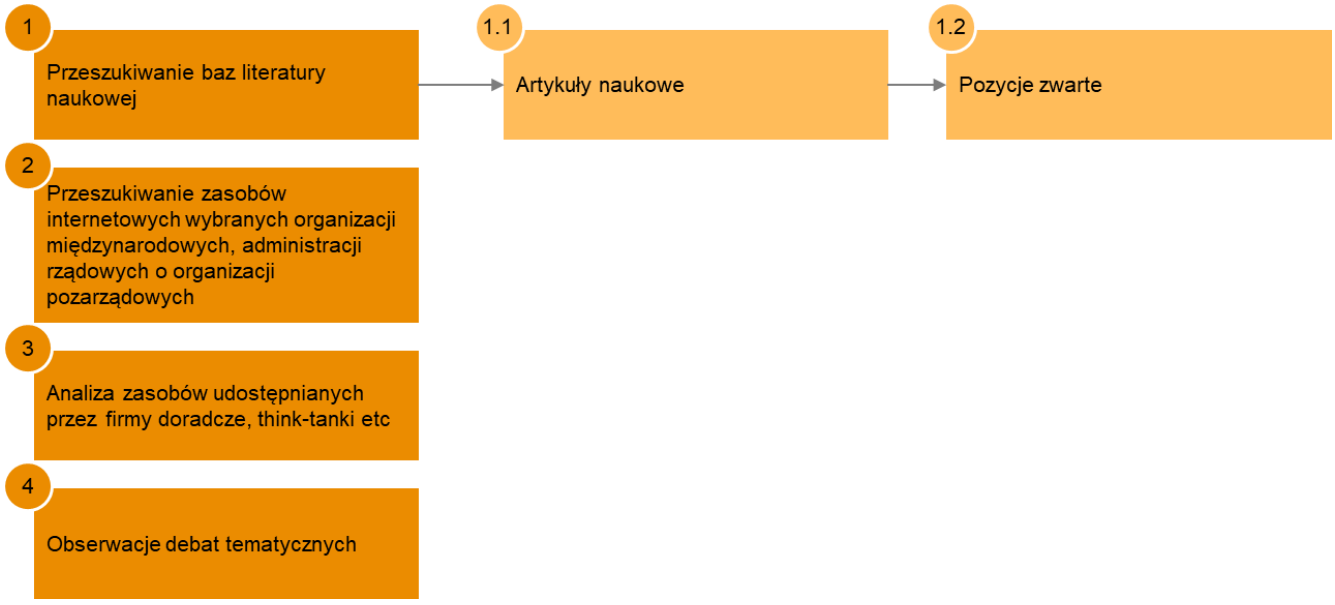
Punktem wyjściowym była analiza desk research. Jej celem było przygotowanie listy trendów na podstawie literatury naukowej[2], opracowań firm doradczych, think-tanków (PIE, Zukunftinstitut) oraz organizacji międzynarodowych (Bank Światowy, Komisja Europejska, OECD). Przykładowe zestawienie megatrendów oparte o badania Komisji Europejskiej wymienia następujące elementy[3]:

- przyspieszenie zmian technologicznych i hiperłączność;
- pogarszający się niedobór zasobów;
- zmieniający się charakter pracy;
- zmiana paradygmatu bezpieczeństwa;
- zmiana klimatu i degradacja środowiska;
- kontynuacja urbanizacji;
- dywersyfikacja edukacji i uczenia się;
- poszerzanie się nierówności;
- rozszerzanie wpływów Wschodu i Południa;
- rosnąca konsumpcja;
- narastające nierównowagi demograficzne;

[2] Pełna lista analizowanych pozycji została zamieszczona w sprawozdaniu z badań
[3] https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/tool/megatrends-hub_en informacje o pozostałych wykorzystanych zestawieniach dostępne są w sprawozdaniu z badań

- rosnący wpływ nowych systemów zarządzania;
- rosnące znaczenie migracji;
- zmieniające się wyzwania zdrowotne;
- zaangażowanie różnych narzędzia do oceny megatrendów, w zależności od celu analizy;
- powiązania megatrendów.

Warto zaznaczyć, że różne organizacje proponują różne zestawienia megatrendów czy trendów rozwojowych – często w zależności od tego na których aspektach się skupiają, czy też jak często aktualizują swoje propozycje. W celu identyfikacji megatrendów, trendów rozwojowych i technologicznych przeprowadzono systematyczny przegląd literatury bazy publikacji naukowych Scopus, uzupełniony o analizę polskich dokumentów programowych i strategicznych, przegląd raportów i „white papers" firm doradczych, think-tanków itp., oraz obserwacje debat tematycznych. Zidentyfikowane w ten sposób listy trendów zostały zweryfikowane w kontekście polskim poprzez wywiady i warsztaty z polskimi ekspertami.




**Analiza działalności innowacyjnej przedsiębiorstw**

Analiza działalności innowacyjnej przedsiębiorstw stanowiła istotną część analizy desk research. Do analizy działań B+R przedsiębiorstw wykorzystano zasoby takich baz jak **EU Engineroom, IHS Markit czy Gartner** Jej celem było rozpoznanie typów, metod, źródeł finansowania oraz obszarów aktualnie prowadzonych prac B+R na świecie. Należy sobie zdawać sprawę, że **wyniki prowadzonych prac B+R wpływają na pozycję konkurencyjną przedsiębiorstwa i dlatego, co do zasady, stanowią jedną z najbardziej chronionych tajemnic handlowych przedsiębiorstwa**. Z tego też względu każde przedsiębiorstwo, powstrzymuje się przed upublicznianiem wyników prowadzonych prac B+R do momentu gdy ich ujawnienie jest konieczne lub ma potencjał przyniesienia korzyści.

Analizie poddano także **streszczenia patentów** liderów, które uzyskały ochronę patentową od 2005 do 2020 włącznie. Badania streszczeń patentów wykazały, że przedsiębiorstwa głównie inwestują w badania dotyczące opracowania nowych produktów lub umożliwiających dodanie nowych funkcji bądź ulepszenie funkcjonujących produktów. Liderzy branży IT intensywnie pracują nad nowymi algorytmami, w tym wykorzystującymi **sieci neuronowe i sztuczną inteligencję**. Drugim dominującym obszarem jest **wirtualna i rozszerzona rzeczywistość**. Branża farmaceutyczna rozwija nowe substancje chemiczne, jak również wiele zgłoszeń patentowych dotyczy **technologii wytwarzania leków**. Spora część patentów uzyskanych przez przedstawicieli branży samochodowej dotyczy technologii produkcji części i samochodów. Zgłoszenia patentowe przedsiębiorstw branży lotniczej jak i chemicznej dotyczą **nowych materiałów i substancji**.

W zgłoszeniach branży lotniczej dominują zgłoszenia dotyczące nowych rozwiązań ukierunkowanych na zwiększenie funkcjonalności istniejących produktów.

Równolegle prowadzono analizę krajowych dokumentów strategicznych i programowych takich jak:

- Foresight technologiczny przemysłu – Insight2030;
- Projekt Strategii Produktywności;
- Krajowa Inteligentna Specjalizacja;
- Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju;
- Projekty dokumentów strategicznych i wdrożeniowych opracowanych na potrzeby wdrożenia Funduszy Unijnych w perspektywie 2021-2027.

**Analiza** powyższych dokumentów przyczyniła się nie tylko do przygotowania listy megatrendów, trendów rozwojowych oraz technologicznych, ale **pozwoliła także na wstępne ustalenie zależności między nimi** oraz była istotna podczas przygotowywania scenariuszy dalszych badań jakościowych (IDI, FGI) oraz ilościowych (CATI). Od tego momentu możliwe było dalsze rozwijanie listy dzięki **iteracyjnej weryfikacji wstępnych ustaleń** w badań jakościowych, ilościowych oraz przeprowadzanych warsztatach i spotkaniach eksperckich.

## Badania jakościowe oraz ilościowe

### Wywiady indywidualne i grupowe

Analiza desk research stanowiła podstawę i punkt wyjścia do terenowych badań jakościowych i ilościowych. Celem tych badań była ocena wpływu trendów na kształtowanie relacji między podmiotami gospodarek światowych – konsumentów (odbiorców innowacji) z jednej strony i producentów (twórców innowacji) z drugiej strony. Wśród zastosowanych metod jakościowych należy wymienić przede wszystkim wywiady grupowe (FGI), które prowadzono osobno wśród **odbiorców innowacji** (konsumentów, grup konsumenckich) oraz wśród **twórców innowacji** – przedsiębiorców i podmiotów ich wspierających, czyli przedstawicieli świata naukowego i instytucji otoczenia biznesu. Przyjęto, że w wywiadach weźmie udział minimum 50 respondentów z grupy odbiorców i minimum 50 respondentów z grupy twórców innowacji.

Ponadto przeprowadzono ponad 20 dodatkowych rozmów, przede wszystkim z przedstawicielami grupy twórców innowacji, tj. przedsiębiorców, naukowców, osób wspierających przedsiębiorczość. Wywiady indywidualne względem wywiadów przeprowadzanych w grupach miały charakter bardziej eksploracyjny.

Na potrzeby przeprowadzenia badań, m. in. w celu zapewnienia porównywalności uzyskiwanych wyników, opracowano narzędzia badawcze – tj. scenariusze wywiadów. Przygotowano trzy rodzaje scenariuszy[4]. Pytania do odbiorców innowacji i do twórców innowacji częściowo pokrywały się. Powodem takiego zabiegu było poznanie dwóch różnych punktów widzenia na te same kwestie, aby można było je porównać. Należy zaznaczyć, że scenariusze wywiadów miały na celu ustrukturyzowanie rozmowy, nie miały jednak charakteru kwestionariusza.

Wywiady indywidualne (IDI**) prowadzono natomiast z przedstawicielami wybranych przedsiębiorstw, jednostek naukowych, badawczych i instytucji otoczenia biznesu, którzy z uwagi na swoje doświadczenie zawodowe mogli dostarczyć ciekawych i istotnych z punktu widzenia celów projektu informacji**. Do rozmów zapraszano przede wszystkim członków grup roboczych Krajowych lub regionalnych inteligentnych specjalizacji. Dzięki temu zapewniono, że respondenci mają wiedzę i opinię na temat zmian obserwowanych w gospodarce światowej oraz technologiach.

[4] Szczegółowe informacje dotyczące scenariuszy znajdują się w sprawozdaniu z badań.

**W badaniach branża respondenta często pokrywała się z trendem, na który respondent zwracał szczególną uwagę.** Dla przykładu przedstawiciele firm energetycznych często mówili o konieczności rozwoju technologii przyjaznych dla środowiska, OZE, rozwoju technologii wodorowych czy alternatywnych paliw. Z kolei przedstawiciele przemysłu wspominali o konieczności obniżenia kosztów produkcji (w tym kontekście poruszali często zagadnienia związane z dostępem do taniej energii czyli często kwestiami dotyczącymi rozwoju alternatywnych źródeł energii). Przedstawiciele sektora farmaceutycznego i chemicznego wskazywali na konieczność poszukiwania nowych substancji na potrzeby ich przemysłu lub farmacji. W tym kontekście wzmiankowano także rozwój nowych leków i rozwój zainteresowania kwestiami dotyczącymi jakości życia i zrównoważonego społeczeństwa. Przedstawiciele branży medycznej poruszali tematy rozwoju technologii cyfrowych i ich szersze udostępnienie w medycynie. Często ich wypowiedzi zahaczały także o zastosowanie tego rodzaju technologii do wrażliwych danych medycznych, co może generować ryzyka. Z kolei przedstawiciele branży IT mówili o szerokim zastosowaniu aplikacji, AI czy automatyzacji do różnego rodzaju zagadnień – od projektowania wnętrz czy budownictwa, przez procesy przemysłowe aż do jak najszerszego i bezpiecznego wykorzystania sztucznej inteligencji**. Podczas wywiadów prowadzonych w grupach łatwiej można było zauważyć „przenikanie się" trendów**. W spotkaniach udział brali przedstawiciele różnych branż, którzy potrafili prowadzić dyskusję o tych samych trendach czy zjawiskach w gospodarce, które determinują rozwój ich firm, czy obserwowane zmiany.

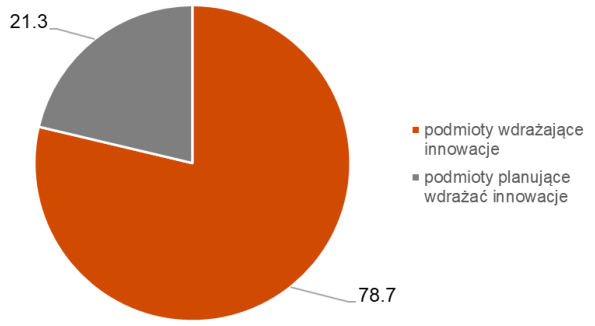
W celu pogłębienia badań i poszerzenia perspektywy dotyczącej perspektyw rozwoju trendów rozwojowych i technologicznych w Polsce oraz związanych z nimi potencjałem, potrzebami, konsekwencjami i wyzwaniami kontynuowano badania terenowe. **Przeprowadzono 15 TDI** (ang. Telephone in-depth interview, telefoniczny wywiad pogłębiony), których uczestnicy reprezentowali przedsiębiorstwa branż nowych technologii (budownictwo, design, informatyka, transport, nowe materiały, medycyna, badania). Wywiady miały formę swobodnej rozmowy**. Dyskusje dotyczyły perspektywy rozwoju trendów w Polsce w najbliższym czasie**, sposobu ich rozumienia, zakresu oddziaływania oraz najważniejszych czynników, które na nie wpłyną. W czasie wywiadów **podkreślano istotną rolę cyfryzacji**, która w czasie pandemii Covid-19 znacząco przyspieszyła i zmusiła do skutecznego wdrożenia wielu rozwiązań firmy. Zwracano także uwagę na **coraz wyraźniejszą potrzebę dekarbonizacji polskiej gospodarki** i wdrażanie rozwiązań przyjaznych środowisku – rozwój OZE.

**Badanie ankietowe**

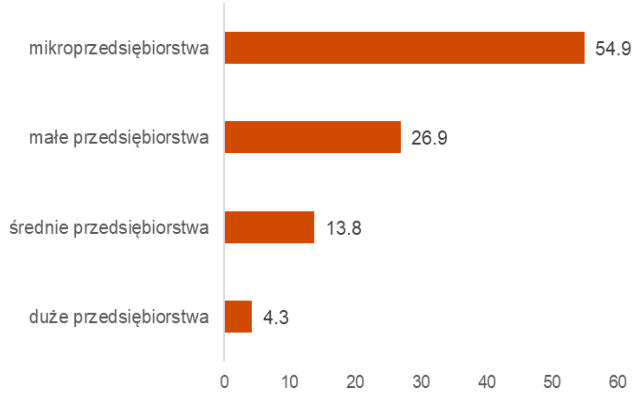
W uzupełnieniu do metod jakościowych zastosowano **badanie ankietowe (CATI)** wśród przedsiębiorstw innowacyjnych, czyli takich, które wdrażają lub które planują wdrażać innowacyjne rozwiązania w najbliższym czasie. Celem badania CATI była weryfikacja wniosków uzyskanych na podstawie analiz desk research oraz rozszerzenie wiedzy na temat postrzegania trendów w Polsce i na świecie. Biorąc pod uwagę liczbę przedsiębiorstw w Polsce oraz strukturę „zbioru", przyjęto, że próba powinna obejmować minimum 246 podmiotów. Badanie to zostało w dużej mierze wykorzystane do identyfikacji trendów, oceny ich wpływu na społeczeństwo oraz stanu ich rozwoju w Polsce.

**Wszystkie przedsiębiorstwa wskazywały najczęściej na używanie lub chęć rozwoju takich technologii jak cyberbezpieczeństwo, automatyzacja procesów oraz rozwój nowych materiałów**. Jako bardzo ważne zostały wymienione następujące technologie: wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa, redukcja marnowania żywności oraz zwiększenie efektywności energetycznej oraz przechowywanie danych w chmurze.

Rysunek 3 Struktura próby ze względu na wdrażanie lub planowanie wdrażania innowacji (w %)




Rysunek 4 Struktura próby ze względu na wielkość przedsiębiorstwa (w %)

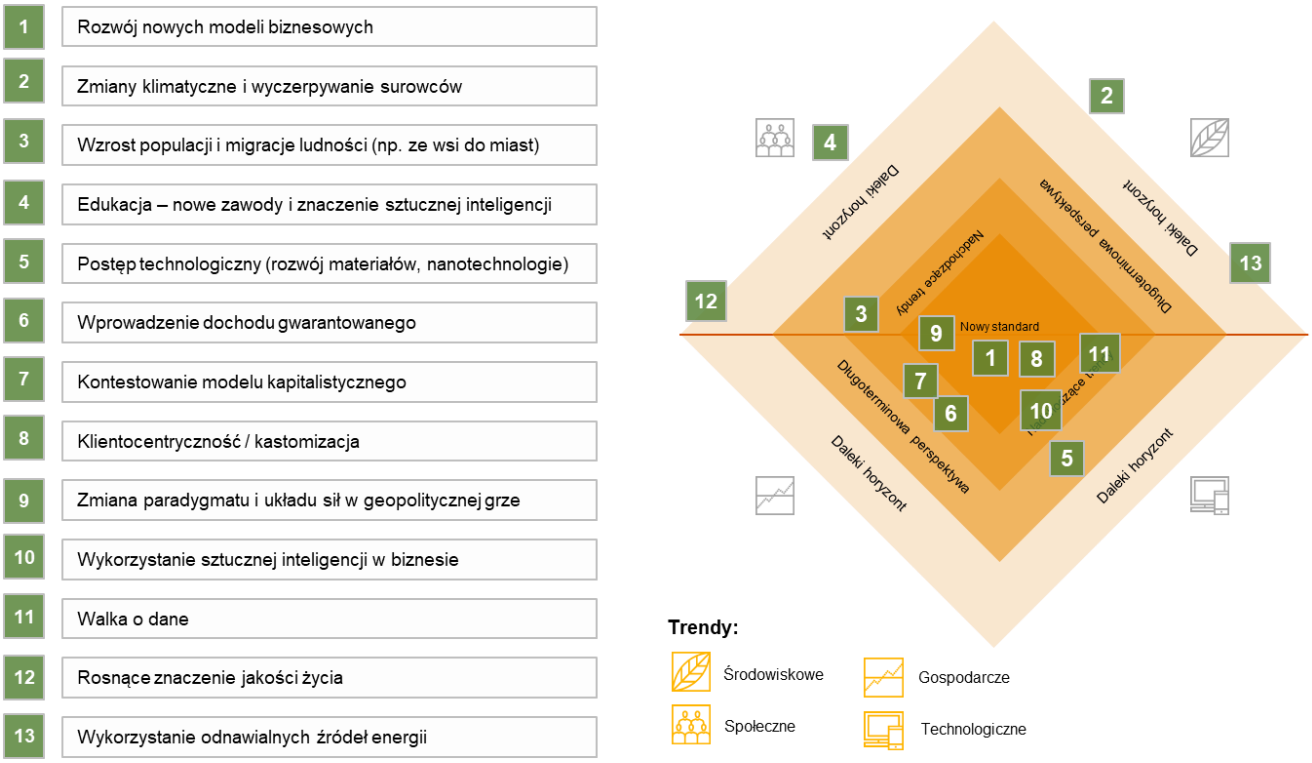



**Warsztaty**

W trakcie badań przeprowadzono także szereg warsztatów w celu pogłębienia identyfikacji trendów, ich opisu oraz ustalenia potencjału ich rozwoju. Jako pierwszy został przeprowadzony **warsztat strategiczny** z elementami metodyki **design thinking**. Warsztat posłużył do identyfikacji nisz rynkowych w obszarach technologicznych. Podczas warsztatu w gronie ekspertów w dziedzinie studiów nad przyszłością, zaawansowanych technologii, rozwoju innowacyjnej przedsiębiorczości, zastosowano elementy metodyki design thinking, które pozwalały zidentyfikować (lub nazwać) zmieniające się potrzeby w społeczeństwie i gospodarce.

**Uczestnicy potwierdzili relewantność megatrendów wypracowanych przez zespół projektowy**. Zwracano jednak uwagę na rosnące znaczenie czynników określanych jako **„niepewności”**, które w coraz większym stopniu mają wpływ na kierunek rozwoju megatrendów czy też technologii. Drugim aspektem, któremu zaproszeni eksperci poświęcili uwagę były **czynniki geopolityczne**, które mają ogromny wpływ zarówno na gospodarkę światową, jak i docelowo na możliwość rozwoju poszczególnych obszarów technologicznych w wymiarze regionalnym czy nawet lokalnym. W czasie dyskusji wyłoniono poniższe obszary kluczowe dla rozwoju technologii w nadchodzących latach.

Rysunek 5 Wyniki prac warsztatowych




Źródło: opracowanie własne. Narzędzie opracowano na podstawie projektu Instytutu Infuture

Kolejnym etapem prac badawczych, który miał na celu dyskusję nad przygotowaną listą megatrendów, trendów rozwojowych oraz technologicznych, jej modyfikację oraz dalszą charakterystykę i odniesienie do Polski były **warsztaty w 7 makroregionach**. Objęły one **202 uczestników** - twórcy innowacji, przedsiębiorcy, naukowcy, pracownicy IOB związani z grupami roboczymi KIS oraz osoby rozwijające technologie. Umożliwiło to nawiązanie merytorycznej dyskusji.

Warsztaty rozpoczynały się prezentacją dotychczasowych wyników badań. Miało to na celu wprowadzenie do dyskusji nad przedstawionym zestawem trendów. Następnie na podstawie przedstawionych trendów dokonywano **podziału na trzy grupy**:

| Grupa warsztatowa | Trendy rozwojowe omawiane przez grupę |
|---|---|
| 1. **Gospodarcza** | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu,<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu,<br>Zapewnienie bezpieczeństwa |
| 2. **Społeczna** | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa,<br>Rozwój napędów zeroemisyjnych,<br>Przyspieszająca cyfryzacja |
| 3. **Środowiskowa** | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym,<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom,<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa |

**Podczas sesji grupowych pracowano nad określaniem wpływu trendów rozwojowych na trendy technologiczne w kontekście globalnym oraz światowym**. Badanie to pozwoliło na scharakteryzowanie trendów rozwojowych oraz trendów technologicznych w ich wymiarze globalnym oraz polskim. Potwierdziło także opisane relacje między trendami oraz zasadność doboru.

**Poza serią wywiadów, przeprowadzono szereg konsultacji z ekspertami, którzy nie uczestniczyli w pracach projektowych**. Zespół projektowy zwrócił się do ekonomistów, socjologów, doradców biznesowych z prośbą o weryfikację i komentarz zarówno do sporządzonego zestawienia trendów, towarzyszącej im mapy, jak i prognozowanego wpływu trendów na rozwój społeczno-gospodarczy Polski. Dzięki przeprowadzonym konsultacjom możliwe było uzupełnienie wniosków, jak i sformułowanie rekomendacji.

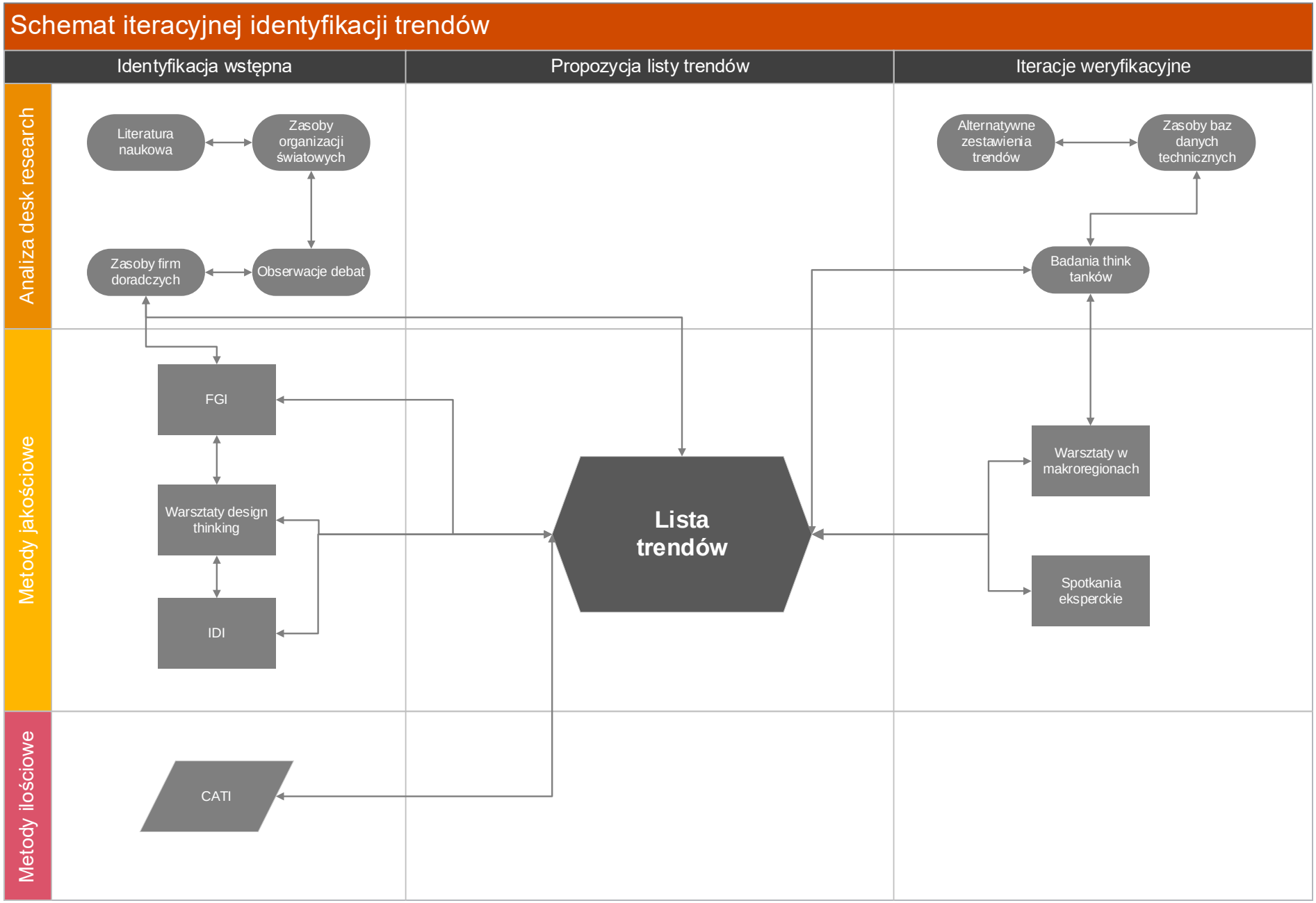
## Wnioski

Na podstawie powyższych prac wyłoniono oraz scharakteryzowano megatrendy, trendy rozwojowe oraz technologiczne**.** Biorąc pod uwagę jak wiele jest propozycji zestawień megatrendów czy trendów rozwojowych sporządzanych przez różne organizacje, należy zauważyć, że **każda propozycja zestawienia trendów ma charakter autorski** i zwykle odnosi się do celów, jakim ma służyć oraz potrzeb podmiotu, który odpowiedzialny jest za wskazanie danego zestawienia. W zależności od perspektywy i zainteresowania interesariuszy lista megatrendów może przybierać różny kształt. Czym innym interesują się podmioty biznesowe, czym innym organizacje pozarządowe, a czym innym przedstawiciele administracji poszczególnych państw.

Po dokładnej analizie wielu dostępnych raportów i opracowań dotyczących megatrendów, **zdecydowano się wybrać te, które zostały potwierdzone przez uczestników badań CATI, IDI, FGI czy też uczestników spotkaniach warsztatowych, a także zweryfikowane przez ekspertów poproszonych o recenzję i konsultowanych w kwestii opracowanego zestawienia megatrendów, trendów rozwojowych i technologicznych, a także wypracowanych rekomendacji.**

**Istotnym wnioskiem z dyskusji jest rola konsumentów w opiniowaniu i przedstawianiu perspektyw rozwoju technologii**. W tej kwestii nasuwają się dwie rekomendacje. Pierwsza dotyczy **konieczności dalszego kształcenia użytkowników technologii**, którzy często posiadają bardzo powierzchowną wiedzę na temat trendów, które mogą mieć istotny wpływ na adopcję i pełne wykorzystanie potencjału technologii (dot. to np. OZE, elektromobilności robotyzacji czy technologii kosmicznych). Druga, która wynika pośrednio z pierwszej, dotyczy **silnie ograniczonej przydatności konkluzji konsumenckich w debacie nad technologiami**. Spostrzeżenia o wysokim zakresie ogólności i niskiej wartości merytorycznej raczej blokują dyskusję i nie pozwalają na nakreślenie właściwej trajektorii rozwoju trendów – zarówno w ich aspektach pozytywnych jak i negatywnych. Dodatkowo należy wziąć pod uwagę fakt, że opinie konsumentów mają największą wartość w przypadku już istniejących produktów. Natomiast mają oni ograniczone możliwości w zakresie prognozowania abstrakcyjnych wizji przyszłych produktów i potrzeb rynkowych, a tym samym przyszłych technologii ulokowanych w tych produktach. Z tego też względu opinie konsumentów najlepiej brać pod uwagę przy analizach innowacji przyrostowych, a w przypadku analiz innowacji przełomowych zasadniejsze jest poleganie na opinii tzw. wizjonerów.

Rysunek 6. Schemat iteracyjnej identyfikacji trendów



# 4. Wprowadzenie do trendów

## Trendy - wprowadzenie

Analizując zjawiska, które kształtują rzeczywistość, wyróżnione zostały megatrendy, trendy rozwojowe oraz trendy technologiczne. Te zjawiska gospodarczo-społeczne często w literaturze naukowej lub publicystycznej porównywane są do zjawisk natury, które na różnych poziomach kształtują świat. Wychodząc od najszerszego sposobu ich rozumienia, można wskazać na **megatrendy** czyli globalne trwałe determinanty gospodarcze, społeczne, środowiskowe i technologiczne, mające wpływ na wszystkich ludzi, gospodarki światowe i środowisko naturalne (np. Zmiany klimatyczne i ochrona środowiska naturalnego). Megatrendy stanowią najszerszą i najbardziej ogólna kategorię trendów na poziomie globalnym. **Trendy rozwojowe** czyli kierunki rozwoju w danej dziedzinie/obszarze (np. technologiczne, środowiskowe– np. rozwój zrównoważonego rolnictwa), które wpływają na dynamikę gospodarczą oraz społeczną. Łączą one ogólny charakter megatrendów z wymiarem technologicznym Natomiast **trendy technologiczne** to zjawiska zachodzące w obrębie powstających i zmieniających się ciągle technologii (np. rozwój technologii kosmicznych). Stanowią one najniższy i przez to najbardziej szczegółowy wymiar trendów, często dotykając już obszarów czysto technicznych.

**Trendy rozwojowe** zostały uszczegółowione m. in. za pomocą **subtrendów**, tj. wąskich obszarów w obrębie danego trendu rozwojowego. Co istotne, na każdym z tych poziomów dochodzi do **wzajemnego przenikania się** i przepływu zastosowań, rozwiązań oraz pomysłów. Wpływa to na skomplikowaną wewnętrzną dynamikę trendów, ich okresowość oraz sposób identyfikacji. Pozornie szczegółowe odkrycie w dziedzinie materiałoznawstwa może sprawić, że rozwijane są nowe dziedziny technologii i następuje modernizacja procesów przemysłowych. Podobnie szereg zmian w dziedzinie środowiska może doprowadzić do zmiany podejścia w tworzeniu oprogramowania.

Jak wskazywano, prezentowane w niniejszym raporcie zestawienie megatrendów, trendów rozwojowych oraz technologicznych nie jest jedyną taką propozycją. Wzrost wysiłków mających na celu trafne prognozowanie przyszłych zdarzeń oraz zmian prowadzi do wzmożonych prób określenia podobnych zestawów[5]. Warto zwrócić uwagę, że różne propozycje list megatrendów, czy trendów rozwojowych nie różnią się w istocie. W rzeczywistości jest to często kwestia innego rozłożenia akcentów, czy też potrzeba wydzielenia poszczególnych obszarów, aby podkreślić ich znaczenie. Analizowane obserwacje są zwykle zbieżne, co pozwala na domniemanie „stabilności" zidentyfikowanych trendów. **Podejście zaproponowane w raporcie wyróżnia się przez odniesienie do polskiej sytuacji społeczno-gospodarczej oraz próbę umieszczenia jej na tle globalnego kontekstu.**

Trzeba zauważyć, że dzisiejsza rzeczywistość charakteryzuje się wysokim poziomem specjalizacji – w ramach wyróżnianych dotąd rodzajów działalności naukowej oraz biznesowej wyodrębniane są coraz to nowsze subdyscypliny, których zakres jest nieustannie poszerzany i powoduje powstawanie kolejnych subdyscyplin. Jednocześnie nie oznacza to, że postępujący rozwój prowadzi do izolacji trendów, czy ich silosowości. Megatrendy obejmujące znaczny obszar geograficzny oraz tematyczny charakteryzuje szeroki wpływ na rozwój społeczeństwa i gospodarki, istotny wpływ na dynamikę rozwoju technologii oraz **liczne wewnętrzne powiązania z innymi trendami**. Jednocześnie poziom złożoności procesów globalizacyjnych oraz ich rozwój prowadzi coraz częściej do trudnych do przewidzenia wydarzeń, które stawiają społeczeństwa przed wielowymiarowymi wyzwaniami. Bez wsparcia wyspecjalizowanych technologii problemy te nie mogą zostać zaadresowane. Te krytyczne momenty stanowią próbę wytrzymałości obecnych rozwiązań oraz katalizator przyszłych zmian i rozwoju dotąd nieznanych technologii. Przedstawiona analiza pokazuje, że **megatrendy** poprzez swój złożony charakter **znacząco wychodzą poza ramy jednego obszaru tematycznego i wywierają istotny wpływ na kształtowanie wielu trendów**. Przykładowo, zmiany klimatyczne wymuszają działania zarówno w sektorze energetyki, rolnictwa i bezpieczeństwa. Kryzysy sanitarne wpływają zarówno na rozwój medycyny jak i na przykład adaptację obszarów miejskich. Wzrost protekcjonizmu gospodarczego wymusza innowacje w obrocie międzynarodowym i cyfryzacji. Podobne wydarzenia powodują także, że samo

[5] Przykładowo, Polskie Towarzystwo Studiów nad Przyszłością, poza swoją autorską listą, przytacza także propozycje innych organizacji, https://ptsp.pl/megatrendy/

prognozowanie różnego rodzaju trendów obarczone jest coraz większym ryzykiem i niepewnością. W konsekwencji skróceniu ulega horyzont prognoz, zmniejsza się pewność dotycząca rozwoju przyszłych technologii, co wpływa negatywnie na inwestycje i sprawia, że konieczne jest także zweryfikowanie granic ryzyka związanych z podejmowaniem decyzji gospodarczych oraz społecznych. W **związku z tym istotne jest projektowanie i stymulowanie rozwoju technologii, które mogą znaleźć jak najszersze zastosowanie.**

## Trendy a otoczenie globalne

Same megatrendy oraz podległe im zjawiska rozwojowe i technologiczne nie istnieją w próżni. Obecnie obserwujemy wzrastające znaczenie **geopolityki** jako głównej przestrzeni wydarzeń. Odejście od uniwersalizmu spod znaku „końca historii”[6] i powrót do narodowych czy lokalnych paradygmatów w erze globalizacji stanowią przyczynek do zmian i wprowadzają znaczący czynnik destabilizacyjny. Wyrazem tych niepewności jest uwzględnianie takich kwestii jak odporność (ang. „*resilience*”) czy zrównoważenie (ang. „*sustainability*”) w strategiach dotyczących kluczowych działów gospodarki. Za przykład niech posłuży strategia Industry 5.0[7] przedstawiona przez Komisję Europejską. Jej podstawowym założeniem, które odróżnia je od wersji 4.0, jest wykorzystanie badań i innowacji na rzecz przejścia ku **zrównoważonemu, odpornemu** i opartemu o **ludzkie potrzeby** przemysłowi europejskiemu. Istotną kwestią, wyraźnie podkreślającą poziom skomplikowania oraz relacji geopolityki i megatrendów jest wzmiankowana przez ekspertów zaangażowanych w badanie konieczność przygotowania się na sytuację, w której niczego nie będziemy w stanie przewidzieć. W takiej sytuacji kluczowe jest budowanie wspomnianej „odporności”, a także zachowanie wysokiej zdolności do szybkiej adaptacji do zmieniającego się otoczenia. W tym sensie analiza megatrendów jest zadaniem strategicznie niezbędnym, a jednocześnie obarczonym szerokim marginesem błędu. Na podstawie przeprowadzonych badań została przygotowana lista różnego rodzaju wyzwań, czynników, które w pośredni lub bezpośredni sposób mogą wpływać na rozwój technologii i kształtowanie trendów technologicznych. Niektóre z nich mają charakter incydentalny, np. Brexit, inne – ciągły. Z tego też względu część z tych czynników w sposób bezpośredni uwzględniono w zidentyfikowanych trendach. Warto zauważyć, że wpływ może być zarówno pozytywny, jak i negatywny. Poniższa lista nie jest pełna i stanowi egzemplifikację wyzwań, przed którymi coraz częściej będziemy stawać[8].

Tabela 1 Czynniki mające wpływ na rozwój technologii i kształtowanie trendów technologicznych.

| Wydarzenie / zjawisko | Obszar wyzwań | Prognozowany wpływ na rozwój technologii | |
|---|---|---|---|
| | | Pozytywny | Negatywny |
| COVID-19 | Ekonomiczny, sanitarny, społeczny, cyfrowy, bezpieczeństwa | Upowszechnienie rozwiązań cyfrowych, uelastycznienie procesów zarządzania, zmiana modeli funkcjonowania firm, skracanie łańcuchów dostaw, większa dbałość o higienę, zmiana systemu edukacji | Zwiększenie nierówności społecznych, wzrost cyberprzestępczości, zmiany w zachowaniach społecznych, „zapaść” służby zdrowia, ograniczona możliwość podróżowania, problemy finansowe wielu branż (turystyka, gastronomia), uwypuklenie strukturalnych problemów budżetów państwowych, zmiany kierunków inwestycyjnych |
| Brexit | Ekonomiczny, społeczny | Przyciągnięcie części inwestorów do Polski, większa swoboda w zawieraniu umów handlowych z partnerami poza UE dla Wlk. Brytanii. | Zahamowanie innowacyjności ze względu na problemy patentowe, zaburzenia w przepływie danych, załamanie bilansu eksport/import w relacjach Wielka Brytania – UE, osłabienie wymiany handlowej |

[6] Zgodnie ze słynną tezą F. Fukuyamy, amerykańskiego politologa, zaprezentowaną na początku lat 90. historia powinna „skończyć się”, osiągając swój szczyt w rozwoju liberalnego systemu demokratycznego opartego na zasadach wolnego rynku. Teza została zaprezentowana m. in. w artykule „The end of history?” https://www.jstor.org/stable/24027184
[7] https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en
[8] https://www.millennium-project.org/15-global-challenges/, https://globalchallenges.org/global-risks/

| Wydarzenie / zjawisko | Obszar wyzwań | Prognozowany wpływ na rozwój technologii | |
|---|---|---|---|
| | | Pozytywny | Negatywny |
| | | | z Wielką Brytanią |
| **Migracje** | Ekonomiczny, społeczny, bezpieczeństwa | Rozwój technologii przepływu ludności oraz obsługi administracyjnej, rozwój tzw. „migrant technology", usprawnienie procedur migracyjnych, możliwość łagodzenia skutków ujemnego przyrostu naturalnego. | Zwiększenie kontroli nad społeczeństwem, konieczność zwiększenia bezpieczeństwa, obawy społeczne przed napływem migrantów, konflikty etniczne i kulturowe |
| **Zmiany klimatyczne** | Ekonomiczny, społeczny, bezpieczeństwa, środowiskowy | Przyspieszenie rozwoju technologii zrównoważonego środowiska oraz społeczeństwa, uświadomienie społeczeństwa jak ważna jest walka na rzecz poprawy klimatu | Konieczność stosowania technologii przejściowych lub mniej efektywnych od tradycyjnych, wysokie koszty transformacji energetycznej w krótkiej perspektywie |
| **Umiędzynarodowienie rozwoju i transferu technologii( powstawanie ponadnarodowych ośrodków naukowych jak CERN)** | Ekonomiczny, społeczny, bezpieczeństwa, środowiskowy | Zwiększenie ilości centrów technologicznych i skrócenie czasu opracowania i wdrażania nowych technologii, większa dywersyfikacja technologiczna, większa ilość partnerów i centrów rozwoju, efektywniejsze wykorzystanie zaawansowanych (i kosztownych) instalacji badawczych | Rozwinięcie różnych modeli normatywnych w podejściu do rozwijania technologii (różnice w podejściu do Internetu lub bezpieczeństwa cyfrowego w krajach Azji i Europy lub USA), zaburzenie stabilności współpracy technologicznej |
| **Ograniczanie zużycia zasobów naturalnych (np. metali ziem rzadkich)** | Ekonomiczny, społeczny, bezpieczeństwa, środowiskowy | Przyspieszenie rozwoju technologii recyklingu i regeneracji oraz opracowywania nowych materiałów, zintensyfikowane prace nad OZE | Utrudnienia w rozwoju zaawansowanych technologii |
| **Bezpieczeństwo żywnościowe** | Ekonomiczny, społeczny, bezpieczeństwa, środowiskowy | Rozwój zrównoważonego rolnictwa, powstanie nowych rodzajów żywności (plant meat, cultured meat), redukcja marnotrawstwa żywności, przekazywanie żywności przez państwa rozwinięte do krajów rozwijających się, poprawa zdrowia dzięki lepszej jakości pożywienia. | Wygaszanie tradycyjnych technologii wykorzystywanych w krajach rozwijających się |
| **Choroby cywilizacyjne** | Ekonomiczny, społeczny | Rozwój nowych metod leczenia, opracowanie nowych substancji leczniczych oraz terapii, większa świadomość społeczeństwa odnośnie samo diagnostyki, zmiana stylu życia, przystosowanie funkcjonowania społeczeństwa do starzejącego się społeczeństwa | Rozwój zagrożenia wykorzystania wrażliwych danych, rozwój technologii w oparciu o niskie standardy etyczne, dywersyfikacja standardów (różne podejście do zakresu wykonywanych zabiegów medycznych), rozwój medycyny alternatywnej |
| **Outsourcing produkcji** | Ekonomiczny, społeczny, środowiskowy, bezpieczeństwa | Większa konkurencja na rynku, która jest pozytywna dla klientów – oznacza przeważnie wyższą jakość wyrobów po niższych cenach; firmy minimalizują koszty zlecając produkcję „na zewnątrz" | Coraz silniejsze uzależnienie się od dostaw i wyrobów z innych krajów (np. Chin); w razie „załamania się" łańcuchów dostaw brak możliwości otrzymania zamówionych towarów |
| **Nowe konflikty zbrojne (także** | Ekonomiczny, społeczny, | Rozwój przemysłu militarnego oraz nowoczesnych systemów | Konflikty zbrojne w wielu regionach świata, które dotykają zwykłych |

| Wydarzenie / zjawisko | Obszar wyzwań | Prognozowany wpływ na rozwój technologii | |
|---|---|---|---|
| | | Pozytywny | Negatywny |
| **niekonwencjonalne, hybrydowe)** | bezpieczeństwa | zapewniania bezpieczeństwa; zwiększanie ekspozycji cywilnych obszarów społeczeństwa na kwestie związane z bezpieczeństwem (energetyka, zdrowie, migracje), rozwój technologii dual-use | cywili; duże napięcia społeczne wywołujące niepokój i obawy możliwą agresją militarną, zagrożenia związane z niekonwencjonalną bronią (chemiczną, biologiczną) |
| **Ścieranie się kultur (wpływ tożsamości narodowych na politykę i regulacje)** | Społeczny | Rozwój narzędzi oraz metod komunikacyjnych | Zanikanie mniejszych kultur, rozwój narzędzi śledzenia użytkowników, rozszerzanie zakresu fake-news, cyberataki |
| **Napięcia geopolityczne na różnych płaszczyznach (gospodarczej, militarnej)** | Ekonomiczny, społeczny, bezpieczeństwa | Przygotowanie na wypadek konfliktu – zwiększenie niezależności od innych państw (np. w kontekście dostaw wyrobów czy surowców), wzmocnienie militarne | Możliwość wystąpienia konfliktów zbrojnych, załamanie się relacji biznesowych z krajami objętymi konfliktem, przymusowa relokacja ludności, „wojna ekonomiczna” |
| **Paradygmat ESG (Environmental, Social and Governance Criteria)** | Ekonomiczny, społeczny, środowiskowy, bezpieczeństwa | Przyspieszenie wdrożeń technologii w przedsiębiorstwach; wzmocnienie współpracy pomiędzy jednostkami badawczymi a firmami; szersze uwzględnienie potrzeb biznesu na etapie planowania innowacji; zwiększenie dostępności technologii dla społeczeństwa oraz efekt tzw. „spillover”, tworzenie tzw. virtuous circles poprzez napędzanie wydatków na B+R przez przedsiębiorstwa dzięki wdrożonym technologiom | Możliwość przedłożenia krótkich cyklów inwestycyjnych i wdrożeniowych nad działania długofalowe; tworzenie negatywnego wizerunku technologii oraz jej wpływu, działania pozorne (np. „greenwashing”, „social washing”), które firmy lub rządy wykorzystują do unikania właściwych koniecznych zmian |

Źródło: Opracowanie własne.

Dwa wybrane przykłady wydarzeń opisane w przedstawionej tabeli (pandemia COVID-19 oraz Brexit) pokazują złożony charakter zjawisk. Ich przekrojowy wpływ, właściwość generowania nowych rozwiązań oraz uwikłanie w sferę geopolityki opisują rodzaj oraz skalę wydarzeń, jakich należy spodziewać się w przyszłości. Omówione czynniki wywierają istotny wpływ na powstawanie i rozwój trendów.

## PANDEMIA COVID-19

Pandemia koronawirusa, która rozpoczęła się w Chinach w 2019 r. była wydarzeniem, które nie było powszechnie antycypowane. Szybkie przekształcenie lokalnego ogniska zakażeń w pandemię sprawiło, że globalna społeczność zaczęła zastanawiać się nad szerokim wpływem, jaki wywrze wirus na społeczeństwo oraz gospodarkę. Pełne zbadanie społecznych i gospodarczych konsekwencji pandemii zapewne wymaga czasu. Do tej pory udało się określić pewne obszary, na które pandemia wywarła znaczący wpływ[9]. Tabela 2 przedstawia zbadany do tej pory wpływ na wybrane obszary gospodarki oraz społeczeństwa. Z uwagi na fakt, że pandemia nadal trwa, można spodziewać się, że wpływ ten będzie ewoluował, a jego prawdziwa skala zostanie zapewne pogłębiona. Poniższa tabela pokazuje w jaki sposób **pandemia pogłębiła niewidoczne lub ignorowane dotąd problemy** oraz jakie rozwiązania mogą okazać się skuteczniejsze w przypadku wystąpienia podobnych wydarzeń.

[9] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720359209

Tabela 2 Zaobserwowane zależności pandemii COVID-19 z poszczególnymi obszarami gospodarki i społeczeństwa

| Współzależności ze środowiskiem | Współzależności ze społeczeństwem i gospodarką | Wpływ na sposób zarządzania | Wpływ na transport i przestrzeń miejską |
|---|---|---|---|
| Wpływ jakości powietrza na choroby układu oddechowego | Wpływ na zachowania społeczne w dużych skupiskach | Braki w zakresie planowania i zarządzania kryzysowego mają wpływ na skuteczność rozwiązywania kryzysów | Zwiększone zagęszczenie transportu sprzyja transmisji chorób |
| Wpływ klimatu na transmisję zakażeń | Pogłębienie i uwypuklenie nierówności ekonomicznych | Zmniejszenie możliwości adaptacyjnych wskutek rozproszonej struktury zarządczej | Pandemia wpływa na proces projektowania i funkcjonowania infrastruktury miejskiej |
| Uzdatnianie wody jest utrudnione poprzez zwiększone użycie substancji chemicznych | Jednolita struktura ekonomiczno-społeczna jest bardziej podatna na negatywny wpływ | Nowe wyzwania związane z wrażliwymi danymi (np. w sektorze medycznym) | Wzrasta zapotrzebowanie na zielone przestrzenie rekreacyjne, także w ośrodkach miejskich. Zjawisko było obserwowane przed pandemią, jednak w czasie lockdown'u nabrało jeszcze większego znaczenia |
| Środki ochrony sanitarnej są zwykle wyprodukowane z jednorazowych tworzyw sztucznych, co zwiększyło ilość produkowanych odpadów | Konieczność wzmocnienia, uproszczenia i skrócenia łańcuchów dostaw | Nowe wyzwania związane z zakresem ingerencji państwa w wolność jednostki (ograniczenia w funkcjonowaniu w przestrzeni publicznej) | Rozwiązania w zakresie smart cities są bardziej skuteczne w zwalczaniu pandemii |

Źródło: opracowanie własne.

Wpływ pandemii COVID-19 był przedmiotem dyskusji także podczas warsztatu strategicznego z ekspertami z dziedziny nowych technologii. Dyskutowano na temat zjawisk, które pojawiły bądź rozwinęły się podczas pandemii, a które z dużym prawdopodobieństwem na stałe zostaną częścią rzeczywistości. Eksperci zwracali szczególną uwagę na to, jak przeniesienie różnych sfer życia społeczno-gospodarczego do izolacji wpłynęło na rozwój i upowszechnienie technologii, przyspieszyło cyfryzację życia, ale także nauczyło większej gotowości do zmian. Omawiano takie zjawiska jak:

- Znaczenie **czynników geopolitycznych**, w szczególności obserwowane odejście od multilateralizmu na rzecz kreowania i promowania lokalnych trendów oraz rozwiązań. Eksperci zwracali uwagę, że ten aspekt wyraźnie wpływa na proces kształtowania się trendów oraz jego przewidywalność. Uwidacznia się to w takich zjawiskach jak rywalizacja o dostęp do danych, zerwanie łańcuchów dostaw, czy coraz silniej obserwowany wyścig technologiczny;
- **Skokowy rozwój cyfryzacji** – nie tylko w wymiarze rozwiązań cyfrowych, rozwoju e-commerce, ale także rozwoju kompetencji cyfrowych. Wiele osób dotychczas wchodzących w skład grup wykluczonych cyfrowo (na przykład seniorów), w krótkim czasie nabyło kompetencje cyfrowe, dzięki czemu możliwe jest przyspieszenie cyfryzacji kolejnych sfer życia społecznego i gospodarczego, a także administracji publicznej. Szacuje się, że w półtora roku pandemii e-commerce osiągnął poziom, do którego według wcześniejszych prognoz mieliśmy dochodzić nawet dekadę. Pandemia podkreśliła także rozłam w dostępie do technologii cyfrowych oraz jego istotność – tzw. digital divide. Dotyczy to zwłaszcza różnic pomiędzy krajami na różnym poziomie rozwoju oraz także w obrębie poszczególnych społeczeństw.
- **Zdolność i gotowość do przeniesienia części aktywności na platformy cyfrowe** (np. praca i nauka zdalna), która prawdopodobnie pozostanie nawet po powrocie do „normalności". Pracownicy doceniają możliwość pracy z różnych miejsc, część społeczności przeniosła się do mniejszych miejscowości, firmy wręcz konkurują ofertą elastycznego trybu pracy, który zapewniają pracownikom, nauka zdalna spowodowała rozwój usług e-learningowych;

- Zwrócenie uwagi na **higienę i kwestie sanitarne**. Przykładowo, do momentu wybuchu pandemii planując przestrzeń miejską, organizując wydarzenia czy też transport, zwracano uwagę na bezpieczeństwo fizyczne (rozumiane jako ochronę przed nieszczęśliwymi wypadkami, ale także np. ochronę przed działaniami terrorystycznymi). Obecnie dodatkowo włącza się rozwiązania związane z zapewnieniem bezpieczeństwa sanitarnego;
- Rozwój **edukacji i nauki** z wykorzystaniem środków komunikacji elektronicznej oraz **e-learningów**. E-learningi nie są nowością, jednak do wybuchu pandemii pozostawały niszą rynkową, wobec której wiele środowisk odnosiło się sceptycznie. Obecnie nawet najlepsze uczelnie światowe oferują kursy zdalne, dzięki czemu ich oferta jest bardziej dostępna dla większego grona odbiorców. Stwarza to możliwość wyrównania szans edukacyjnych, której nie eksplorowano wcześniej;
- Większa **świadomość potrzeb społecznych** człowieka, a także zwrócenie uwagi na znaczenie zdrowia psychicznego. Izolacja nie jest naturalnym stanem dla człowieka i doświadczenie lockdown'ów było dotkliwe dla bardzo wielu osób, które wcześniej nie przejawiały problemów związanych ze zdrowiem w sferze mentalnej. To trudne doświadczenie przyczyniło się do zwiększenia świadomości społeczeństw jak ważną sferą życia człowieka jest zdrowie psychiczne.

## BREXIT

Brexit to sztandarowy przykład współczesnych wyzwań, które mają wielowymiarowy wpływ na funkcjonowanie współczesnego świata. **Głębokie i szerokie powiązanie systemu międzynarodowego wpływa na przeniesienie wydarzeń o charakterze regionalnym na cały glob.** Brexit jako wydarzenie społeczno-ekonomiczne ma i będzie miał poważne implikacje rzutujące na kształtowanie trendów rozwojowych i technologicznych. Skupia on także istotne cechy rozwoju tych trendów, prezentując wyzwania przed jakimi staje nowoczesne społeczeństwo globalne. Silny wpływ, wymagający szerokiej odpowiedzi technologicznej daje zauważyć się w następujących obszarach:

Tabela 3 Zaobserwowany wpływ Brexitu na poszczególne obszary gospodarki i społeczeństwa

| Obszar | Wyzwanie |
|---|---|
| **Przepływ danych** | Rozwój technologii w dużej mierze uzależniony jest od przepływu danych. Obszar ten regulowany był przez Komisję Europejską. Wyjście ze wspólnoty wpłynęło na metody prowadzenia biznesu oraz ich lokalizację. |
| **Społeczeństwo** | Utrudnienia związane z dodatkową kontrolą przepływu ludności mają negatywny wpływ na rekrutację specjalistów niezbędnych do rozwoju i utrzymania dynamicznego sektora technologicznego. Jest to również widoczne na rynku pracy, zwłaszcza w przypadku obszarów, które do tej pory polegały na pracy emigrantów.<br>Nasilenie się i ożywienie społecznych problemów mających w tle przynależność narodową (relacje z Irlandią oraz Szkocją). |
| **Własność intelektualna** | Niezbędne jest zapewnienie stabilnego systemu uznawania patentów oraz rozstrzygania sporów w dziedzinie własności intelektualnej, od której zależy rozwój nowoczesnych technologii. |
| **Inwestycje** | Wielka Brytania mierzy się z koniecznością otwarcia się na inwestycje z rynków innych niż europejskie i zastąpienie inwestycji z UE. |
| **Łańcuchy dostaw** | Konieczne było wzmocnienie oraz zbudowanie nowych łańcuchów dostaw dla zaawansowanych technologicznie usług oraz produktów. |
| **Umowy handlowe** | Brexit wymusza aktualizację umów handlowych w celu zapewnienia sprawnego przepływu dóbr i usług. Konieczne jest ustalenie m.in. strony odpowiedzialnej za powstałe utrudnienia w przekraczaniu granicy. |

Źródło: opracowanie własne

Nie da się ukryć, że powyższe przykłady mają także wymiar geopolityczny. Teoretycznie Brexit dotyczy tylko Unii Europejskiej i Wielkiej Brytanii, bowiem zmienia relacje między tymi dwoma podmiotami. Należy jednak pamiętać, że UE prowadzi relacje handlowe i dyplomatyczne na całym świecie, zatem jeśli zmienia się jej skład członkowski, to nie pozostaje to bez wpływu na wszystkie podmioty prowadzące wymianę handlową ze

wspólnym rynkiem europejskim. W kontekście identyfikacji megatrendów trzeba jednak zwrócić uwagę na zjawisko, które może być niedostrzegane na przysłowiowy pierwszy rzut oka. Brexit jest zarazem objawem, jak i „inspiracją" dla nowej fali protekcjonizmu gospodarczego, który coraz bardziej ujawnia się w różnych częściach świata. Dodatkowo, Brexit może być wykorzystany jako „nowe otwarcie" w światowym bezpieczeństwie i w tym wymiarze zdecydowanie jest zjawiskiem o wymiarze globalnym.

Zmiany o charakterze społeczno-gospodarczym są uwarunkowane w dużej mierze przez otoczenie międzynarodowe, w którym dochodzi do powstawania nowych technologii i wypierania rozwiązań niepożądanych. Co istotne taki mechanizm prowadzi także do pogłębienia wymiaru politycznego oraz geograficznego powstających innowacji. Różnice o charakterze kulturowym i historycznym mogą prowadzić do odmiennego wykorzystania technologii, zróżnicowanej gotowości do poniesienia ryzyka, rozszerzania lub zawężania zastosowań nowych technologii czy w końcu podejmowania decyzji o ograniczaniu eksportu bądź importu dóbr i usług ze względu na ich strategiczny charakter.

**W prezentowanym raporcie poza identyfikacją megatrendów wskazano także na ich złożony charakter oraz zwrócono szczególną uwagę na istniejące pomiędzy nimi zależności, które decydują o dalszym rozwoju technologii lub ich zanikaniu. Zależności te prezentuje mapa oraz macierz trendów.**
**W kolejnych rozdziałach omówiono szczegółowo zarówno sposób wypracowania propozycji megatrendów, trendów rozwojowych oraz trendów technologicznych, jak i scharakteryzowano poszczególne trendy.**

# 5. Megatrendy

Megatrendy należy rozumieć jako globalne trwałe determinanty gospodarcze, społeczne, środowiskowe, polityczne i technologiczne, mające wpływ na wszystkich ludzi, gospodarki światowe i środowisko naturalne. Megatrendy mają wymiar globalny.

## Identyfikacja megatrendów

Lista globalnych megatrendów jest wynikiem przeprowadzonego desk research, w ramach którego przeanalizowano dokumenty programowe organizacji międzynarodowych, w tym UE, OECD, Banku Światowego, think tanków oraz firm konsultingowych. W ramach identyfikacji megatrendów dokonano analizy porównawczej trendów wskazywanych przez ww. instytucje i przyjęto te, które powtarzały się w opracowaniach. Kompletność listy oraz stopień jej granulacji zostały zweryfikowane w kontekście Polski poprzez warsztaty z uczestnikami spotkań warsztatowych rekrutowanymi spośród innowatorów i twórców innowacji oraz kadry naukowej polskich uczelni i instytutów badawczych, a także w drodze konsultacji z ekspertami spoza zespołu badawczego.

Na megatrendy wpływ ma wiele różnych czynników i zjawisk, wśród których wymienić można m.in.:

- potrzeby i oczekiwania społeczeństwa;
- zmiana środowiska, w którym żyje człowiek;
- wyższe standardy życia;
- zmiana zachowań i wzorców konsumentów;
- cyfryzacja i e-commerce;
- urbanizacja i mobilność;
- regulacje prawne.

Zgodnie z informacjami przedstawionymi w nocie metodologicznej powyższa lista powstała w oparciu o analizę desk research oraz wykorzystanie analiz jakościowych i ilościowych. **Megatrendy przedstawiają „punkty ciężkości", z definicji przenikają się i nie stanowią zbiorów rozłącznych**. To samo dotyczy trendów rozwojowych, które w dużym stopniu, lecz niewyłącznie, są uszczegółowieniem / doprecyzowaniem megatrendów. Tak samo jak megatrendy - nie stanowią one zbiorów odrębnych, a niektóre ich elementy pokrywają się.

W wyniku początkowo przyjętych założeń lista oraz podział na megatrendy, trendy rozwojowe oraz trendy technologiczne miała mieć charakter hierarchiczny, gdzie każda grupa stanowią doprecyzowanie i uszczegółowienie zbioru nadrzędnego. Jednak w toku prowadzonych prac (rozdziały „Metodyka", „Wnioski z przeprowadzonej analizy desk research w kierunku identyfikacji megatrendów, globalnych trendów rozwojowych i technologicznych" oraz „Wnioski z analizy działalności innowacyjnej przedsiębiorstw" i „Przebieg realizacji badań w terenie" Sprawozdania załączonego do raportu) okazało się, że zależności te są o wiele bardziej skomplikowane i nie zawsze hierarchiczne. Taka sytuacja spowodowała, że należało przyjąć założenie o przenikaniu się trendów na wszystkich możliwych poziomach.

W toku prac wyodrębniono 5 megatrendów, tj. nurtów, szerokich tematów dotyczących gospodarek i społeczeństw, które w najbliższej przyszłości będą determinowały kierunki rozwoju społeczno-gospodarczego, a zatem napędzały prace rozwojowe, warunkowały kontekst, w którym podmioty publiczne i prywatne funkcjonują. Warto zauważyć, że megatrendy oddziałują na siebie wzajemnie, a częściowo także na siebie nachodzą. Megatrendy w pewien sposób podsumowują także potrzeby społeczne, na które w najbliższych latach konieczne będzie odpowiedzenie. W tym znaczeniu megatrendy można rozumieć jako zbiory wyzwań w poszczególnych obszarach, na które gospodarki, społeczeństwa, jak i decydenci będą starali się odpowiedzieć.

## Charakterystyka megatrendów

### 1 Zmiany klimatyczne i ochrona środowiska naturalnego

**Zmiany związane z ochroną środowiska naturalnego – należy rozumieć jako ogół działań skupionych wokół zapobiegania i ograniczania negatywnych konsekwencji zmian klimatu wynikłych z ludzkiej działalności.**

Od dłuższego czasu naukowcy alarmują o zagrożeniach wynikających z dewastacji środowiska i rabunkowej względem zasobów naturalnych, niezrównoważonej gospodarki. W ostatnich latach jesteśmy świadkami gwałtownych zjawisk pogodowych, niespotykanych dotąd z taką częstotliwością i w tylu miejscach na świecie. Dotyczy to okresów suszy, pożarów, ulew, powodzi, wichur itp. W ostatnich dekadach średnia temperatura na lądach wzrosła ok. 1.6 °C, poziom wód wzrasta rocznie średnio 3.7mm[10]. Efekt cieplarniany i topnienie lodowców niosą dodatkowe zagrożenia. Duża część zamieszkałych obecnie terenów zagrożona jest zalaniem. Podejmowane są inicjatywy i globalne ustalenia, jak np. COP26, jednak naukowcy wskazują wciąż na niedostateczne reakcje decydentów na zagrożenia. Próbami odpowiedzi na niekorzystne zmiany klimatyczne są wszelkie działania związane z dbałością i ochroną środowiska, wliczając redukcję emisji szkodliwych pyłów i gazów, konsumpcji energii i zastępowanie obecnych źródeł czystszymi alternatywami. W tym kontekście należy wspomnieć o promocji OZE, jednocześnie nie zapominając, że naukowcy wskazują, że OZE może być uzupełnieniem pozyskiwania energii ze stabilnych źródeł jak energetyka jądrowa. W trend ten wpisują się m.in. wszystkie działania związane z rozwojem alternatywnych i odnawialnych źródeł energii, technologii ograniczających emisje i zużycie energii, rekultywacja.

### 2 Transformacja cyfrowa, automatyzacja, rozwój AI

**Należy rozumieć jako ogół działań skupionych na technologiach opartych o dane, digitalizację zasobów, rozwój oprogramowania, algorytmów oraz usług i dóbr cyfrowych.**

Cyfryzacja jest efektem postępującego rozwoju technologicznego, a jednocześnie wywiera coraz większy wpływ na rzeczywistość gospodarczą oraz społeczną. Mówi się obecnie o czwartej rewolucji przemysłowej. Wiele państw uruchomiło rządowe programy dedykowane tego typu inicjatywom. Dyskusji podlega pytanie, czy jest to rewolucja w kontekście przemysłu, czy raczej ewolucja polegająca na urzeczywistnieniu koncepcji znanych od jakiegoś czasu - jak np. komputerowo zintegrowane wytwarzanie, czy elastyczne systemy produkcyjne. Niemniej należy zauważyć, że możliwości szeroko rozumianych technologii informatycznych i komunikacyjnych otwierają zupełnie nowe możliwości, ale również niosą zagrożenia. Zastosowania technologii pozwalają efektywniej prowadzić działalność przemysłową, dostarczać nowe rodzaje rozrywki, chronić ludzi i ułatwiać ich codzienne funkcjonowanie. Z drugiej strony są ryzyka takie jak uzależnienia, problemy związane z prywatnością, czy wpływ nowych technologii na relacje międzyludzkie, zdrowie mentalne użytkowników itp. Możliwości sprzętowe pozwalają już dziś na przetwarzanie dużych ilości danych. Główne kierunki badań obecnie skupione są raczej na algorytmach i zastosowaniach sztucznej inteligencji. Niemniej jednak kolejnym przełomowym krokiem będzie powszechne zastosowanie technologii opartych o mechanikę kwantową, w tym np. komputery kwantowe, kwantowe technologie optyczne, tranzystory. Do jednej z kluczowych kwestii należą wyzwania związane z prawodawstwem – konieczność zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony indywidualnej oraz grupowej (dot. przedsiębiorstw oraz podmiotów zbiorowych) oraz dbanie o zminimalizowanie tzw. digital lag, czyli zjawiska polegającego na hamowaniu innowacji przez procedury legislacyjne oraz sądowe.

[10] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf

3

**Zrównoważona produkcja żywności i *smart farming***

**Należy rozumieć jako działania zmierzające do zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego oraz zrównoważonego wykorzystania zasobów. Trend związany jest bezpośrednio z zastosowaniem technologii ICT w rolnictwie.**

Produkcja ekologiczna oznacza produkcję zrównoważoną, z lokalnych źródeł i co za tym idzie bardziej przyjazną środowisku. Sklepy w przeważającej większości oferują obecnie zdrową żywność obok żywności produkowanej w procesie skupionym na efektywności ekonomicznej. Należy pamiętać, że ekologiczna produkcja oznacza nie tylko produkcję w oparciu o zdrowe składniki, ale również produkcję w możliwie minimalny sposób wpływającą negatywnie na środowisko oraz z poszanowaniem dobrostanu zwierząt i wyłączeniem stosowania środków chemicznych. W tym kontekście kluczowe są działania organizacyjne związane ze skracaniem łańcuchów dostaw, czy z produkowaniem żywności w oparciu o lokalnych dostawców. Zrównoważone wykorzystanie zasobów, w tym wody lub nawozów, wspomagane jest przez zastosowanie technologii ICT w rolnictwie, tzw. smart farming. Precyzyjne pomiary jakości lub nawodnienia gleb, obserwacje upraw wykorzystujące technologię przetwarzania obrazów oraz big data, pozwalają na bezpieczną i zrównoważoną produkcję rolną i hodowlę, przyjazną dla środowiska naturalnego. Trend ten obejmuje szereg technologii, których spoiwem jest przede wszystkim obszar zastosowania nowoczesnych technologii energetycznych, środowiskowych, cyfrowych i społecznych.

4

**Wzrost znaczenia jakości życia jako miernika rozwoju gospodarczego**

**Należy rozumieć jako rosnące znaczenie czynników innych niż ekonomiczne w ocenie dobrobytu społeczeństw i państw.**

Tradycyjnym miernikiem rozwoju gospodarczego jest PKB (ewentualnie PKB per capita), obecnie temu wskaźnikowi towarzysz także inne, np. czynniki społeczne, bezpieczeństwo, zdrowie, edukacja, prawo i wolności obywatelskie, czy też jakość środowiska naturalnego. Trend przede wszystkim zauważalny jest w globalnej Północy i globalnym Zachodzie, czyli w państwach wysoko rozwiniętych, jednak działania rozwojowe w krajach rozwijających się również ukierunkowane są na budowanie zrównoważonego i trwałego wzrostu gospodarczego[11]. W wymiarze praktycznym trend oznacza rozwijanie produktów i technologii związanych z ochroną zdrowia, opieką nad osobami ze szczególnymi potrzebami, jakością i powszechnością edukacji, przeciwdziałanie wykluczeniom grup społecznych z różnych sfer życia, spędzaniem czasu wolnego, przyjaznym dla różnych grup społecznych planowaniem przestrzennym etc. Trend ten jest widoczny poprzez stosowanie wszelkiego rodzaju technologii informatycznych w codziennym życiu, jak np. wearables, inteligentne domy, czy rozwój technologii kreatywnych. Jednocześnie oczywiste jest powiązanie z trendami odnoszącymi się do zapobiegania zmianom klimatycznym, rozwojowi nowoczesnego rolnictwa oraz budowania zrównoważonego społeczeństwa.

5

Przyspieszająca urbanizacja i powstawanie zrównoważonych miast

**Należy rozumieć jako ogół rozwiązań mających na celu zaadresowanie potrzeb wynikających ze wzrastającej migracji do miast i rozrastania się ośrodków miejskich.**

Przyspieszająca urbanizacja może przyczyniać się do pogorszenia jakości życia i przyspieszenia negatywnych zmian klimatycznych[12]. Jako megatrend należy rozumieć jednocześnie urbanizację, jak i nowe funkcje miast. Migracje stałe i czasowe oznaczają również zmiany w funkcjonowaniu miast i aglomeracji. Dotyczy to zwłaszcza dużych metropolii (pow. 1 mln mieszkańców), które rosną w szybszym tempie niż pozostałe ośrodki[13]) Powstaje konieczność uwzględnienia i zrównoważenia w większym stopniu potrzeb różnych grup takich jak mieszkańcy, pracownicy z innych lokalizacji, piesi, rowerzyści, kierowcy. Oznacza to często konieczność zmian w przestrzeniach miejskich, a także zasad funkcjonowania (jak ograniczanie ruchu samochodowego, zwiększenia przestrzeni dla pieszych i rowerzystów), tak aby uwzględnić potrzeby grup dotychczas pomijanych. W tym kontekście wszelkie rozwiązania w nurcie smart city, np. dążące do uczynienia miast zielonymi, przyjaznymi pieszym i rowerzystom, preferującymi zbiorową komunikację itp., należy rozpatrywać jako powiązane z postępującą urbanizacją. Podobnie rozwiązania oparte o współczesne technologie związane z trendem „rewolucja cyfrowa" pozwalają na nowe rozwiązania w miastach. W okresie pandemii urbanizacja w części krajów wyhamowała, gdyż praca zdalna pozwala na mieszkanie w większej odległości od siedziby

[11] Potwierdzają to m.in. dane OECD dotyczące jakości życia w różnych aspektach (oecdbetterlifeindex.org)
[12] Np. zwiększenie smogu, zmniejszenie zdolności retencyjnych, wpływ na istniejące lokalne ekosystemy (np. starorzecza)
[13] https://www.oecd-ilibrary.org/sites/d0efcbda-en/1/3/4/index.html?itemId=/content/publication/d0efcbda-en&_csp_=29e66c6b271e1232011215f7024775fa&itemIGO=oecd&itemContentType=book

zakładu pracy wielu osób. Jednak niektóre organizacje, np. Bank Światowy prognozują, że niebawem liczba ludności miast zacznie ponownie rosnąć – szacując przekroczenie granicy 6 mld mieszkańców miast do 2045 r.[1415]. Jest to związane m. in. z wciąż rosnącą populacją na świecie. Ten megatrend jest bezpośrednio związany z budową rozwiązań cyfrowych, zwłaszcza w obszarze systemów energetycznych lub infrastrukturalnych (zarządzanie ruchem, budynkami). Istotne są także wszystkie technologie w zakresie budowy nowoczesnych i zrównoważonych sieci energetycznych.

14

https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Globally%2C%20over%2050%25%20of%20the,housing%20their%20expanding%20populations%20need.

15 https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections

# 6. Trendy rozwojowe

Trendy rozwojowe należy rozumieć jako kierunki rozwoju w danej dziedzinie/obszarze (np. technologiczne, środowiskowe, polityczne), które wpływają na dynamikę gospodarczą oraz społeczną.

Trendy rozwojowe identyfikowano poprzez analizę opisów megatrendów zidentyfikowanych w poprzednim kroku. Poszczególne obszary megatrendów zostały rozbite i uszczegółowione. Stanowią one zestawienia branż, sektorów, a często zbiory produktów mających znaczący wpływ na rozwój gospodarczy i społeczny. Otrzymana lista trendów rozwojowych została porównana z wynikami analiz zaprezentowanych w opracowaniach (np. OECD) [16]. Następnie została ona potwierdzona w trakcie spotkań eksperckich oraz warsztatów

Tabela 4 Zidentyfikowane trendy rozwojowe

| | | |
|---|---|---|
| 1 Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | 2 Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | 3 Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym |
| 4 Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | 5 Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | 6 Rozwój zrównoważonego rolnictwa |
| 7 Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa | 8 Zapewnienie bezpieczeństwa | 9 Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |

Źródło: opracowanie własne.

## Trendy rozwojowe – uszczegółowienie

Uszczegółowieniem trendów rozwojowych są tzw. subtrendy. Zespół badawczy określał subtrendy w obrębie każdego trendu rozwojowego podczas analizy dokumentów zidentyfikowanych w trakcie desk research oraz badań terenowych jako wynik pojawiających się dyskusji w trakcie wywiadów i warsztatów.

Subtrendy zostały wskazane w ramach każdego trendu rozwojowego w celu możliwie pełnego przedstawienia zjawisk, które składają się na dany trend rozwojowy.. Zestawienie subtrendów w każdym z trendów pokazuje jak pojemne są to pojęcia.

Tabela 5 Zidentyfikowane subtrendy rozwojowe

| Trend rozwojowy | Lp. | Subtrendy rozwojowe |
|---|---|---|
| **Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu** | 1.1. | Ograniczenie zanieczyszczenia środowiska |
| | 1.2. | Gospodarka o obiegu zamkniętym – GOZ (ang. „circular economy") |
| | 1.3. | Wychwytywanie, składowanie, sekwestracja lub unieszkodliwianie gazów cieplarnianych |

[16] OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016, 2021 oraz https://stip.oecd.org/stip/.

| Trend rozwojowy | Lp. | Subtrendy rozwojowe |
|---|---|---|
| | 1.4. | Upowszechnienie regeneracji wyrobów oraz ich części |
| | 1.5. | Wzrost udziału odzyskiwanych surowców oraz recyklingu odpadów |
| | 1.6. | Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych |
| | 1.7. | Rozwój kastomizacji (personalizacji) produktów i usług |
| | 1.8. | Upowszechnienie wyrobów wykonanych z materiałów biodegradowalnych, materiałów naturalnych, materiałów neutralnych dla środowiska |
| | 1.9. | Wzrost zastosowania nowych/innowacyjnych materiałów w budownictwie |
| | 1.10. | Rozwój nowoczesnych rozwiązań w budownictwie (np. rekuperacja, kogeneracja) |
| **Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu** | 2.1. | Ograniczenie emisji spalin emitowanych przez środki transportu (lądowe, powietrzne i morskie) |
| | 2.2. | Rozwój infrastruktury transportowej (dróg, mostów) |
| | 2.3. | Rozwój elektrycznych i hybrydowych środków transportu (lądowych, powietrznych i morskich) |
| | 2.4. | Rozwój transportu zbiorowego, w tym rozwój sieci obecnych środków transportu oraz rozwój nowych zrównoważonych (ekologicznych) środków transportu |
| **Zwiększenie udziału energii odnawialne i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym** | 3.1. | Zwiększenie efektywności energetycznej i wprowadzanie na rynek rozwiązań energooszczędnych |
| | 3.2 | Rozwój nowych sposobów wytwarzania energii |
| | 3.3. | Rozwój nowoczesnych sposobów przesyłania i magazynowania energii |
| **Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom** | 4.1. | Przeciwdziałanie ociepleniu klimatycznemu |
| | 4.2. | Redukcja niedoborów i zanieczyszczenia wody (słodkiej i morskiej) |
| | 4.3. | Powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej |
| **Rozwój zrównoważonego społeczeństwa** | 5.1. | Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast |
| | 5.2. | Wzrost znaczenia architektury krajobrazu |
| | 5.3. | Wzrost poziomu edukacji społeczeństw oraz life long learning |
| | 5.4. | Tworzenie nowych form i miejsc pracy wymagających nowych kompetencji (np. wynikających z Przemysłu 4.0 czy cyfryzacji) |
| | 5.5. | Zapewnienie szerszej opieki dla różnych grup społecznych (np. dla seniorów) |
| | 5.6. | Ograniczenie ubóstwa w wybranych grupach społecznych i obszarach geograficznych |
| | 5.7. | Wzrost migracji dużych mas ludności (np. ze względu na zmiany klimatyczne, bądź konflikty zbrojne) |
| **Rozwój zrównoważonego rolnictwa** | 6.1. | Rozwój zrównoważonego rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa: wprowadzenie żywności ekologicznej, ograniczenie popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego |
| | 6.2. | Rozwój nowoczesnego rolnictwa (opartego o nowe technologie, np. AI, genetykę) |
| | 6.3. | Redukcja marnowania żywności |
| **Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa** | 7.1. | Wzrost ilości przetwarzanych informacji / danych |
| | 7.2. | Wzrost wymaganych mocy obliczeniowych urządzeń przysyłających i przetwarzających dane |
| | 7.3. | Wzrost liczby użytkowników oraz komunikujących się urządzeń |
| | 7.4. | Pojawienie się nowych obszarów digitalizacji i automatyzacji życia społecznego |
| | 7.5. | Upowszechnienie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości |
| | 7.6. | Rozwój mediów społecznościowych (ułatwianie kontaktów międzyludzkich, ale również zmiana formy komunikacji) |
| **Zapewnienie bezpieczeństwa** | 8.1. | Wzrost znaczenia bezpieczeństwa militarnego |
| | 8.2. | Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa |
| | 8.3. | Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego |
| | 8.4. | Zapewnienie rozbudowy i bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej (np. energetyka, paliwa gazowe, ropa naftowa, telekomunikacja, produkcja i dystrybucja żywności) |
| **Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej** | 9.1. | Upowszechnianie e-usług oraz usług telemedycznych w systemie opieki zdrowia |
| | 9.2. | Rozwój self-monitoringu stanu zdrowia |
| | 9.3. | Rozwój nowoczesnych metod leczenia |

| Trend rozwojowy | Lp. | Subtrendy rozwojowe |
|---|---|---|
| | 9.4. | Zwiększenie dostępności opieki zdrowia |
| | 9.5. | Rozwój nowoczesnych leków oraz preparatów leczniczych |
| | 9.6. | Rozwój usług opieki zdrowotnej dedykowanych dla seniorów |

## Charakterystyka trendów rozwojowych

Charakterystyka trendu rozwojowego została opisana według następujących parametrów:

**Opis trendu** – przedstawia kontekst, główne źródła trendu oraz zjawiska, które decydują o jego zaklasyfikowaniu jako trendu. Dla lepszej ilustracji trendu zamieszczano przykładowe produkty bądź technologie wpisujące się w dany trend.

**Kierunki rozwoju** – przedstawia obszary rozwoju trendu w najbliższej przyszłości

**Dojrzałość trendu** – przedstawia fazę dojrzałości trendu, którą określano na podstawie desk research oraz potwierdzano w trakcie badań terenowych.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu** – przedstawiają zbiór uwarunkowań regulacyjnych, społecznych gospodarczych i technologicznych, które wpływają na rozwój lub wyhamowanie trendu

**Przykłady praktycznych rozwiązań** – przedstawia przykładowe technologie lub produkty wpisujące się w dany trend lub technologie wykorzystywane w produktach

**Zasięg oraz trwałość trendu** – przedstawia geograficznie globalny wymiar trendu zilustrowany mapą. Jako zasięgi geograficzne występowania trendów wskazywano te państwa, które w swoich politykach uwzględniały dany trend bezpośrednio. Trwałość trendu jest skorelowana z fazą dojrzałości trendu. Określono ją na podstawie opinii ekspertów oraz w trakcie badań terenowych.

**Opis trendu w Polsce** – przedstawia główne kierunki rozwoju i charakterystykę trendu w Polsce

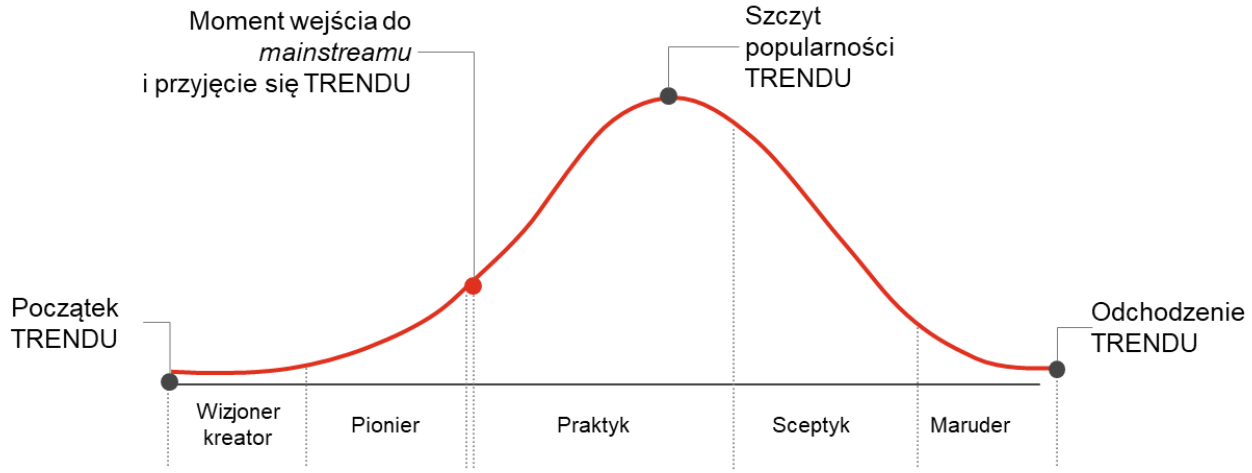
**Zasięg geograficzny trendu w Polsce** – przedstawia główne obszary występowania i rozwoju trendu, m. in. w oparciu o powiązanie z regionalnymi inteligentnymi specjalizacjami, ośrodkami rozwoju technologii, najważniejszymi ośrodkami naukowymi

**Dojrzałość trendu w Polsce** – przedstawia fazę dojrzałości trendu w Polsce wraz ze wskazaniem przykładowych obszarów rozwojowych trendu.

## Fazy dojrzałości trendów

Cykl życia trendu przyjęty w raporcie bazuje na koncepcji cyklu życia technologii (podobnie jak cyklu życia produktu) opracowanej przez Everetta Rogersa. Jest to jedna z technik analizy strategicznej, umożliwiającej diagnozę rozwoju trendu, niezbędną podczas planowania przez rządy, firmy, społeczeństwo działań związanych z określonym trendem. Zmodyfikowany cykl życia technologii przedstawiający krzywą cyklu życia trendu przedstawiono na rysunku:

Rysunek 7. Fazy dojrzałości trendów




Źródło: Opracowanie własne

Warto podkreślić, że kolejne fazy cyklu życia trendów omówiono w kontekście twórców (producenci) i odbiorców (konsumenci) innowacji, gdyż stanowili oni dwie główne grupy respondentów w zrealizowanych badaniach (IDI, FGI, CATI). W związku z tym istniała możliwość weryfikacji zaproponowanego cyklu życia trendów.

**KREATOR–WIZJONER**

Są to podmioty będące entuzjastami wszelkich nowości, trendów i twórcy mód (również nowoczesnych technologii). Wychwytują natychmiast niedostrzegane przez innych pierwsze znaki nadchodzących zmian na rynku. Można ich uznać za odpowiedzialnych za **powstanie (narodziny) trendu**.

**PIONIER**

Są to podmioty, które potrzebują już pierwszych namacalnych dowodów istnienia pewnego trendu np. pierwszych wyrobów na rynku, zapowiedzi na branżowych targach, prototypów i modeli testowych. To oni odpowiedzialni są głównie za **fazę wzrostu (rozwoju) trendu**.

**PRAKTYK**

Trendy zaczynają interesować tę część rynku dopiero, kiedy wchodzą w fazę masową. Kreatorzy-wizjonerzy wyznaczyli już kierunki, powołali do życia nowe trendy, pionierzy wprowadzili je na rynek i ten już na nie zareagował – większa część znanych i dużych marek już zaczęła produkować innowacyjne wyroby. Mają podejście praktyczne – wybierają modę na dany styl w fazie jej wzrostu, ale kiedy jest ona już dostępna i wystarczająco oswojona (**faza wczesnej dojrzałości/dojrzałości**).

**SCEPTYK**

Podmioty, które do nowinek są nastawni sceptycznie i mają dość konserwatywne podejście do wielu aspektów. Potrzebują sporo czasu, aby oswoić się z trendami. Przekonuje ich ostatecznie również to, że inni dawno to wybrali. Bardzo liczą się ze zdaniem innych i chętnie wybierają to, co się dobrze sprzedaje (**faza późnej dojrzałości/faza schyłku**).

**MARUDER**

Podmioty słabo zainteresowane trendami, niewystarczająco poinformowane, ale nie zupełnie obojętne. Najchętniej nic by nie zmieniali, ale rynek im na to nie pozwala. Nie odnotowały jeszcze, że dany trend już się zdążył wyeksploatować (**faza schyłku**). Należą do nich producenci i klienci słabo znające rynek.

Chociaż w literaturze można znaleźć różne fazy cyklu życia technologii/produktu, to jednak najczęściej przyjmowany jest podział wyodrębniający cztery fazy, a mianowicie:

- powstania (narodzin) technologii (produktu) na rynek → kreator-wizjoner;
- wzrostu (rozwoju) → pionier;
- dojrzałości → praktyk/sceptyk;
- schyłkowa, wycofywania technologii (produktu) z rynku → sceptyk/maruder.

W związku z tym w raporcie dla każdego trendu rozwojowego i technologicznego przyporządkowano jego dojrzałość w oparciu o przytoczone powyżej 4 fazy. Zdecydowana większość przedstawionych trendów znajduje się w fazie wzrostu lub dojrzałości. Wynika to po części z podejścia metodologicznego – starano się zidentyfikować te zjawiska, które obecnie są w szczytowej fazie swojego rozwoju oraz popularności – oraz z faktu, że same trendy jako zjawiska globalne i dominujące w danej dziedzinie technologicznej są obszarami, które charakteryzują się silnym wzrostem lub szeroką (geograficznie i technologicznie) dojrzałością. Zjawiska będące dopiero w fazie narodzin lub schyłkowej nie spełniają definicji trendu i opisują rozwiązania, których przyszły wzrost jest niepewny (faza narodzin) ze względu na ich nierozpoznany potencjał lub z powodu ich sprawdzonej nieefektywności (faza schyłku).

Jeśli chodzi o zakres czasowy trendu to nie ma możliwości precyzyjnego określenia, ile dana faza (etap) będzie trwała. Wszystko zależy od rodzaju trendu i jego specyfiki. W przypadku niektórych innowacji, technologii czy produktów dane fazy mogą być bardzo krótkie (np. smartfony), a w przypadku niektórych relatywnie długie (np. telewizory plazmowe). Podobnie jest w przypadku trendów – niektóre z nich mogą być rozwijane przez bardzo długi czas, a niektóre mogą zaniknąć relatywnie szybko. Nie ulega jednak wątpliwości, że trendy o charakterze globalnym mają dłuższe czasy trwania poszczególnych faz niż np. pojedyncze technologie czy wyroby.
W związku z tym, na potrzeby raportu , oraz analizując listę wyodrębnionych trendów rozwojowych i technologicznych można umownie przyjąć, że trendy:

- w fazie powstania (narodzin) – będą rozwijane w perspektywie dłuższej niż 15 lat;
- wzrostu (rozwoju) – będą rozwijane w perspektywie 10-15 lat;
- dojrzałości – będą kontynuowane w perspektywie 5-10 lat;
- schyłkowa, wycofywania technologii (produktu) z rynku – zanikną w ciągu 5 lat.

Takie też parametry czasowe zostały przyjęte przy opisywaniu trendów. W przypadku, gdy przewidywany czas trwania trendu, w opinii zespołu, jest inny został on przedstawiony w opisie danego trendu rozwojowego bądź technologicznego. Warto zaznaczyć, że są to szacunki, w których występuje wiele niewiadomych, gdyż dokładne określenie poszczególnych trendów rozwojowych, czy technologicznych nie jest możliwe. Stanowią one zbiory poszczególnych technologii bądź grupy produktów, które charakteryzować się mogą zróżnicowanymi czasami trwania cyklów życia.

**Trwałość trendu**, przede wszystkim rozumiana jest w dwóch wymiarach: utrzymanie się, czy stabilność zachowania danego zjawiska, w szczególności, jak dane zjawisko nie będzie się zmieniało w czasie. Drugi wymiar stanowi perspektywę czasową. Na potrzeby niniejszego raportu przede wszystkim skupiono się na prognozowaniu perspektywy czasowej, w której może utrzymać się dany trend.

Tabela 6. Porównanie dojrzałości trendów rozwojowych na świecie i w Polsce

| Trend rozwojowy | Dojrzałość trendu na świecie | Dojrzałość trendu w Polsce |
|---|---|---|
| Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |

| | | |
|---|---|---|
| Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Faza wzrostu/ wczesnej dojrzałości | Faza wzrostu |
| Rozwój zrównoważonego rolnictwa | Faza wzrostu/ wczesnej dojrzałości | Faza wzrostu |
| Przyspieszająca cyfryzacja | Faza wzrostu/ wczesnej dojrzałości | Faza wczesnej dojrzałości |
| Zapewnienie bezpieczeństwa | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej | Faza wzrostu | Faza wzrostu |

Jeśli chodzi o **zakres czasowy trendu** to nie ma możliwości precyzyjnego określenia, ile dana faza (etap) będzie trwała. Wszystko zależy od rodzaju trendu i jego specyfiki. W przypadku niektórych innowacji, technologii czy produktów dane fazy mogą być bardzo krótkie (np. smartfony), a w przypadku niektórych relatywnie długie (np. telewizory plazmowe). Podobnie jest w przypadku trendów – niektóre z nich mogą być rozwijane przez bardzo długi czas, a niektóre mogą zaniknąć relatywnie szybko. Nie ulega jednak wątpliwości, że trendy o charakterze globalnym mają dłuższe czasy trwania poszczególnych faz niż np. pojedyncze technologie czy wyroby. W związku z tym, na potrzeby raportu cząstkowego, oraz analizując listę wyodrębnionych trendów rozwojowych i technologicznych można umownie przyjąć, że trendy:

- w fazie powstania (narodzin) – będą rozwijane w perspektywie dłuższej niż 15 lat;
- wzrostu (rozwoju) – będą rozwijane w perspektywie 10-15 lat;
- dojrzałości – będą kontynuowane w perspektywie 5-10 lat;
- schyłkowa, wycofywania technologii (produktu) z rynku – zanikną w ciągu 5 lat.

## Relacje i współzależności pomiędzy trendami rozwojowymi

**Trendy rozwojowe**, podobnie jak megatrendy, nie tylko **nie stanowią rozłącznych zbiorów**, ale także **występują między nimi zależności**. Rozwój jednego trendu może przyspieszać bądź spowalniać rozwój innych trendów. Poniższa macierz prezentuje wyłonione w toku badań relacje pomiędzy trendami rozwojowymi. Szczegółowy opis wyłaniania zależności między trendami został przedstawiony w rozdziale 3 niniejszego raportu. Relacje te zostały zidentyfikowane, a następnie potwierdzone w kolejnych iteracjach badania. Prezentowana **macierz przedstawia wpływ wybranych trendów rozwojowych na pozostałe** – kierunek wpływu został zaznaczony na macierzy – trendy umieszczone w skrajnej lewej kolumnie wpływają na trendy w kolejnych kolumnach. Oznacza to, że działania w obrębie jednego trendu mają przełożenie na kierunek rozwoju innych trendów – w ten sposób trendy rozwojowe są współzależne.

Na załączonej macierzy wskazano także **neutralne zależności** między trendami. Oznacza to, że wpływ działań jednego trendu na drugi jest na tyle niewielki, że trendy rozwijają się w zasadzie niezależnie od siebie. Dla przykładu trend „rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu" wpływa na trend „rozwój zrównoważonego i czystego transportu". Z kolei trend „zapewnienie wysokiej jakości opieki medycznej" nie wpływa wyraźnie na trend „rozwój zrównoważonego rolnictwa".

**Zilustrowana na macierzy relacja polega na pozytywnym wpływie trendów rozwojowych na pozostałe obszary**, który może przejawiać się w łatwości wykorzystania technologii z obszaru rodzimego w obszarach zależnych. Przykładowo rozwiązania dotyczące rozwijania technologii magazynowania energii z zakresu trendu

„zwiększenie udziału energii alternatywnej i odnawialnej w ogólnym bilansie energetycznym” mogą być także wykorzystane w dalszej części dla rozwoju napędów w ramach trendu „”rozwój zrównoważonego i czystego transportu” Na podstawie macierzy można zaobserwować, że do najbardziej wpływowych trendów zalicza się „Rozwój zrównoważonego społeczeństwa”, „Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym” oraz „Przyspieszająca cyfryzacja”.

Trendem o najmniejszej liczbie relacji jest „Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej”. Mocne powiązanie w przypadku technologii cyfrowych oraz klimatycznych może być uzasadnione szerokością ich zastosowań oraz ogólnego dążenia do wykorzystania ich w jak największej liczbie sektorów. W przypadku narzędzi cyfrowych wiele technologii opracowanych jest specjalnie na potrzeby wybranych sektorów jak bankowość czy transport, co dodatkowo zwiększa zakres ich przenikania. W przypadku technologii medycznych słabsze powiązanie może wynikać z wąskiej specjalizacji i poszukiwania nowych rozwiązań w konkretnych obszarach bez możliwości odniesienia wpływu tych technologii do takich aspektów jak klimat czy energetyka.

Należy pamiętać, że **przedstawione relacje mogą z czasem ulec zmianie**. Zwłaszcza w przypadku, gdy dojdzie do kolejnych odkryć i dalszych innowacji. Wybranie trendów o najsilniejszym wpływie na rozwój innych trendów rozwojowych pozwala na uwzględnienie w procesie rekomendacji lub dalszego podejmowania decyzji tych obszarów, które mogą mieć jak najszersze przełożenie na społeczeństwo i gospodarkę. **Wybór najbardziej przekrojowych trendów może umożliwić rozwój dodatkowych obszarów i pociągnąć za sobą innowacje w obszarach zależnych**. Zależności oraz kierunek wpływu trendów rozwojowych (ich pozytywny wpływ lub neutralność) została wstępnie określona na etapie analizy desk research. Następnie podane zestawienie było modyfikowane oraz uzgadnianie w toku dyskusji warsztatowych i eksperckich. Poszczególne fragmenty macierzy odnoszące się do danego trendu rozwojowego zostały także umieszczone we fragmentach poświęconych danym trendom.

Tabela 7 Macierz zależności trendów rozwojowych

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój zrównoważonego rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu** | ⊗ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| **Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu** | ✓ | ⊗ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| **Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym** | ✓ | ✓ | ⊗ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| **Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom** | ✓ | | ✓ | ⊗ | ✓ | ✓ | | | |
| **Rozwój zrównoważonego społeczeństwa** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ⊗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **Rozwój zrównoważonego rolnictwa** | ✓ | | | ✓ | | ⊗ | | ✓ | |
| **Przyspieszająca cyfryzacja** | | ✓ | | | ✓ | ✓ | ⊗ | ✓ | ✓ |
| **Zapewnienie bezpieczeństwa** | | | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ⊗ | ✓ |
| **Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej** | | | | | ✓ | | | ✓ | ⊗ |

*Kierunek wpływu* →

Źródło: opracowanie własne.

Legenda:

✓ - oznacza zweryfikowany wpływ wybranego trendu rozwojowego na inny trend.

⊗ - oznacza obszar nakładania się tożsamych elementów macierzy.

Brak znacznika oznacza neutralną zależność pomiędzy trendami

## Szanse oraz bariery rozwojowe

Z każdym trendem rozwojowym wiążą się szanse, jakie daje on w zakresie rozwoju potencjału społeczno-gospodarczego związanych z nim technologii. Szanse te mogą zostać w pełni zrealizowane dopiero po zidentyfikowaniu i odpowiednim zaadresowaniu barier rozwojowych, hamujących lub mogących w przyszłości hamować rozwój trendu. Dla każdego z trendów rozwojowych został przygotowany zestaw szans oraz barier rozwojowych, które mogą pomóc w zrozumieniu pełnego potencjału tkwiącego w danym trendzie. Szanse należy zatem rozumieć jako możliwy do zrealizowania potencjał społeczno-gospodarczy. Z kolei bariery to obszary lub zjawiska utrudniające realizację tego potencjału. Zagrożenia prezentują potencjalny negatywny wpływ trendu na społeczeństwo lub gospodarkę. Prezentowana lista została wyłoniona w trakcie badań jakościowych (ankiet oraz warsztatów) oraz została uzupełniona opiniami eksperckimi.

## Globalny zasięg trendów rozwojowych

Pojęcie **zasięgu trendu** przyjęte na potrzeby niniejszego raportu przede wszystkim dotyczy **zasięgu geograficznego**. Charakterystyka poszczególnych trendów rozwojowych zawiera wskazanie zasięgu w skali globalnej oraz w odniesieniu do Polski.

Przy definiowaniu zasięgu w skali globalnej jako podstawową jednostkę przyjęto państwo, pomocniczo zdefiniowano zbiór państw, np. Unia Europejska, w sytuacji gdy np. przy analizie danego trendu posiłkowano się materiałami wydanymi przez organizacje międzynarodowe. Przy definiowaniu zasięgu w skali Polski jako podstawową jednostkę przyjęto województwo (region na poziomie NUTS 2). W tym wypadku przy analizie między innymi posługiwano się materiałami wydanymi przez województwa, jako podmioty prowadzące politykę rozwojową w regionie.

Punktem wyjścia w badaniu była identyfikacja globalnych trendów rozwojowych. Należy zatem zauważyć, że **trendy rozwojowe, w tym technologiczne wyznaczane są przez państwa rozwinięte, których gospodarki charakteryzują się wysokim PKB, wysokim stopniem innowacyjności, wysokimi nakładami na B+R, a także których pozycja geopolityczna stawia je w roli liderów**, raczej niż naśladowców. Są to w większości wypadków kraje UE oraz kraje OECD o najwyższym poziomie dochodów (high-income) – zaliczamy do nich poza krajami UE - Australię, Chile, Izrael, Japonię, Kanadę, Koreę Płd., Norwegię, Nową Zelandię, Szwajcarię oraz Wielką Brytanię. Kraje te prowadzą prace nad wszystkimi przedstawionymi trendami rozwojowymi. Wyjątkiem są Chiny, które nie zostały ujęte w zestawieniu opartym o .kraje OECD (high-income). Jednak ze względu na rozwój wielu nowoczesnych technologii oraz wysokie wydatki na badania zostały uwzględnione. W stosunku niektórych trendów rozwojowych i technologicznych znaczącymi osiągnięciami mogą się wykazać również jednostki z innych krajów, w tej sytuacji kraje te również zostały wymienione w poszczególnych opisach trendów. Silna koncentracja w wysoko rozwiniętych ośrodkach została przygotowana i potwierdzona na podstawie analizy zgłoszeń patentowych oraz opracowań organizacji międzynarodowych. Tylko 19% nowych wynalazków jest rejestrowanych poza głównymi obszarami rozwoju innowacji (kraje wysokorozwinięte). Pomimo zmian w światowym systemie rozwoju innowacji ponad 160 krajów pracuje nad niewielką liczbą technologii i nie posiada lokalnych ośrodków ich rozwoju. Również w zakresie współpracy międzynarodowej większość innowacji ma miejsce w międzynarodowych zespołach. Zespoły złożone ze specjalistów z USA i Europy były w 2011 i 2015 r. odpowiedzialne za odpowiednio 68% i 62% innowacji[17].

Poniższa **mapa** stanowi wizualizację zasięgów wszystkich trendów rozwojowych w skali globalnej. Przygotowana została na podstawie informacji zawartych w sekcji „Zasięg oraz trwałość trendu" poszczególnych trendów rozwojowych. Zasięgi te zostały ustalone m.in. w toku analizy desk research, badań jakościowych i warsztatów. Zostały one także potwierdzone w toku indywidualnych rozmów z dziedzinowymi ekspertami. Pod każdym trendem rozwojowym znajduje się osobna mapa obrazująca zasięg poszczególnego trendu. W wielu zaznaczonych poniżej lokalizacjach znajdują się światowej rangi uniwersytety, instytuty badawcze i centra innowacji, centra B+R oraz centra techniczne przedsiębiorstw, od których w dużej mierze zależy rozwój technologii. **Brak oznaczenia nie sugeruje całkowitego braku rozwoju trendu. Wizualizacja ma na celu przedstawienie głównych lokalizacji, w których kolejne trendy rozwojowe mają szczególne znaczenie**.

[17] https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2019.pdf

Mapa 1 Globalny zasięg trendów rozwojowych

Źródło: Opracowanie własne.

## Trendy rozwojowe w Polsce

W analogiczny sposób do mapy globalnej zostało przygotowanych 9 map przedstawiających **centra trendów rozwojowych w Polsce** w skali województwa. W toku prac zrezygnowano z przedstawiania zbiorczej mapy dla całego kraju, ponieważ wymienionych 9 trendów rozwojowych pokrywa cały obszar administracyjny państwa. **Skala województwa została wybrana ze względu na zasadę prowadzenia polityki rozwoju w oparciu o regiony**. Jej wyrazem są Regionalne Strategie Innowacji, które zwykle wskazują także obszary regionalnych inteligentnych Specjalizacji. W każdym regionie regionalne inteligentne specjalizacje dobierane były w oparciu o proces przedsiębiorczego odkrywania, którego metodyka zakłada zaangażowanie podmiotów naukowych, gospodarczych, instytucji otoczenia biznesu i administracji w proces identyfikacji obszarów inteligentnych specjalizacji, aby zapewnić, że wskazane sektory czy branże mają potencjał rozwoju, a także potwierdzić, że na danym obszarze jest zainteresowanie tych podmiotów rozwijaniem danej dziedziny. Środki rozwojowe z perspektywy finansowej 2014-2020 zostały wdrożone przede wszystkim w oparciu o zasadę wspierania obszarów inteligentnych specjalizacji, zatem uprawnione jest przyjęcie, że te obszary zostały dodatkowo wzmocnione. Zasadnym wydaje się oparcie klasyfikacji o ten element ze względu na wykonane w tej dziedzinie obszerne prace badawcze i identyfikacyjne oraz chęć połączenia prac dotyczący analizy trendów z istniejącym, krajowym systemem identyfikacji wiodących technologii, mających największe znaczenie dla rozwoju społeczno-gospodarczego.

**Drugim czynnikiem**, który brano pod uwagę wskazując centra rozwoju poszczególnych trendów była **lokalizacja ośrodków naukowych oraz instytutów badawczych realizujących prace w określonych obszarach**. W przypadku ośrodków naukowych najwięcej jest ich w największych miastach Polski, tj. w Warszawie, Gdańsku, Krakowie, Lublinie, Łodzi, Poznaniu, Toruniu, Wrocławiu. W tych miastach funkcjonują silne jednostki akademickie prowadzące prace w większości dziedzin. Poza tym, na uwagę zasługują takie ośrodki jak Olsztyn – gdzie na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim prowadzone są prace np. w obszarze rolnictwa, czy też Rzeszów – z mocnym programem ICT i technologii mających zastosowanie w lotnictwie. Ponadto, analiza uwzględnia lokalizację instytutów badawczych wchodzących w Sieć Badawczą Łukasiewicz. Biorąc powyższe elementy pod uwagę, w opisie poszczególnych trendów rozwojowych wskazano regiony, w których podejmowane działania w największym stopniu powinny determinować rozwój trendów.

## 6.1. Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Ograniczenie zanieczyszczenia środowiska<br>Gospodarka obiegu zamkniętego - GOZ (z ang. "circular economy")<br>Wychwytywanie, składowanie, sekwestracja lub unieszkodliwianie gazów cieplarnianych<br>Upowszechnienie regenracji wyrobów o raz ich części<br>Wzrost udziału odzyskiwanych surowców oraz recyklingu odpadów<br>Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych<br>Rozwój kastomizacji (personalizacji) prouktów i usług<br>Upowszechnienie wyrobów wykonanych z materiałów biodegradowalnych, materiałów naturalnych, materiałów neutralnych dla środowiska<br>Wzrost zastosowania nowych/innowacyjnych materiałów<br>Rozwój nowoczesnych rozwiązań w budownictwie (np. rekuperacja, kogeneracja) |

**Opis trendu:** Trend ten dotyczy budowy gospodarki, która rozwija się w sposób zrównoważony, tzn. nie jest oparta na degradacji i nadmiernej eksploatacji środowiska naturalnego. Trend jest odpowiedzią na problem pogarszającego się stanu środowiska naturalnego, negatywnych skutków zmian klimatycznych wywołanych działaniem człowieka i rosnącej świadomości społeczeństw i decydentów w zakresie konieczności podjęcia środków zaradczych.

**Kierunki rozwoju**: Wiele rozwiązań w zakresie tego trendu rozwija się wokół odpadów i ich przetwarzania, a także odzyskiwania surowców i ich dalszego użycia. Technologie waste-to-resource, internet of waste, czy remanufacturing to jedne najdynamiczniejszych kierunków rozwoju. Istotnym kierunkiem rozwoju jest także dalsze opracowywanie technologii minimalizujących negatywny wpływ działań ludzkich na środowisko, jak technologie carbon capture and storage.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

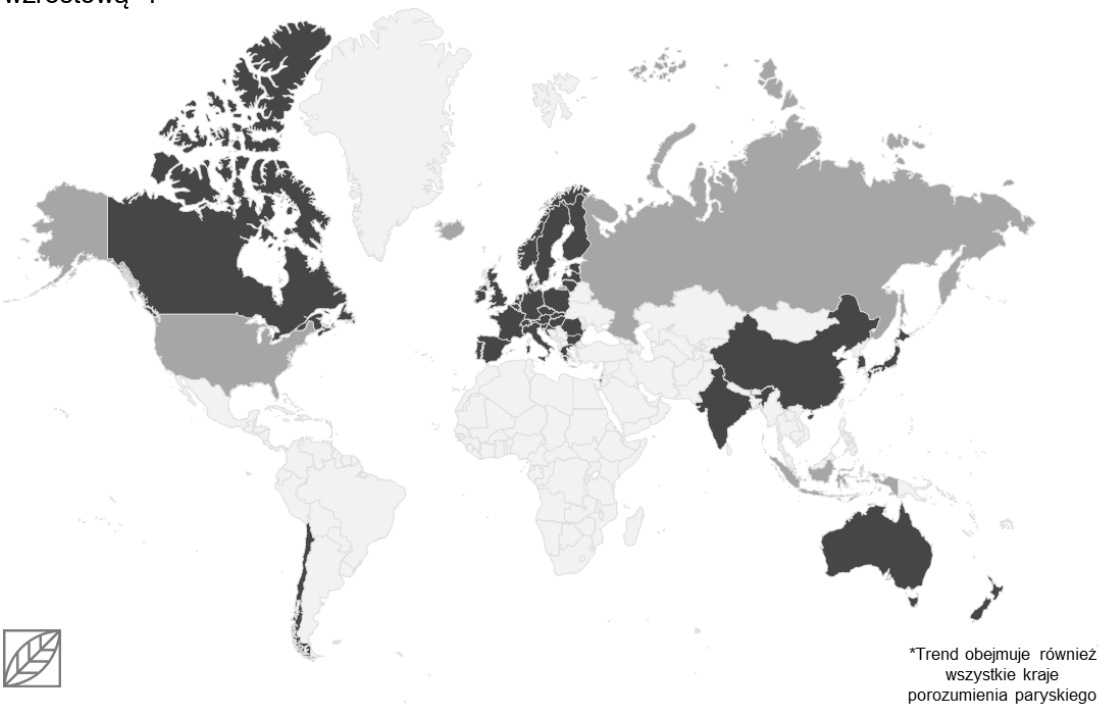
- degradacja środowiska naturalnego wynikająca z działalności człowieka;
- polityki i strategie poszczególnych państw nastawione na ochronę środowiska naturalnego (np. polityka zielonego ładu);
- wyczerpywanie się zasobów naturalnych w wyniku ludzkiej działalności;
- potrzeba poprawy jakości życia i zminimalizowania eksploatacji środowiska;
- konieczność zapobiegania i ograniczania skutków katastrof naturalnych wynikających ze zmian klimatu i degradacji środowiska;
- rosnąca presja społeczna wywołana m. in. ogromną liczbą zauważalnych dla człowieka zanieczyszczeń, które przyczyniają się do wielu chorób (np. smog).

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- ekoinnowacje rozumiane jako innowacje prowadzące do ograniczenia negatywnego oddziaływania działalności produkcyjnej na środowisko, zwiększenie odporności przyrody na obciążenia lub zapewnienie większej skuteczności i odpowiedzialności w zakresie korzystania z zasobów naturalnych.
- w zakres takich rozwiązań wchodzi używanie materiałów, które można oddać do recyklingu
- instalacje SNCR do redukcji NOx;

- wykorzystywanie odnawialnych materiałów;
- produkcja energooszczędnych komponentów;
- wyposażanie budynków w zielone aranżacje jak ogródki, sadzonki czy ogrody wertykalne;
- technologie do zwiększania efektywności zarządzania mediami energetycznymi (Energy Management Systems, np. Apator).

**Zasięg oraz trwałość trendu**: zakres tego trendu ma wymiar globalny. Obejmuje takie kraje jak Finlandia, Szwecja, Niemcy, Dania, Indie, Chiny oraz de facto wszystkie 197 krajów, które podpisały porozumienie paryskie. Wraz z rozwojem ekoinnowacyjności, rozwojem technologii przetwarzania odpadów, rozwojem technologii oczyszczania środowiska (np. wody, zbiorników wodnych, gruntów itd.), rozwojem napędów zero- i niskoemisyjnych, wzrostem wykorzystywania OZE, znaczenie tego trendu będzie stale wzrastało. Zakłada się, że trend ten co najmniej w perspektywie 15 lat zachowa tendencję wzrostową[18].




**Opis trendu w Polsce**: Polska jest liderem w Europie Środkowo-Wschodniej pod względem startupów proklimatycznych. Przyjmowanych jest np. coraz więcej miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego mających na celu rozwój systemów zieleni miasta, zachowanie cennych obszarów zieleni oraz ochronę przed niekontrolowaną zabudową. Przykładem jest plan „Strzeszyn Północ – część D" przyjęty w Poznaniu, który odnosi się także do kwestii zrównoważonego transportu. Pokazuje to wielowymiarowych charakter trendów i fakt ich częstego przenikania się. W Polsce konieczne jest wprowadzenie „sieciowego" projektowania rozwiązań klimatycznych – dot. to np. wsparcia dla rozwoju samochodów elektrycznych przy jednoczesnym rozwoju infrastruktury do ich eksploatacji. W Polsce obserwujemy wzrost popularności koncepcji GOZ w wielu sektorach: przetwórstwa żywności, rolnictwa, surowców, produkcji żywności. Wzrasta znaczenie oraz możliwości recyklingu. Szansą rozwojową mogłoby być premiowane przez państwo budowanie łańcuchów kooperacji między podmiotami tworzącymi zamknięty obieg surowców w gospodarce. Strategicznym obszarem zaangażowania w tym wymiarze może być wprowadzenie działań mających na celu wspieranie powstawania rozwiązań odzyskiwania metali ziem rzadkich z odpadów. W Polsce może to dotyczyć m.in. odzyskiwania Renu (Re). Niezbędne są działania wspierające dalszy rozwój alternatywnych źródeł energii. Powinny one jednocześnie iść w parze z działaniami na rzecz rozwoju magazynów energii (np. wodorowych lub

[18] Potwierdzają to analizy raportów w desk research, m.in. OECD https://www.oecd.org/climate-change/

szczytowo-pompowych). Konieczne są zmiany w budownictwie – szeroka termomodernizacja budynków (mniej pracochłonne konstrukcje, wykorzystanie pomp ciepła).

**Zasięg geograficzny w Polsce**: podlaskie, wielkopolskie, dolnośląskie, opolskie, świętokrzyskie, zachodniopomorskie, śląskie, łódzkie, małopolskie, lubuskie, łódzkie, kujawsko-pomorskie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza (wczesnego) wzrostu.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu** | ✗ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | |

## Szanse

- Wzrastająca świadomość społeczeństw zachodnich dotycząca znaczenia środowiska naturalnego i negatywnego wpływu gospodarki na zanieczyszczenia środowiska i zmiany klimatu
- Zwiększanie konkurencyjności firm dzięki wprowadzaniu prośrodowiskowych rozwiązań
- Zwiększona kontrola nad wpływem działalności człowieka na środowisko
- Zmniejszenie degradacji środowiska
- Zmniejszenie uzależnienia od dużych dostawców konwencjonalnych źródeł energii

## Zagrożenia

- Krótkoterminowy wzrost kosztów energii
- Ograniczenie dostępu do nowoczesnych rozwiązań dla najzamożniejszych użytkowników
- Zmniejszenie ciągłości dostaw energii w przypadku OZE

## Bariery rozwoju

- Opór przed wdrażaniem działań zmierzających do ochrony środowiska naturalnego (na różnych szczeblach: państw, regionów, miast)
- Brak ekonomicznych zachęt do inwestycji w kosztowniejsze w porównaniu do konwencjonalnych technologie
- Niewystarczająca wiedza na temat możliwości wdrażania rozwiązań pro-środowiskowych lub znaczenia (istotności) pojedynczych zmian dla ogółu działań
- Trudna sytuacja geopolityczna opóźnia wdrażanie rozwiązań sprzyjających gospodarce przyjaznej środowisku naturalnemu
- Wysokie koszty zmiany procesów produkcyjnych, powodujące obawy o utratę konkurencyjności

## 6.2. Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Ograniczenie emisji spalin emitowanych przez środki transportu (lądowe, powietrzene i morskie)<br>Rozwój infrastruktury transporotwej (dróg, mostów)<br>Rozwój elektrycznych i hybrydowych środków transportu (lądowych, powietrznych i morskich)<br>Rozwój transportu zbiorowego, w tym rozwój sieci obecnych środków transportu oraz rozwój nowych zrównoważnych (ekologicznych) środków transportu |

**Opis trendu:** Trend dotyczy zmniejszenia negatywnego wpływu transportu na środowisko bez konieczności zmniejszania jego wydajności. Trend ten wynika z negatywnego wpływu spalin na środowisko oraz zdrowie ludzkie, co przyczynia się do generacji dodatkowych kosztów. (według Europejskiej Agencji Środowiska, z powodu złej jakości powietrza przedwcześnie umiera około 400.000 Europejczyków rocznie)[19]. Wysokiej jakości infrastruktura to jeden z najważniejszych czynników pobudzających zrównoważony rozwój kraju. Zintegrowany i nowoczesny system transportowy jest kluczowym ogniwem w budowaniu spójności ekonomicznej, terytorialnej oraz społecznej państwa.
W ramach tego trendu analizie poddano zarówno rozwój infrastruktury transportowej (drogi, mosty), jak również rozwój transportu zbiorowego, w tym rozwój sieci obecnych środków transportu oraz rozwój nowych, zrównoważonych (ekologicznych) środków transportu. Skupiono się również na zagadnieniach ograniczenia emisji spalin emitowanych przez środki transportu (lądowe, powietrzne i morskie), a także rozwoju elektrycznych i hybrydowych środków transportu (lądowych, powietrznych i morskich).

**Kierunki rozwoju**: kierunki rozwoju obejmują dalszy rozwój elektromobilności – rozwój infrastruktury do eksploatacji samochodów elektrycznych oraz poprawę efektywności kluczowych elementów takich jak napędy oraz baterie. Dotyczy to zwłaszcza transportu miejskiego, który skupia wielopoziomowe wyzwania w dziedzinie transportu – efektywność, czystość oraz harmonizację z istniejącą infrastrukturą. W tym zakresie będziemy obserwować dalszy rozwój napędów nisko i zeroemisyjnych, biopaliw i nowych metod integracji kompleksowych rozwiązań transportowych z infrastrukturą miejską.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- regulacje środowiskowe określające poziomy redukcji (np. Porozumienie paryskie , czy Europejski System Handlu Emisjami ETS lub dyrektywa dot. OZE (RED II) w ramach pakietu Fit for 55;
- konieczność odejścia od wykorzystania paliw kopalnych;
- zwiększająca się umiejętność do coraz szerszego wykorzystywania OZE;
- upowszechnienie technologii OZE, które wpływa na spadek kosztów instalacji;
- zachęty finansowe i regulacyjne do korzystania ze źródeł odnawialnych i zrównoważonych;
- regulacje transportowe w miastach (Strefy Czystego Transportu, płatnego parkowania);
- wyczerpujące się źródła nieodnawialne paliw takie jak ropa naftowa;

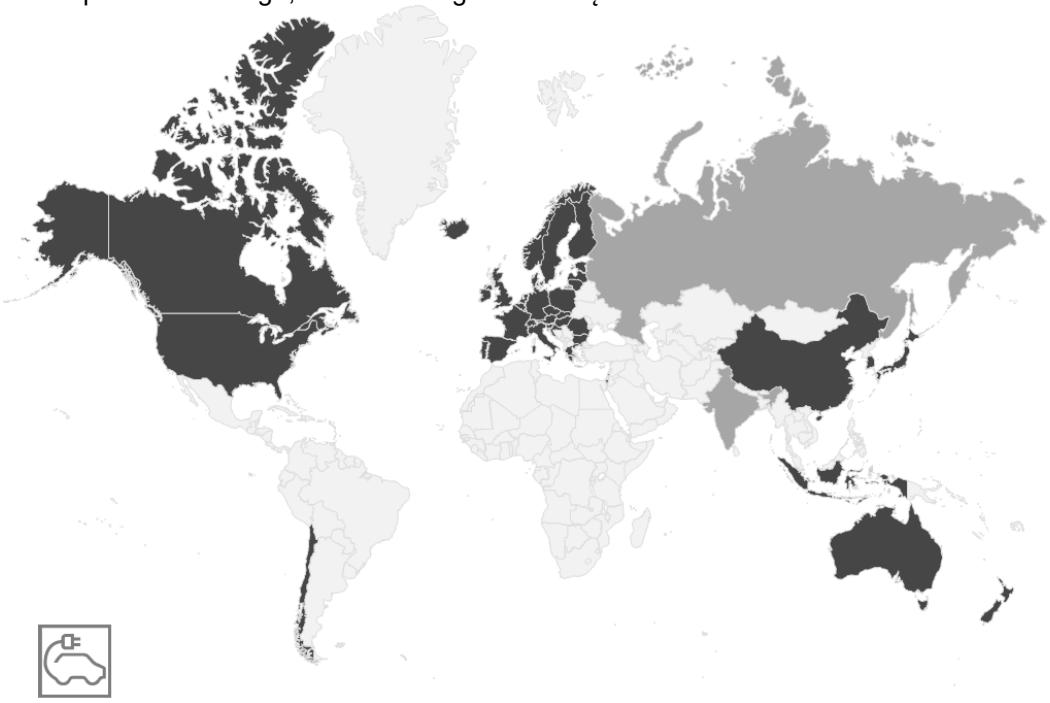
[19] https://www.eea.europa.eu/highlights/cutting-air-pollution-in-europe

- regulacje w zakresie szczegółowych wymagań dla silników spalinowych.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- rozwój elektrycznych środków transportu (samochody elektryczne, hulajnogi, rowery miejskie, łodzie);
- nowoczesny transport miejski (wypożyczalnie / współdzielenie środków transportu);
- technologia kolei magnetycznej – MAGLEV;
- reduktory szkodliwych substancji w konwencjonalnych paliwach, np. AdBlue.

**Zasięg oraz trwałość trendu**: z racji znaczenia tego trendu dla redukcji emisji zanieczyszczeń (spalin, $CO_2$) oraz faktu zainteresowania większości państw na świecie przeciwdziałaniem zmian klimatu (np. globalnemu ociepleniu), zakres tego trendu ma wymiar globalny. Obecnie najwięcej prac nad opracowaniem nowych rozwiązań w zakresie zrównoważonego transportu realizuje się w takich państwach jak: Chiny, Szwecja, Indonezja (z uwagi na rozwój zaawansowanych systemów monitorowania transportu), Nowa Zelandia, Australia, Kanada, Finlandia, Stany Zjednoczone, Islandia[20]. Wraz z rozwojem pojazdów elektrycznych, silników zero- i niskoemisyjnych, propagowaniem korzystania z transportu zbiorowego, znaczenie tego trendu będzie stale wzrastało.



[20] Wskazano wybrane kraje, które w swoich politykach wskazują bezpośrednio ten aspekt. Badassa, B.B.; Sun, B.; Qiao, L. Sustainable Transport Infrastructure and Economic Returns: A Bibliometric and Visualization Analysis. Sustainability 2020, 12, 2033.

**Opis trendu w Polsce**: Prowadzone są prace nad stworzeniem prototypów silnika, który ma posłużyć do napędów samochodów elektrycznych. Prowadzone są kampanie środowiskowe i popierające ‘czysty’ transport np. PKP (transport koleją uwzględniający pozytywny wpływ na środowisko i codzienne wybory). Obserwujemy także szersze wykorzystanie technologii takich jak napędy niskoemisyjne (Solaris, czy napędy wodorowe w lokomotywach - PKP) czy AI (port DCT) do zastosowań w transporcie. Popularność samochodów hybrydowych i elektrycznych w Polsce rośnie, choć jeszcze nie jest na odpowiednim poziomie. Niezbędny jest dalszy rozwój przemysłu związanego z ich produkcją (metody pozyskiwania energii, przez akumulatory, działalność warsztatów oraz recykling)
Jest to znaczący trend ze względu na wysoką ilość zanieczyszczeń generowanych przez transport. Konieczne są dalsze zachęty podatkowe i dofinansowania oraz zachęty infrastrukturalne – buspasy, darmowe parkingi, strefy czystego transportu. Z punktu widzenia branży logistycznej istotny jest rozwój AI (optymalizacja ruchu miejskiego oraz pojazdów), dronów (przesyłki), Internetu Rzeczy dla wsparcia autonomicznych pojazdów i rozwój gospodarki współdzielenia (carsharing). W Polsce zastosowania znajdują rozwiązania organizacyjne i informatyczne wspierające trend, a także prowadzone są naukowe w zakresie wybranych aspektów elektromobilności. Nie ma rozwiązań holistycznych na tym etapie.

**Zasięg geograficzny trendu w Polsce**: pomorskie, zachodniopomorskie, podkarpackie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, dolnośląskie, śląskie, duże ośrodki miejskie

**Perspektywa rozwoju trendu w Polsce**: faza (wczesnego) wzrostu.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu** | ✓ | ✗ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |

## Szanse

- Poprawa wydajności transportu zbiorowego
- Wzrost świadomości społeczeństwa dotycząca konieczności redukcji emisji CO2
- Poprawa jakości infrastruktury komunikacyjnej (nowe drogi, autostrady, połączenia lotnicze)
- Rozwój alternatywnych pojazdów i środków komunikacji
- Poprawa jakości życia

## Zagrożenia

- Wykorzystywanie konwencjonalnej energii do ładowania pojazdów elektrycznych
- Problemy z odpadami z pojazdów elektrycznych i niskoemisyjnych (np. baterie)
- Ograniczenie dostępu do technologii dla zamożnych użytkowników
- Nieproporcjonalny rozwój liczby

## Bariery rozwoju

- Problem pozyskania energii dla pojazdów elektrycznych;
- Wysokie koszty budowy infrastruktury dla zrównoważonego i ekologicznego transportu
- Niewystarczający udział OZE w ogólnym bilansie energetycznym
- Niewystarczające regulacje zachęcające do korzystania

| Szanse | Zagrożenia | Bariery rozwoju |
| --- | --- | --- |
| w miastach (czystszy transport)<br>• Poprawa wydajności transportu indywidualnego | pojazdów alternatywnych w porównaniu do niezbędnej infrastruktury<br>• Powstanie utrudnień lub ograniczeń w przemieszczaniu się do dalej oddalonych regionów | z ekologicznych form transportu<br>• Wysokie koszty utrzymania infrastruktury zrównoważonego i ekologicznego transportu w porównaniu z transportem tradycyjnym<br>• Ograniczona wydajność transportu publicznego |

## 6.3. Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym | Zwiększenie efektywności energetycznej i wprowadzanie na rynek rozwiązań energooszczędnych<br>Rozwój nowych sposobów wytwarzania energii<br>Rozwój nowoczesnych sposobów magazynowania energii |

**Opis trendu:** Trend wynika z ciągle wzrastającego zapotrzebowania na prąd przy jednoczesnym ograniczeniu źródeł konwencjonalnych i ich szkodliwości dla środowiska i zdrowia oraz przyjętych regulacji środowiskowych(według raportu Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) z 2021 roku po pandemii COVID-19 zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrosło 5% w 2021 roku, oraz wzrośnie o kolejne 4% w 2022 roku)[21]. Jego popularność wzrasta ze względu na możliwości obniżenia kosztów pozyskania energii dzięki inwestycjom w źródła odnawialne.

**Kierunki rozwoju**: ciągłe zwiększanie efektywności wykorzystywanych obecnie źródeł odnawialnych jak energia wiatrowa czy fotowoltaika, rozwój nowych metod pozyskiwania energii z otoczenia, usprawnienie, integracja i badania na rzecz nowych metod magazynowania energii, rozwój technologii, które pozwalają przetwarzać nowe kategorie odpadów, monitorowanie zużycia energii i optymalizacja, budowa sieci prosumentów, zapewnienie odpowiednich ilości energii z OZE do pracy przemysłu.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- coraz większe zapotrzebowanie na energię elektryczną;
- ograniczone zasoby nieodnawialnych surowców energetycznych;
- wzrost znaczenia bezpieczeństwa energetycznego;
- wzrost cen energii pozyskiwanej z konwencjonalnych źródeł;
- poprawa wydajności i konkurencyjności biznesu/przemysłu dzięki poprawie wydajności elektrycznej;
- rosnąca świadomość społeczna dotycząca szkodliwości paliw kopalnych.

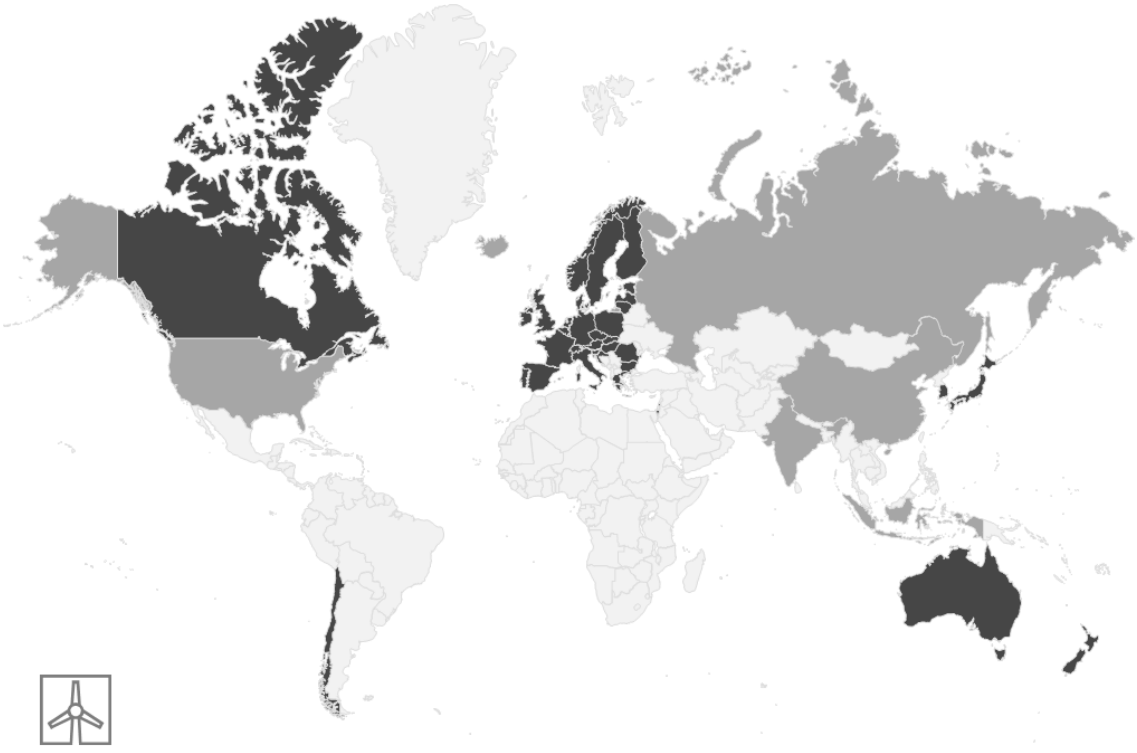
**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- różnego rodzaju rozwiązania energooszczędne;
- rozbudowa infrastruktury do przesyłania energii oraz rozwój nowoczesnych sposobów magazynowania energii;
- IGCC;

[21] https://iea.blob.core.windows.net/assets/01e1e998-8611-45d7-acab-5564bc22575a/ElectricityMarketReportJuly2021.pdf

- „smart grids”;
- biogaz;
- pompy ciepła;
- kogeneracja w zakładach przemysłowych
- baterie jonowo-litowe (i nowsze).

**Zasięg oraz trwałość trendu**: wraz z rozwojem technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) np. paneli fotowoltaicznych, upowszechnieniem rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej (np. smart LED) oraz rozwojem rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej, znaczenie tego trendu będzie stale wzrastało. Zakłada się, że będzie miał on co najmniej w perspektywie 15 lat tendencję rozwojową. W związku z tym, że coraz więcej krajów uwzględnia zwiększenie korzystania z OZE w celach strategicznych funkcjonowania państwa (tzw. polityka zielonego ładu) to zakres tego trendu ma wymiar globalny. Trend ten obejmuje w szczególności takie kraje jak: Szwecja, Finlandia, Łotwa, Dania, Austria, Norwegia, Islandia, Nowa Zelandia.



**Opis trendu w Polsce**: Odnawialne źródła energii są rozwiniętym trendem, ale w skali lokalnej (województwo zachodniopomorskie). Przedsiębiorstwa w Polsce podejmują działania innowacyjne w obszarze tego trendu np. odnawialne źródła energii (fotowoltaika na produkcyjną skalę), produkcja energii z alternatywnych źródeł (wykorzystanie wody i gazu). Obserwujemy ciągłe zwiększanie wykorzystania OZE w miksie energetycznym oraz równoczesny rozwój magazynów energii, które dodatkowo będą wzmacniać ten trend. Konieczny jest rozwój aplikacji do kontroli OZE – ich rentowności oraz wydajności. Niezbędny jest także rozwój sieci przesyłowych. System OZE powinien być zdecentralizowany i umożliwiać innowacje na jak najniższym szczeblu z inicjatywy pojedynczych podmiotów ze wsparciem administracji. Szczególnie wyraźny jest rozwój zastosowań fotowoltaiki na poziomie konsumenckim, a także nacisk na farmy morskie widoczny w strategii Grupy PGE, gdzie Polska może stać się liderem w basenie Morza Bałtyckiego.

**Zasięg geograficzny w Polsce**: warmińsko-mazurskie, opolskie, świętokrzyskie, lubelskie, pomorskie, śląskie, łódzkie, małopolskie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza (wczesnego) wzrostu.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym** | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | |

## Szanse

- Poprawa efektywności energetycznej
- Obniżenie kosztów energii
- Odejście od źródeł energii o negatywnym wpływie na środowisko
- Harmonizacja porządku prawnego i gospodarczego z wymaganiami podpisanych umów międzynarodowych
- Zwiększenie możliwości produkcji energii pojedynczych użytkowników (prosumentów)
- Zwiększenie możliwości produkcji energii pojedynczych użytkowników (prosumentów)
- Zwiększenie elektryfikacji trudno dostępnych obszarów

## Zagrożenia

- Problem zagospodarowania odpadów ze zużytych instalacji OZE (wiatraki, panele fotowoltaiczne)
- Powstanie konfliktów dotyczących optymalnego zagospodarowania terenów (problem w ustaleniu przeznaczenia rolnego, energetycznego mieszkalnego, rekreacyjnego)
- Nadmierne uzależnienie od krajów dostarczających kluczowe technologie OZE (np. Chiny)

## Bariery rozwoju

- Silne uzależnienie od dużych dostawców konwencjonalnych źródeł energii
- Niedostosowana infrastruktura przesyłu energii elektrycznej do szerokiego zastosowania OZE
- Stosunkowo wysoki koszt instalacji i serwisowania systemów OZE
- Ograniczenia prawno-regulacyjne, niewystarczający system zachęt dla prosumentów
- Zależność systemu OZE od warunków zewnętrznych
- Problemy z magazynowaniem energii z OZE
- Niska żywotność niektórych systemów OZE (np. paneli fotowoltaicznych)

## 6.4. Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Przeciwdziałanie ociepleniu klimatycznemu<br>Redukcja niedoborów i zanieczyszczenia wody (słodkiej i morskiej)<br>Powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej |

**Opis trendu:** Trend ten wynika z potwierdzonego w badaniach naukowych i obserwowanego w codziennym życiu (coraz częstsze i poważniejsze w skutkach skrajne katastrofy naturalne[22]) negatywnego wpływu działalności ludzkiej na klimat (skutki antropogeniczne) oraz konieczności dostosowania tej działalności do możliwości środowiska. według badaczy wielkość i wzrost populacji są istotnymi czynnikami utraty różnorodności biologicznej, degradacji i zanieczyszczenia gleby, a także zwiększają ryzyko pandemii)[23]. Potencjalny koszt zarówno społeczny jak i gospodarczy zaniechania takiej działalności byłby bardzo wysoki, dlatego konieczność opracowania i wdrażania rozwiązań umożliwiających przeciwdziałanie skutkom zmian klimatycznych determinuje rozwój trendu.

**Kierunki rozwoju**: Przeciwdziałanie zmianom klimatu jest jednym z najważniejszych trendów rozwojowych zarówno w skali globalnej jak i na obszarze Polski. W perspektywie następnych kilkunastu lat możemy spodziewać się gwałtownego rozwoju przyjaznych środowisku urządzeń, takich jak napędy zeroemisyjne oraz urządzenia energooszczędne. Trend będzie rozwijał się również na płaszczyźnie pozyskiwania energii z odnawialnych i alternatywnych źródeł, mających na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Trend obejmuje również kierunki rozwoju dotyczące redukcji niedoborów i zanieczyszczenia wody (słodkiej i morskiej), oraz powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej. Możemy spodziewać się przechodzenia przez kolejne kraje wysokorozwinięte na gospodarkę niskoemisyjną bądź zeroemisyjną. Znaczenie tego trendu będzie wzrastało.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu. Po 15 latach trend powinien osiągnąć szczytową fazę rozwoju i wejść w fazę dojrzałości co warunkują m. in. międzynarodowe zobowiązania państw do osiągnięcia neutralności klimatycznej w określonej perspektywie czasu (często do 2050 r.)

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- edukacja społeczeństwa oraz wzrost świadomości na temat konsekwencji zmian klimatycznych;
- polityka regionalna, wprowadzanie antysmogowych uchwał samorządowych;
- system ogólnodostępnych dla społeczeństwa dotacji;
- polityki i strategie poszczególnych państw nastawione na przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom (np. polityka zielonego ładu);
- porozumienie paryskie wzmocnione postanowieniami COP26;

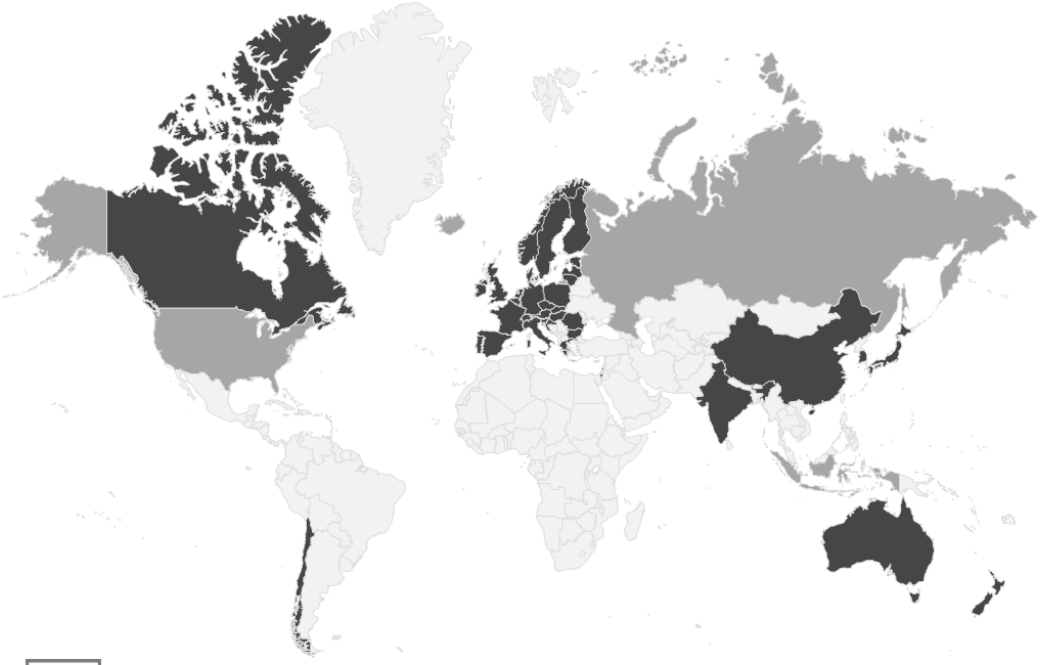
[22] Np. pożary i powodzie w Australii, Stanach Zjednoczonych.
[23] https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcosc.2020.615419/full

- zaangażowanie społeczeństwa w działania zmierzające do przeciwdziałania zmianom klimatu (zarówno na poziomie indywidualnych gospodarstw np. wymiana instalacji ogrzewania, jak również na poziomie przedsiębiorstw czy branż);
- coraz więcej katastrof naturalnych oraz możliwych zagrożeń (np. topnienie lodowców), które uświadamiają potrzebę natychmiastowych działań zmierzających do przeciwdziałania globalnemu ociepleniu.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- nowoczesne sortownie (Greyparrot);
- termiczne przetwarzanie odpadów;
- przetwarzanie odpadów np. opon (Syntoil);
- tworzenie opakowań recyklingowalnych i biodegradowalnych;
- technologie Carbon Capture and Storage;
- farba solarna (perowskity);
- minimalizacja zużycia zasobów przy użyciu np. fotokomórki
- hodowla roślin antysmogowych.

**Zasięg oraz trwałość trendu**: przeciwdziałanie zmianom klimatycznym jest wyzwaniem globalnym. Emisja gazów cieplarnianych w jakimkolwiek miejscu na ziemi dotyka ludzi na całym świecie. Kwestia ta wymaga skoordynowanej współpracy i rozwiązań wypracowanych na szczeblu międzynarodowym. Tylko w ten sposób można pomóc wielu krajom przejść na gospodarkę niskoemisyjną. Znaczenie tego trendu będzie wzrastało. Omawiany trend będzie miał co najmniej w perspektywie 15 lat tendencję rozwojową. Biorąc pod uwagę liczbę krajów, które podpisały porozumienie paryskie, a także wzięły udział w ostatnim COP26, zakres tego trendu ma wymiar globalny. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Indie (ze względu na działania na rzecz bioróżnorodności), Francja, Finlandia, Belgia, Włochy, Dania, Holandia, Chiny; wszystkie 197 krajów, które podpisały porozumienie paryskie.



*Trend obejmuje również wszystkie kraje porozumienia paryskiego

**Opis trendu w Polsce**: realizowany w gminie Czechowice-Dziedzice projekt „Z zapałem przeciw zmianom klimatu - zielono-niebieska infrastruktura w Gminie Czechowice-Dziedzice" ma na celu łagodzenie zmian klimatycznych i zmniejszenie wrażliwość na zmiany klimatu na terenie gminy poprzez wdrażanie inwestycji z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury. Projekt zakłada budowę zbiorników retencyjnych, ogrodów deszczowych, zielonych wysp roślin, zielonych wiat przystankowych i ścieżek rowerowych. Podobne działania podjęły również inne gminy w Polsce m.in. Mikołów, Twardogóra, Gryfino, Dorzecze Widłoki, Kowary, Pobiedziska. Realizowane są programy np. przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska („Elektromobilność w Polsce", „Dom z klimatem", „GreenEvo – akcelerator zielonych technologii") służące poprawie klimatu i inwestycjom w ekologiczne rozwiązania. W Polsce istotny wpływ na ten trend będzie miał także rozwój elektromobilności, utraty różnorodności biologicznej i redukcji niedoborów wody. Istotny jest rozwój zaawansowanej gospodarki odpadami (szersze wtórne wykorzystanie surowców i ich odzyskiwanie) oraz opracowywanie materiałów energooszczędnych. Konieczne jest połączenie działań na rzecz obniżenia niskiej emisji, emisji sektorowej oraz przeciwdziałanie suszom (np. zwiększanie małej retencji).

**Zasięg geograficzny w Polsce**: opolskie, warmińsko-mazurskie, lubelskie, podlaskie, śląskie, lubuskie, podkarpackie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza (wczesnego wzrostu). W Polsce dopiero jest rozwijana świadomość proekologiczna. Realizowane są programy, służące poprawie klimatu (np. likwidacja przestarzałych instalacji grzewczych, Krajowy program Ochrony Powietrza, GreenEvo i inne[24]), ale wciąż polska gospodarka oparta jest w większości na węglu, a także generowane jest wiele zanieczyszczeń (problem z przetwarzaniem śmieci, zanieczyszczenia zbiorników wodnych). W Polsce istotny wpływ na ten trend będzie miał także rozwój elektromobilności, utraty różnorodności biologicznej i redukcji niedoborów wody. Istotny jest rozwój zaawansowanej gospodarki odpadami (szersze wtórne wykorzystanie surowców i ich odzyskiwanie) oraz opracowywanie materiałów energooszczędnych. Konieczne jest połączenie działań na rzecz obniżenia niskiej emisji, emisji sektorowej oraz przeciwdziałanie suszom (np. zwiększanie małej retencji). Wydaje się, że działania w zakresie tego trendu są promowane jednakże wycinkowo i brak jest szerokiego podejścia do zagadnienia. Widoczne są przede wszystkim inicjatywy dotyczące jakości powietrza. Zdecydowanie niewidoczne są inne centralne lub samorządowe akcje w obszarach takich jak mała retencja, czy zielone miasta,

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom** | ✓ | | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | | | |

[24] Szersza lista dostępna m.in. na stronach Ministerstwa Klimatu i Środowiska https://www.gov.pl/web/klimat/programy-i-projekty

| Szanse | Zagrożenia | Bariery rozwoju |
|---|---|---|
| • Zatrzymanie degradacji środowiska<br>• Poprawa bioróżnorodności oraz odbudowa zdegradowanych obszarów<br>• Wypracowanie skuteczniejszych, ponadnarodowych mechanizmów koordynacji zagadnień środowiskowych<br>• Ograniczenie nadmiernej eksploatacji strategicznych zasobów<br>• Wypracowanie modeli dokładniejszej estymacji kosztów środowiskowych oraz społecznych gospodarczej działalności człowieka | • Ograniczenie możliwości adaptacji małych przedsiębiorstw do wymogów polityk klimatycznych<br>• Konieczność skutecznego przeszkolenia i zatrudnienia pracowników zatrudnionych np. w kopalniach | • Niskie koszty korzystana ze szkodliwych rozwiązań w krótkim terminie<br>• Prymat efektywności ekonomicznej nad ochroną środowiska naturalnego w polityce państw oraz przemysłu, nieuwzględnianie kosztów klimatycznych w inwestycjach<br>• Brak długofalowego planowania w politykach rozwoju<br>• Przyzwyczajenie użytkowników do tradycyjnych rozwiązań<br>• Problemy z wdrożeniem porozumień klimatycznych wynikające z barier finansowych. |

## 6.5. Rozwój zrównoważonego społeczeństwa

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Podstępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast |
| | Wzrost znaczenia architektury krajobrazu |
| | Wzrost poziomu edukacji oraz life-long learning |
| | Tworzenie miejsc pracy wymagających nowych kompetencji |
| | Zapewnienie szerokiej opieki dla różnych grup społecznych |
| | Ograniczenie ubóstwa w wybranych grupach społecznych i obszarach geograficznych |
| | Wzrost migracji dużych mas ludności (np. ze względu na zmiany klimatyczne, bądź konflikty zbrojne) |

**Opis trendu:** Rozwój zrównoważonego społeczeństwa jest zjawiskiem znanym co najmniej od lat 80. XX wieku. Jego opis oraz rozwój śledzą np. takie czynniki jak SSI (Social Sustainability Index). Rozwój zrównoważonego społeczeństwa opiera się o powiązanie jak największej ilości aspektów technologicznych z potrzebami społeczeństwa. Mówimy zatem o rozwoju umożliwionej przez technologię samowystarczalności w takich wymiarach jak transport, finanse, energetyka, rolnictwo i przetwarzanie odpadów. Co ważne zrównoważone społeczeństwo dąży do zapewnienia pełnego dostępu do dobrodziejstw oferowanych technologii przy możliwie minimalnym zużyciu zasobów. W sektorze prywatnym trend reprezentowany jest przez nurt ESG, wywodzący się z idei społecznej odpowiedzialności biznesu. ESG zakłada, że firmy w swojej działalności powinny brać pod uwagę (i dbać o-) czynniki środowiskowe, społeczne i zasady dobrego zarządzania (z ang. environmental, social, governance). Istotność tego trendu jest związana z jego wielowymiarowym charakterem. Rosnąca świadomość społeczna w zakresie potrzeb, ale także dynamicznie zmieniająca się rzeczywistość, powodują konieczność zwracania większej uwagi na aspekty społeczne w planowaniu rozwoju społeczno-gospodarczego. Społeczeństwa zrównoważone są wydajniejsze, a jednocześnie znacznie mniejsze są koszty społeczne (np. chorób związanych ze zdrowiem psychicznym).

**Kierunki rozwoju**: Aktualnie mamy do czynienia z dość dynamicznym rozwojem miast (urbanizacja), a także rozwojem koncepcji tzw. „smart city". Podczas analiz zwrócono również uwagę na ograniczenie ubóstwa w wybranych grupach społecznych i obszarach geograficznych oraz wzrost migracji dużych mas ludności (np. ze względu na zmiany klimatyczne, bądź konflikty zbrojne). Istotne jest także rozwiązanie wyzwań transportowych, mieszkalnych i środowiskowych w związku z funkcjonowaniem nowoczesnych miast. Wydaje się, że zwiększenie świadomości organizacji przestrzennej miast jest tematem bardzo rozwojowym (np. strefy zieleni). Jednakże trudno czasowo przewidywać rozwój niektórych zagadnień, szczególnie tych związanych z migracją ludności (zarówno na linii miasto – wieś, jak i pomiędzy krajami/kontynentami). Jest to bardzo dynamiczny trend, który bardzo trudno prognozować, gdyż wskutek COVID-19 nastąpiło odwrócenie pewnych tendencji społecznych (coraz więcej osób chce mieszkać poza miastami). Niepewność wzmacnia także skomplikowana sytuacja geopolityczna na świecie, która również wpływa na ruchy migracyjne. Biorąc pod uwagę ciągły wzrost liczby ludności na świecie, spore wyzwania w zakresie urbanistyki, zagospodarowania przestrzennego, a także bardzo dynamiczny rozwój sektora budowlanego, można przyjąć, że znaczenie tego trendu będzie wzrastało.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu/wczesnej dojrzałości. Eksperci (jak i respondenci biorący udział w badaniach) wskazywali, że o potrzebie budowy zrównoważonego społeczeństwa sporo się mówi, ale nie widać konkretnych zaplanowanych (centralnie lub samorządowo) działań.

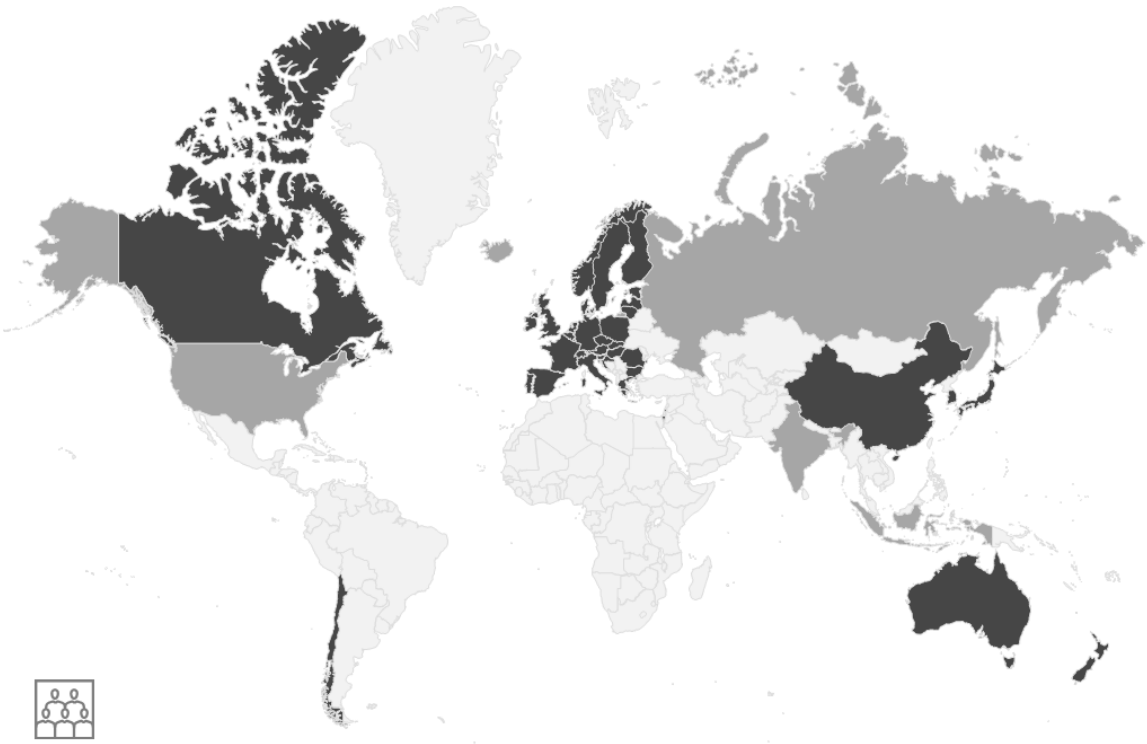
**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- sytuacja pandemiczna oraz zjawiska post-pandemiczne (np. wpływ na zdrowie psychiczne) utrzymujące na świecie w najbliższych latach;
- sytuacja geopolityczna oraz nastroje społeczne w regionach objętych zagrożeniem/konfliktem militarnym;
- coraz większa liczba ludności na świecie, która wymusza bardziej zrównoważone funkcjonowanie miast i państw;
- zmniejszające się obszary zieleni;
- konieczność usprawnienia transportu miejskiego (zwiększenie wydajności transportu zbiorowego, ograniczenie dostępu dla wysokoemisyjnych pojazdów indywidualnych);
- zmniejszające się zasoby wody pitnej;
- zwiększająca się liczba śmierci w wyniku czynników antropogenicznych (zatrucia smogiem).

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- rozwiązania z zakresu architektury krajobrazu oraz rozwoju sektora budownictwa (np. zastosowanie nowych/innowacyjnych materiałów czy nowoczesnych rozwiązań w budownictwie, takich jak rekuperacja, kogeneracja);
- rozbudowa sieci telekomunikacyjnych;
- carsharing;
- design neobiologiczny;
- systemy zarządzania danymi energetycznymi (EDMS, np. platforma zenon;
- technologie do zarządzania ruchem miejskim w celu ograniczenia emisji i kontroli ruchu (np. Surtrac).

**Zasięg oraz trwałość trendu**: z racji coraz większej liczby ludności oraz ciągłego powstawania nowych miast czy obszarów mieszkalnych, można przyjąć, że trend ma charakter globalny. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Finlandia, Szwecja, Dania, Niemcy, Belgia, Austria, Norwegia, Francja. Poza regionami, w których z powodów np. pogodowych urbanizacja jest niemożliwa (np. Syberia), obserwujemy ciągły przyrost nowych budynków czy infrastruktury komunikacyjnej (drogi). Dodatkowy czynnik świadczący o globalnym wymiarze trendu to bez wątpienia otwartość granic. Wiele koncepcji (smart cities, smart houses, smart materials) bez wątpienia będzie miało w perspektywie 15 lat tendencję rozwojową. Tworzenie strategii inteligentnego miasta (smart city).



**Opis trendu w Polsce**: w Polsce obserwujemy duży ruch w obrębie miast (ruchy z centrum i do centrum) Obserwujemy także zmianę w wymaganiach wobec jakości przestrzeni wspólnej i prywatnej. Tworzone budżety obywatelskie zwiększają świadomość możliwości wpływu na otoczenie. Pandemia pokazała jak istotny jest dostęp do infrastruktury medycznej, cyfrowej, komunikacyjnej i rekreacyjnej. W Polsce widać rozwój ośrodków miejskich rozwijających strefy zieleni czy racjonalnego zagospodarowania przestrzennego. Obserwowany jest również rozwój edukacji. Ma miejsce wzrost komfortu życia, redukcja odsetka ludzi żyjących w skrajnym ubóstwie. Dąży się do poprawienia jakości transportu – zminimalizowania śladu węglowego i poprawy jego wydajności. Dąży się do cyfryzacji usług publicznych i ich integracji w jednolitych systemach. W związku z rosnącymi potrzebami niezbędne jest rozwinięcie stabilnej infrastruktury energetycznej, która zaspokoi wzrastające potrzeby i nie wpłynie negatywnie na społeczeństwo (przez nadmierną eksploatację środowiska i zanieczyszczenie). Niezbędna jest decentralizacja zarządzania, zatrzymanie negatywnych zmian demograficznych (ujemne salda migracji, starzenie się społeczeństwa, niska dzietność) oraz wdrażanie rozwiązań skutecznej adaptacji migrantów.

**Zasięg geograficzny w Polsce**: mazowieckie, lubuskie, małopolskie, kujawsko-pomorskie, wielkopolskie, warmińsko-mazurskie, łódzkie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wzrostu.

Trend ten wpływa zasadzie na wszystkie trendy rozwojowe. Wynika to z faktu, że w trend jest reprezentacją zmiany postaw społeczeństw, postaw grup konsumenckich. Odejście od prymatu efektywności ekonomicznej na rzecz czynników ESG generuje zmiany we wszystkich obszarach, co pokazuje poniższe zestawienie:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rozwój zrównoważonego społeczeństwa** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

## Szanse

- Poprawa jakości przestrzeni miejskich oraz wiejskich
- Włączanie w sieć miejską lub wiejską niezagospodarowanych obszarów
- Redukcja nierówności w obrębie miast oraz regionów
- Zwiększenie dostępności oraz jakości lokali oraz budynków mieszkalnych
- Wydajniejsze zagospodarowanie obszarów miejskich

## Zagrożenia

- Nadmierny rozwój obszarów miejskich kosztem wsi
- Możliwość polaryzacji w miastach oraz regionach nierównomiernie rozwiniętych
- Zintensyfikowanie migracji do najlepiej rozwijających się ośrodków i wyludnienie obszarów nie nadążających za rozwojem technologii

## Bariery rozwoju

- Ograniczona przestrzeń miast czy regionów do dalszej urbanizacji
- Niewydajna lub przeciążona infrastruktura krytyczna w ośrodkach miejskich (energetyka, szpitale)
- Brak odpowiedniego planowania przestrzennego
- Długotrwale procedury administracyjne
- Szersza współpraca i konsultacje między administracją, biznesem i mieszkańcami

## 6.6. Rozwój zrównoważonego rolnictwa

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Rozwój zrównoważonego rolnictwa | Rozwój zrównoważonego rolnictwa, leśnictwa i rybołóstwa: wprowadzenie żywności ekologicznej, ograniczenie popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego<br>Rozwój nowoczesnego rolnictwa (opartego o nowe technologie, np. AI, genetykę)<br>Redukcja marnowania żywności |

**Opis trendu:** Trend ten dotyczy wzrostu wydajności rolnictwa oraz minimalizowania jego negatywnego wpływu na środowisko lub nieracjonalnego wykorzystania zasobów naturalnych przy uprawach (zwłaszcza wody). Celem zrównoważonego rolnictwa jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego i jak najszerszego dostępu do wysokiej jakości pożywienia. Jego istotność determinuje rosnąca liczba ludności oraz bogacenie się społeczeństw, z którym wiąże się wzrost zapotrzebowanie na pożywienie. Bardzo ważne jest również dbanie o homeostazę fauny i flory i zachowanie odpowiednich proporcji pomiędzy konsumpcją mięsną a roślinną.

**Kierunki rozwoju**: analizie poddano rozwój zrównoważonego rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa: wprowadzenie żywności ekologicznej, ograniczenie popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego, zrównoważone wykorzystanie zasobów w produkcji rolnej (możliwe dzięki zastosowaniu nowych technologii i rozwiązań z kręgu *smart farming*). W celu poprawy wydajności ważne jest zwrócenie uwagi na możliwości rozwoju nowoczesnego rolnictwa (opartego o nowe technologie, np. AI, genetykę). Ogromnym problemem, szczególnie w krajach wysoko rozwiniętych jest marnowanie żywności. Szacuje się, że miliony ton żywności rocznie na świecie jest marnotrawione, podczas gdy w wielu krajach ludzie wciąż umierają z głodu. Dlatego w analizach zwrócono uwagę na kwestię redukcji marnowania żywności oraz zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego, szczególnie dla krajów trzeciego świata.

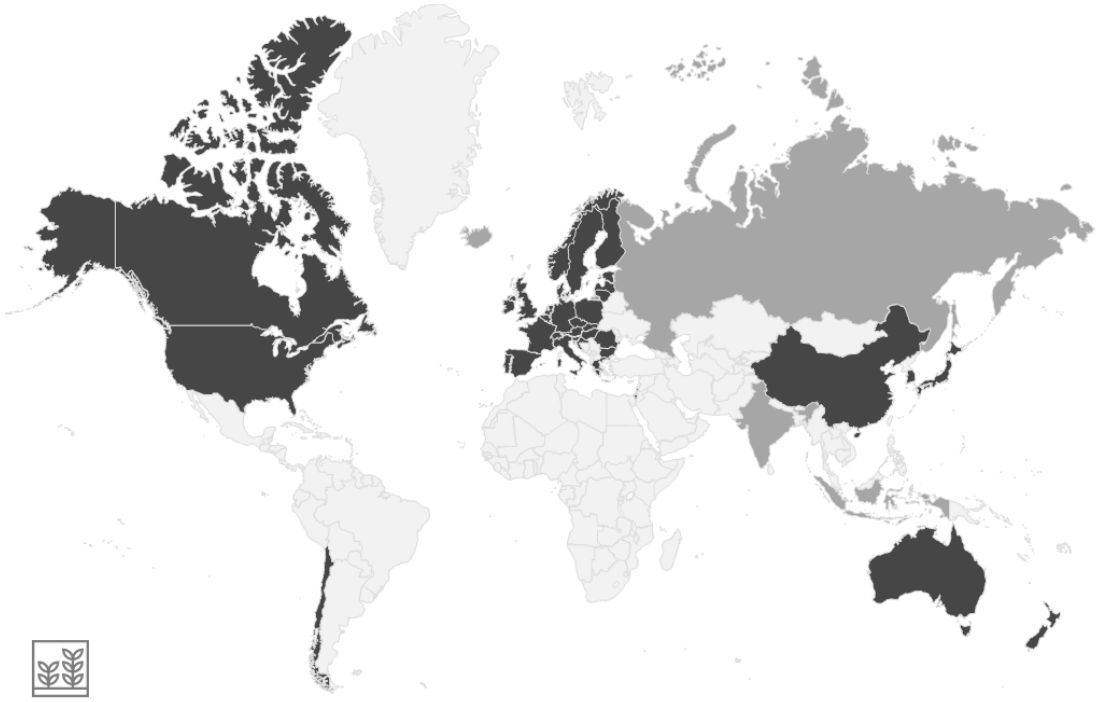
**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu/wczesnej dojrzałości.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- coraz większe zapotrzebowanie na żywność;
- stale rosnące zapotrzebowanie na „zdrową żywność”, rosnący popyt konsumpcyjny na produkty ekologiczne;
- odchodzenie od pewnych kategorii żywności (np. mięso);
- ulgi oraz dofinansowania dla małych i średnich gospodarstw rolnych o ekologicznej produkcji
- świadomość negatywnych skutków środowiskowych wynikających z rolnictwa uprzemysłowionego, w tym jego zagrożeń dla środowiska oraz bioróżnorodności;
- potrzeba rozwoju nowoczesnych, biologicznych pestycydów i herbicydów;
- minimalizowanie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko i ograniczanie monokultur;
- racjonalizacja zasobów wykorzystywanych przez rolnictwo (np. woda);
- wymagania regulacyjne w zakresie cyfryzacji w rolnictwie (regulacje UE w zakresie platform B2B, IoT w rolnictwie, krajowych hubów z danymi o rolnictwie).

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- rozwiązania rolnictwa 4.0 (ICT, drony w rolnictwie do oprysków i kontroli upraw, sztuczna inteligencja do monitorowania stanu gleby)
- inteligentne systemy irygacyjne;
- systemy GPS do monitorowania upraw oraz prognozowania pogody – opadów i zagrożeń;
- roboty zbierające plony;
- czujniki i sensory mierzące poziomy paszy
- technologie NGT zastępujące GMO.



.

**Zasięg oraz trwałość trendu**: z uwagi na swoją powszechność zakres tego trendu ma wymiar globalny, ale nie w każdej części świata musi być jednakowo istotny (choć na każdym kontynencie występuje działalność rolna). Obejmuje on takie kraje jak: Dania, Holandia, Francja, Niemcy, Wielka Brytania, Szwecja, USA, Kanada, Chiny, Japonia, Australia. Jest to trend rozwojowy, którego znaczenie stale rośnie. Jednakże rozwój rolnictwa jest ściśle zależny od czynników przyrodniczych (żyzność gleby, warunki klimatyczne, stosunki wodne, ukształtowanie terenu) oraz antropogeniczne (sposób gospodarowania, stosunki własnościowe, wielkość gospodarstw rolnych, typ gospodarki rolnej, systemy uprawy roli, polityka rolna państwa). Zastosowane technologie wspierające ten trend pozwalają przypuszczać, że będzie miał on tendencję rozwojową w najbliższych 5 latach. Pewnym zagrożeniem dla rozwoju trendu jest fakt, że w wielu obszarach produkcja rolna osiągnęła już maksymalną wydajność (np. hodowla trzody chlewnej).

**Opis trendu w Polsce**: W Polsce rozwijane są aplikacje do wykorzystania w rolnictwie - np. ziBees czy system Bee HUB. Istnieje także duży potencjał w zakresie włączenia małych gospodarstw (niskoobszarowych) do systemu GOZ. W tym aspekcie ważne jest zarządzanie odpadami rolnymi i stworzenie systemu kooperacji pomiędzy rolnikami a biogazowniami. W polskich miastach rozwijane jest miejskie rolnictwo wertykalne (farmy wertykalne) pozwalające na dostęp do świeżej i ekologicznej

żywności w centrach miast. Wykorzystują one zamknięty obieg wody pozwalający na zużywanie jej nawet do 90% mniej w porównaniu z rolnictwem tradycyjnym oraz ograniczają ślad węglowy (np. Listny Cud). Ze względu na istotną pozycję Polski w zakresie produkcji maszyn rolniczych, istnieje potencjał w zakresie budowy sieci Internetu Rzeczy opartej o te produkty. W Polsce coraz więcej gospodarstw rolnych oferuje ekologiczną żywność. Sukces nowoczesnego rolnictwa będzie w dużej mierze zależał od zdolności gospodarstw do umocnienia rynkowego i prowadzenia rentownej działalności. W tym celu konieczne jest dalsze umacniane świadomości na temat pochodzenia i jakości produktów. Mamy bardzo duże zasoby wytwórcze. W Polsce rozwijana jest biotechnologia mająca na celu poprawę wydajności produkcji rolnej oraz stosowane różnego rodzaju rozwiązań wspierających rolnictwo np. drony, systemy nawadniania pól. Konieczne jest także zapewnienie możliwości funkcjonowania małym gospodarstwom oraz włączanie ich do GOZ np. poprzez tworzenie systemów zbiórki bioodpadów, które mogą zasilać biogazownie. Istotne jest zmniejszenie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko i szersze wykorzystanie biologicznych herbicydów i pestycydów. Pomocne może być też wprowadzenie rozwiązań AI (np. do precyzyjnej identyfikacji obszaru występowania szkodników).

**Zasięg geograficzny w Polsce**: kujawsko-pomorskie, zachodniopomorskie, wielkopolskie, mazowieckie, opolskie, warmińsko-mazurskie, świętokrzyskie, podlaskie, dolnośląskie, łódzkie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wzrostu.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rozwój zrównoważonego rolnictwa** | ✓ | | | ✓ | | ✗ | | ✓ | |

## Szanse

- Poprawa wydajności rolnictwa
- Zwiększenie dostępu do wysokiej jakościowo żywności
- Ograniczenie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko
- Wzrost bezpieczeństwa żywnościowego

## Zagrożenia

- Zwiększone wykorzystanie zasobów naturalnych (np. woda)
- Zwiększanie emisji oraz zanieczyszczeń związanych z hodowlą zwierząt oraz uprawą ziemi

## Bariery rozwoju

- Niska rentowność działalności rolnej
- Zmiany klimatu obniżające wydajność rolną
- Zmniejszanie obszarów przeznaczanych pod rolnictwo na rzecz pozostałych rodzajów działalności (budownictwo, energetyka)

## 6.7. Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa | Wzrost ilości przetwarzanych informacji / danych<br>Wzrost wymaganych mocy obliczeniowych urządzeń przysłających i przetwarzjących dane<br>Wzrost liczby użytkowników oraz komunikujących się urządzeń<br>Pojawienie się nowych obszarów digitalizacji i autmatyzacji życia społecznego<br>Upowszechnienie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości<br>Rozwój mediów społecznościowych (ułatwianie kontaktów międzyludzkich, ale również zmiana formy komunikacji) |

**Opis trendu**: trend ten wynika z rozszerzającego się wykorzystania technologii cyfrowych do najróżniejszych aspektów społeczeństwa. Technologie intensyfikujące tzw. czwartej rewolucji technologicznej obejmują rozwiązania chmurowe, Internet Rzeczy (IoT), sztuczną inteligencję, robotyzację i blockchain (wydatki na IT we wszystkich dziedzinach zastosowania systematycznie rosną, a w 2020 roku wzrost ten wyniósł 3,6%)[25]. Technologie informatyczne i nowe możliwości komunikacji elektronicznej całkowicie zmieniły relacje handlowe, gospodarcze i społeczne, a także rynek pracy, branże i profesje. Coraz większy i szybszy dostęp do zasobów, produktów i usług, jaki jest możliwy dzięki rozwojowi Internetu, zmienia sposób prowadzenia przedsiębiorstw, styl i formę komunikacji oraz reklamy i promocji. Społeczeństwo globalne staje się społeczeństwem cyfrowym, gdzie technologie jako innowacje społeczne wpływają na pracę, edukację, przynależność do sieci społecznych czy wzorce konsumpcyjne.

**Kierunki rozwoju**: w związku z tym, że coraz więcej obszarów życia społecznego jest przenoszonych do sieci i podlega cyfryzacji analizie poddano kwestię wzrostu ilości przetwarzanych informacji oraz wzrost wymaganych mocy obliczeniowych urządzeń przesyłających i przetwarzających dane. Wynika to bezpośrednio ze wzrostu liczby użytkowników oraz komunikujących się urządzeń, co prowadzi do generowania ogromnej liczby danych (big data) (liczba urządzeń podłączonych w ramach IoT urosła o 177% od 2015 do 2022 roku i wyniosła ponad 40 miliardów urządzeń)[26]. Rozwój technologii cyfrowych, a także pandemia COVID-19 spowodowała pojawienie się nowych obszarów digitalizacji i większej automatyzacji życia społecznego. Coraz wyższe wymagania klientów oraz chęć lepszego zrozumienia rzeczywistości doprowadziła do upowszechnienia rozwiązań wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości. Ostatnim trendem poddanym analizie jest rozwój mediów społecznościowych (ułatwianie kontaktów międzyludzkich, ale również zmiana formy komunikacji). Nie ulega wątpliwości, że coraz więcej osób korzysta z tej formy komunikacji oraz na rynku pojawiają się nowe media społecznościowe. Komisja Europejska przedstawiła wizję i kierunek transformacji cyfrowej w Europie do 2030 r. Kompas cyfrowej dekady w UE to cztery najważniejsze kierunki: Umiejętności, Bezpieczna i zrównoważona infrastruktura cyfrowa, Transformacja cyfrowa przedsiębiorstw, Cyfryzacja usług publicznych. Podobne strategie są również formułowane na innych kontynentach oraz krajach (USA, Chiny). Wraz z rozwojem gospodarki cyfrowej, Internetu Rzeczy, sztucznej inteligencji znaczenie cyfryzacji społeczeństwa będzie stale wzrastało. Jest to zgodne z założeniami „Cyfrowej Dekady".

[25] https://www.delab.uw.edu.pl/wp-content/uploads/2020/04/Katarzyna-%C5%9Aledziewska-Renata-W%C5%82och-Gospodarka-cyfrowa.pdf
[26] https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu/wczesnej dojrzałości.

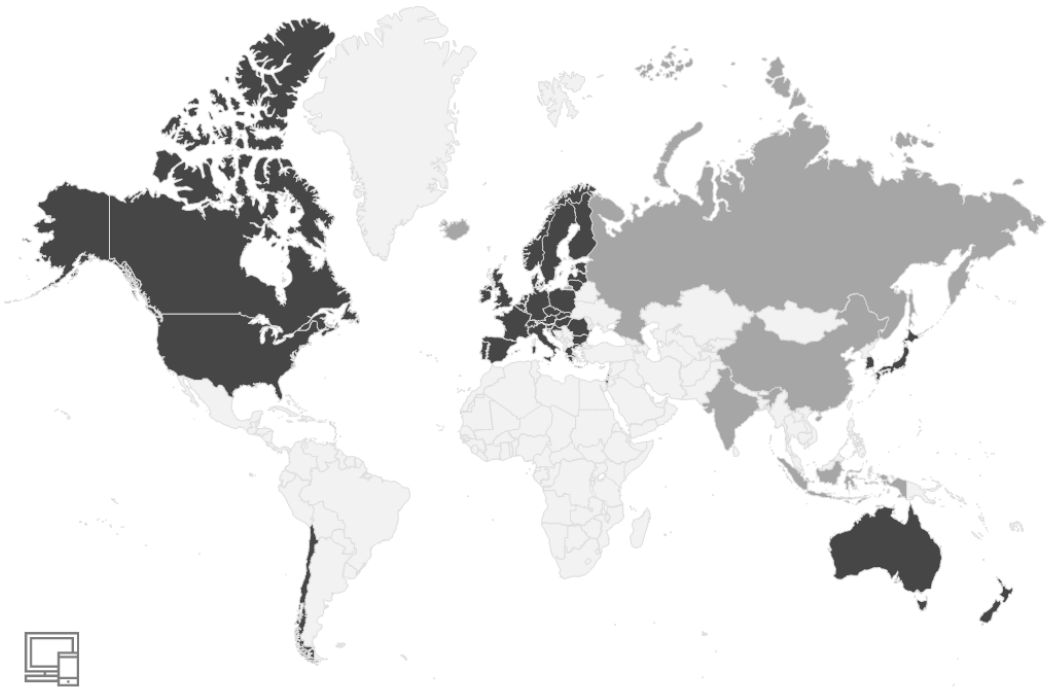
**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- zmiana wzorców funkcjonowania społeczeństw (przenoszenie coraz większej aktywności do „sieci”);
- wzrost atrakcyjności finansowej cyfrowych form prowadzenia biznesu (e-commerce);
- ułatwienie dostępu do wielu usług;
- dodatkowe możliwości rozwoju interakcji społecznych i gospodarczych (zdalne spotkania, praca, opieka);
- ograniczenie zużycia surowców (np. celuloza);
- szerszy i łatwiejszy dostęp do informacji;
- rozwój sieci 4G/5G;
- regulacje dotyczące działania międzynarodowych platform cyfrowych.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- aplikacje e-commerce;
- systemy zarządzania przedsiębiorstwem: ERP, SAP itp.;
- Internet Produkcyjny;
- aplikacje e-learning;
- usługi i sprzęt do automatyzacji zarządzania procesami;
- cyfrowe usługi publiczne (chmura publiczna, systemy podatkowe, sądowe oraz administracyjne czy statystyczne);
- aplikacje personalizacji produktów.

**Zasięg oraz trwałość trendu**: z racji ogólnodostępności Internetu oraz technologii cyfrowych zakres tego trendu ma wymiar globalny. Obejmuje on takie kraje jak: Dania, Finlandia, Szwecja, Holandia, USA, Korea Południowa. W związku z powyższym zakłada się, że omawiany trend przez najbliższe 10 lat będzie miał tendencję wzrostową.



**Opis trendu w Polsce**: W przypadku technologii z obszaru ICT próg wejścia jest stosunkowo niski, dlatego w Polsce rozwija się wiele rozwiązań technologicznych, które mają wysoki potencjał sukcesu rynkowego. Państwo wspiera rozwój przedsiębiorczości poprzez zaangażowanie we wsparcie kapitałowe start-up'ów, dzięki czemu w ostatnich latach powstało i zostało rozwiniętych wiele technologii cyfrowych. W Polsce dobrze rozwija się także segment e-commerce, który opiera się o rozwiązania cyfrowe. Przykładami sukcesów komercyjnych opartych o technologie cyfrowe mogą być np. narzędzie bankowości internetowej Blik, lider rynku monitoringu internetu Brand24, portale integrujące usługodawców – np. OLX, Booksy, Znany Lekarz etc. Dzięki rozwojowi cyfryzacji, usługi rozwija firma Integer, właściciel paczkomatów InPost. Istotny jest także rozwój inkubatorów, akceleratorów i centrów co-workingowych opartych o działanie i wykorzystanie technologii cyfrowych (Google Campus, BusinessLink, CIC Campus). Polska ma bardzo dobre, w porównaniu do innych krajów członkowskich UE (z CEE) pokrycie sieciami szerokopasmowymi, co wspiera rozwój cyfrowy. Rozwojowi usług cyfrowych sprzyja też wprowadzenie takich usług jak e-ID obywateli, czy chmura krajowa. Polska zanotowała także bardzo duży przypływ globalnych inwestycji technologicznych - globalne Data Center Microsoft, Dolina Chmurowa Google, rozwój działalności AWS w CE. W Polsce ma miejsce cyfryzacja wielu sektorów: administracji publicznej, medycyny, edukacji. Coraz więcej przedsiębiorstw przechodzi fazę cyfryzacji. Wiele obszarów życia społecznego jest przenoszonych do Internetu. W Polsce potencjał posiada rozwój aplikacji ze względu na relatywnie wyższy koszt projektowania i wdrażania rozwiązań opartych o hardware. Dobrym wzorcem jest rozwój w Polsce sektora fintech. W tym zakresie istotne jest także zwrócenie większej uwagi na wykorzystanie AI do obniżenia śladu węglowego technologii (green coding czy tworzenie rozproszonych zespołów). Istotne jest ograniczenie odpływu specjalistów (brain drain) i wsparcie powstawania dużych firm, które mogą wykorzystywać wewnętrzne, duże zasoby danych do szkolenia AI.

**Zasięg geograficzny w Polsce**: mazowieckie, podkarpackie, lubelskie, pomorskie, zachodniopomorskie, kujawsko-pomorskie, warmińsko-mazurskie, dolnośląskie, śląskie, łódzkie, małopolskie, wielkopolskie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wczesnej dojrzałości.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Przyspieszająca cyfryzacja** | | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |

## Szanse

- Rozszerzanie obszarów dostępnych dla cyfryzacji
- Ułatwienia w dostępie do rozwiązań technologicznych dzięki szerokiemu zastosowaniu technik UI/UX
- Realne ułatwienia w życiu społecznym i gospodarczym – np. dzięki ograniczeniu barier fizycznych (konieczność fizycznych spotkań
- Wzrost wydajności gospodarki dzięki szerszemu zastosowaniu narzędziach opartych o zaawansowaną analizę danych (Big Data)

## Zagrożenia

- Wykluczenie cyfrowe i powstanie nierówności w zakresie dostępu do rozwiązań cyfrowych (np. Internetu) – digital divide
- Powstanie nowych obszarów oraz rodzajów przestępstw
- Obawy związane z obsługą wrażliwych danych oraz niewystarczającego upowszechnienie rozwiązań z obszaru cyberbezpieczeństwa

## Bariery rozwoju

- Niedostosowanie infrastruktury cyfrowej do coraz większych potrzeb związanych z przechowywaniem i przetwarzaniem dużych ilości danych
- Niekompatybilność systemów cyfrowych
- Ograniczone zasoby surowców niezbędnych do produkcji coraz bardziej zaawansowanych urządzeń
- Konieczność dostosowania systemu edukacji do coraz szybszych zmian technologicznych

## 6.8. Zapewnienie bezpieczeństwa

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Zapewnienie bezpieczeństwa | Wzrost znaczenia bezpieczeństwa militarnego<br>Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa<br>Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego<br>Zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej (np. energetyka, telekomunikacja, produkcja i dystrybucja żywności) |

**Opis trendu:** Trend ten wynika z rozwoju technologii oraz wzrostu ich znaczenia dla sprawnego i bezpiecznego funkcjonowania społeczeństwa, ale także czynnikami z innych obszarów jak opieka zdrowotna (np. ochrona przed wirusami), czy potencjalne konflikty zbrojne. Cyberbezpieczeństwo jest jednym z istotnych aspektów trendu; w samych Stanach Zjednoczonych liczba naruszeń danych wzrosła z 157 milionów rocznie w 2005 roku do niemal 1,5 miliarda w 2019 roku)[27]. Bezpieczeństwo jest jedną z podstawowych potrzeb człowieka, jednocześnie zwiększa się rozumienie wielowymiarowości „bezpieczeństwa". Wynikiem tego jest ciągle rozszerzanie tradycyjnej domeny państwa w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa i włączanie coraz to nowych obszarów (cyberprzestrzeń, klimat, infrastruktura, żywność, energia). Dzięki temu zagrożenie przesuwa się z poziomu państwowego na bardziej rozproszonych i trudnych w identyfikacji aktorów.

**Kierunki rozwoju**: **w** ramach tego trendu ogólnej analizie poddano rozwijające się typy broni w znaczeniu militarnym, np. bezpieczeństwo chemiczne i biologiczne, czy też tzw. wojska lub technologie obrony kosmicznej. W chwili obecnej bezpieczeństwo informacyjne oraz cyberbezpieczeństwo stanowią dwa najbardziej dynamicznie rozwijające się obszary, jeśli chodzi o zapewnienie bezpieczeństwa, zarówno w znaczeniu defensywnym jak i ofensywnym. Wraz z rozwojem gospodarki cyfrowej, Internetu Rzeczy, sztucznej inteligencji znaczenie bezpieczeństwa informacyjnego i cyberbezpieczeństwa będzie stale wzrastało. Kwestie związane z transformacją energetyczną i wykorzystaniem OZE, odejściem od węglowodorów będą generowały zagrożenia, których przyczyną może być nierówny dostęp do technologii. Celem działań w tym zakresie będzie zapewnienie rozwiązań gwarantujących stabilność i ciągłość.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

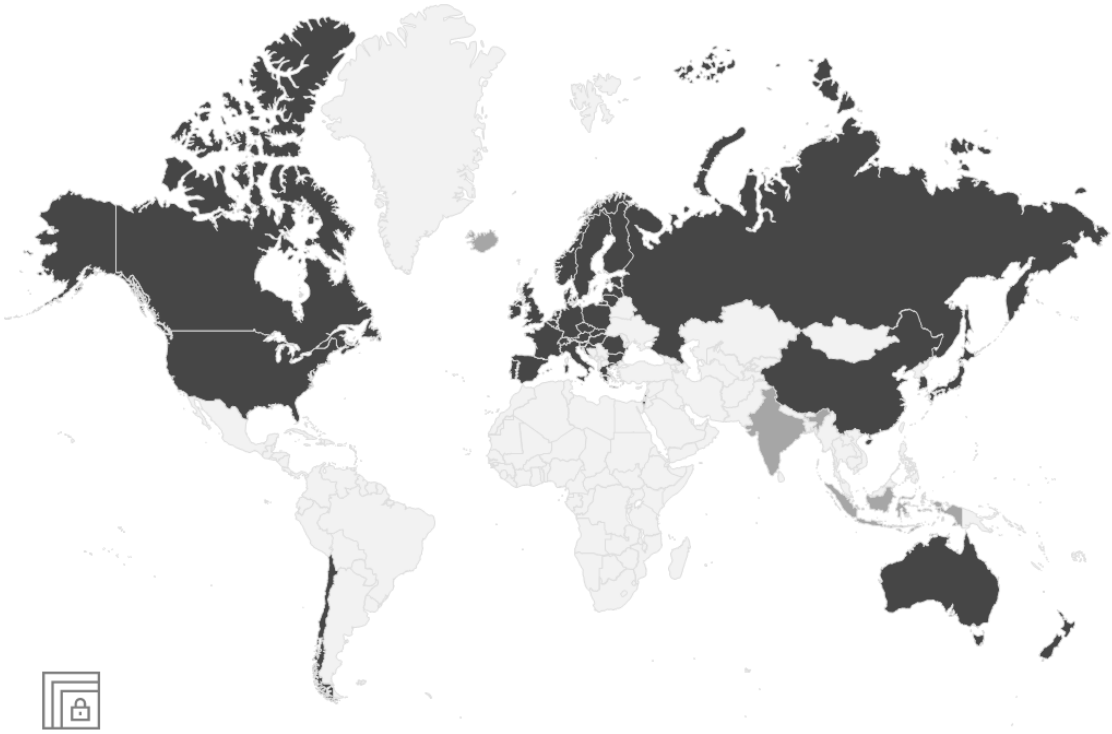
- rozszerzanie się potencjalnych obszarów objętych polityką bezpieczeństwa (np. niekontrolowane migracje, przemyt, pandemie);
- coraz szersze możliwości wywierania negatywnego zewnętrznego wpływu na rosnący zakres technologii cywilnych;

[27] https://www.idtheftcenter.org/wp-content/uploads/2020/01/01.28.2020_ITRC_2019-End-of-Year-Data-Breach-Report_FINAL_Highres-Appendix.pdf

- bezpieczeństwo staje się dla społeczeństwa jednym z kluczowych czynników życia społecznego (świadczą o tym migracje z terenów zagrożonych wojną czy coraz częstsze zamieszkiwanie regionów uznawanych za bezpieczne);
- dual-use – technologie opracowywane w celach obronnych często znajdują szerokie zastosowanie cywilne, wypełniając zapotrzebowanie rynkowe.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- technologie blockchain do zapewnienia bezpieczeństwa różnego rodzaju systemów np. bankowych czy energetycznych;
- technologie biometryczne;
- nowoczesny sprzęt wojskowy (tarcze antyrakietowe, pojazdy, systemy szyfrowania, łączności);
- koncentratory VPN;
- satelitarna obserwacja Ziemi;
- systemy wykrywania i prewencji włamań (IDS/IPS);
- serwery proxy (security web gateway);
- zintegrowane urządzenia bezpieczeństwa (UTM);
- ochrona przed wyciekami informacji (DLP);
- inteligentne drony.



**Zasięg oraz trwałość trendu**: z racji ogólnodostępności sieci zakres tego trendu ma wymiar globalny. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: USA, Rosja (ze względu na rozwój narzędzi cyfrowych i cyberbezpieczeństwa), Chiny, Wielka Brytania, Francja. Zakłada się, że będzie miał on co najmniej w perspektywie 15 lat tendencję rozwojową.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce stopniowo rozwijane są systemy zapewniające bezpieczeństwo w sieci. Przykładem jest firma Rublon twórca prostego w użyciu uwierzytelniania dwupoziomowego, umożliwiającego dodatkowe zabezpieczenie dostępu do wrażliwych danych firmy. W Polsce coraz większy nacisk kładziony jest na wzrost cyberbezpieczeństwa. Umacniane jest także bezpieczeństwo energetyczne, które obecnie jest stosunkowo wysokie w porównaniu do wielu partnerów europejskich (Niemcy, Francja – Energy Security Risk Index 2020). Rozwój bezpieczeństwa zapewniany jest na poziomie politycznym przez udział w formatach multilateralnych pracujących nad szerokimi kwestiami bezpieczeństwa np. NATO, ONZ, Unia Europejska, OBWE. Bezpieczeństwo wewnętrznej infrastruktury państwa czy rozwój armii jest stale rozwijane. W Polsce rozwijają się technologie z dziedziny kryptografii, bezpieczeństwa militarnego, żywnościowego i energetycznego. Niezbędne jest dalsze kształcenie kadr do rozwoju i zarządzania tych wielosektorowych systemów. Ciągły rozwój technologii wymaga szkolenia społeczeństwa o potrzebach i informowania o pojawiających się zagrożeniach.

**Zasięg geograficzny w Polsce**: *ze względu na szeroki wymiar bezpieczeństwa obejmujący obszary pozamilitarne, trend ten dotyczy całej Polski*

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wczesnego wzrostu.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zapewnienie bezpieczeństwa** | | | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✗ | ✓ |

## Szanse

- Wykorzystanie szerszych możliwości technologicznych do poprawy bezpieczeństwa (blockchain, kryptografia)
- Poprawa stabilności otoczenia i poprawa jakości życia
- Ograniczanie krótko i długofalowych strat wynikających z luk w systemach zabezpieczeń

## Zagrożenia

- Rozwój zagrożeń hybrydowych i niekonwencjonalnych
- Powstanie rywalizujących modeli bezpieczeństwa – np. pomiędzy Chinami, USA a Europą w zakresie prywatności

## Bariery rozwoju

- Przewaga wąskiego rozumienia bezpieczeństwa – tj. militarnego.
- Kapitałochłonność technologii bezpieczeństwa
- Braki kompetencyjne w zakresie obsługi infrastruktury krytycznej”
- Relatywnie niskie konsekwencje szkodliwych działań w nowych sferach technologicznych (legal digital gap)
- Coraz większa złożoność systemów bezpieczeństwa powodująca trudności w ich dostatecznej ochronie

## 6.9. Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej

| Trend rozwojowy | Subtrendy |
|---|---|
| Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej | Upowszechnianie e-usług oraz usług telemedycznych w systemie opieki zdrowia |
| | Rozwój self-monitoringu stanu zdrowia |
| | Rozwój nowoczesnych metod leczenia |
| | Zwiększenie dostępności opieki zdrowia |
| | Rozwój nowoczesnych leków oraz preparatów leczniczych |
| | Rozwój usług opieki zdrowotnej dedykowanych dla seniorów |

**Opis trendu:** Trend ten dotyczy usprawnienia pracy lekarzy, przyspieszenia diagnozowania chorób i zapewnienia odpowiedniego leczenia w jak najwcześniejszym stadium choroby. Dąży on do szybszego wykrywania i leczenia chorób cywilizacyjnych (np. choroby układu krążenia, cukrzyca, depresja) oraz zapewnienia powszechnego i równego dostępu do opieki medycznej. Wynika on z wzrastającej liczby ludności oraz ciągle rozwijających się zagrożeń w dziedzinie zdrowia (pandemie, stały rozwój chorób cywilizacyjnych). Według danych WHO z 2017 roku 800 milionów ludzi przeznacza co najmniej 10 procent swojego budżetu domowego na wydatki związane z opieką zdrowotną. Dla prawie 100 milionów ludzi wydatki te są na tyle wysokie, że przyczyniają się istotne do skrajnego ubóstwa, zmuszając do przeżycia za 1,90 dolara dziennie lub mniej)[28]. W krajach rozwiniętych istotnym czynnikiem zwracającym uwagę na istotność tego trendu jest starzenie się społeczeństw.

**Kierunki rozwoju**: istotnym kierunkiem rozwoju jest ograniczenie liczby wizyt oraz wizyt osobistych na etapie diagnostycznym oraz umożliwienie jak najszerszej diagnozy (medycyna precyzyjna). Obecnie niemożliwe jest jednak całkowite wykluczenie lekarza z procesu leczenia i zastąpienie go sztuczną inteligencją. Będzie ona jednak w coraz szerszym zakresie wspierała ludzkie podejście, intuicję oraz doświadczenie. Będzie tak np. dzięki danym zbieranym w chmurach i wykorzystaniu możliwości analitycznych superkomputerów. Dodatkowo możemy spodziewać się rozwoju urządzeń wspierających zdalne monitorowanie stanu zdrowia pacjenta takich jak smart watch. Rozwój medycyny precyzyjnej będzie obejmował także odchodzenie od grupowania pacjentów w szerokie kategorie i dostosowywanie profilaktyki, diagnozy i leczenia do unikalnej konstrukcji biochemicznej konkretnej osoby. Dla zwiększenia jakości opieki zdrowotnej ważne będzie także wdrożenie bezpiecznego i wydajnego systemu wymiany i integracji danych pacjenta w ramach zinformatyzowanych systemów zdrowotnych.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- starzenie się społeczeństwa;
- coraz wyższa świadomość społeczeństwa w zakresie możliwości medycyny;
- promocja zdrowego trybu życia, kampanie społeczne dotyczące profilaktyki medycznej;
- rozwój technologii farmaceutycznych;
- rozwój druku 3D z zastosowaniem w medycynie;

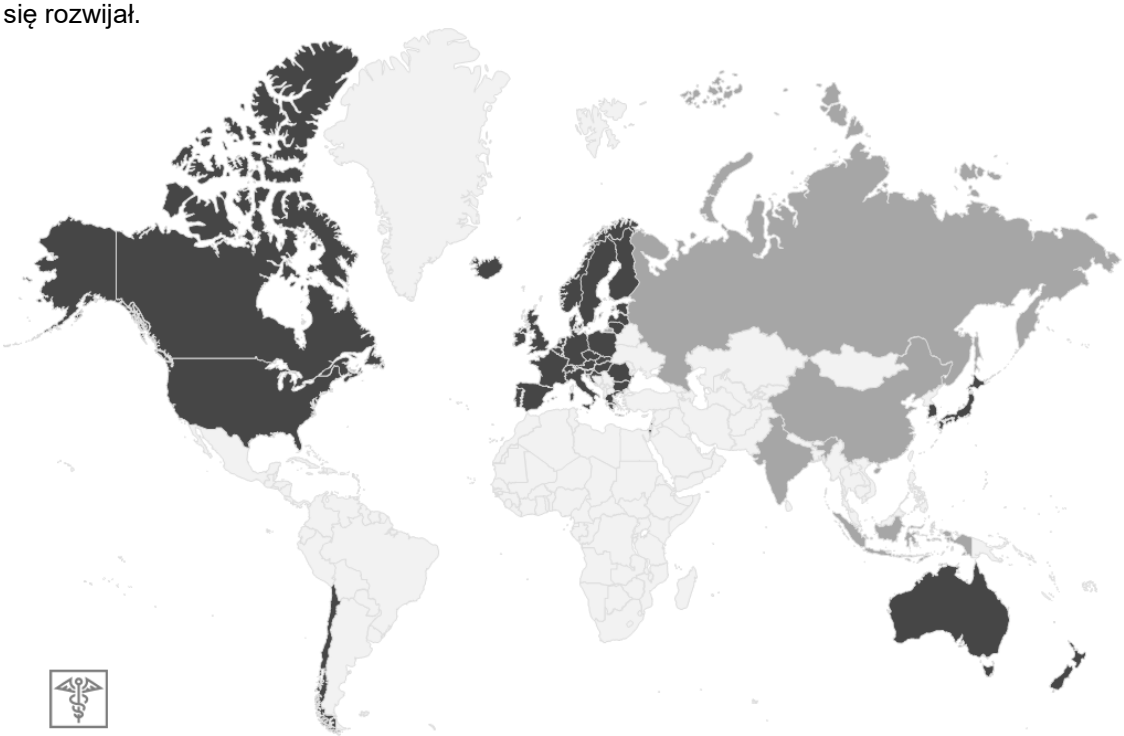
[28] https://www.who.int/news/item/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-lacks-access-to-essential-health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-poverty-because-of-health-expenses

- rozwój AI i VR.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- self-monitoring stanu zdrowia np. aplikacje pozwalające monitorować pewne parametry funkcjonowania organizmu (np. poziom cukru);
- nano-roboty umożliwiające złożone zabiegi/operacje;
- robotyzacja zabiegów i operacji, zabiegi małoinwazyjne;
- terapie genowel
- Bio-MEMES;
- biomarkery;
- nowoczesne lekarstwa a także szybsze metody ich opracowywania.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** z każdym rokiem postępy w obszarze medycyny pokazują, że znaczenie tego trendu jest rosnące. Z racji znaczenia tego trendu dla całego społeczeństwa, ma on wymiar globalny. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Islandia, Szwajcaria, Norwegia, Holandia, Luksemburg, Finlandia, Australia, Belgia, Szwecja, USA, Francja. W perspektywie najbliższych 15 lat trend ten będzie się rozwijał.



**Opis trendu w Polsce**: obserwowany jest rozwój w diagnostyce oraz cyfryzacji medycyny (e-zdrowie, e-recepty, portal pacjent.gov.pl itp.). W połączeniu z wykorzystaniem technologii cyfrowych tworzone są aplikacje pozwalające na organizowanie wizyt bez konieczności tradycyjnego kontaktu oraz na zdalną diagnostykę (np. Mindgram). Coraz popularniejsze stają się także rozwiązania typu „wearables", które umożliwiają stały monitoring podstawowych parametrów zdrowotnych. W Lubelskim Parku Naukowo-Technologicznym opracowane zostały technologie pozwalające na odczytywanie sekwencji nukleotydowej z dowolnego miejsca w ludzkim genomie oraz ich interpretację, odczytywanie. W Polsce rozwój niezbędny jest na trzech płaszczyznach – automatyzacja pracy personelu medycznego, cyfryzacja usług zdrowotnych i digitalizacja dokumentacji medycznej oraz rozwój wspomagania decyzji klinicznych powiązane z jak najszerszym ich wdrożeniem. Dodatkowo konieczne jest zwiększenie

możliwości obsługowych zakładów opieki zdrowotnej, w tym poprzez stosowanie nowoczesnych technologii medycznych, czy odpowiednie rozwiązania organizacyjne. W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu rozwoju niezbędne są dalsze nakłady na badania w tym zakresie i zatrzymanie odpływu najlepiej wykwalifikowanych pracowników. Konieczne jest także zapewnienie odpowiedniego bezpieczeństwa danych medycznych i kształcenie społeczeństwa w zakresie praw związanych z ich udostępnianiem. predyspozycji zapisanych w genach. Ze względu na doświadczenie kadr istnieje duży potencjał w zakresie rozwoju technologii związanych z kardiochirurgią czy neurochirurgią. Aktywnie rozwija się także branża robotów medycznych, czego dowodem było wskazanie „Polskiego robota medycznego" wśród projektów strategicznych Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju. W okresie pandemii poprawiła się też i zmodernizowała sfera B+R i współpraca międzynarodowa, wspierana grantami finansowymi czy partnerstwami europejskimi.

**Zasięg geograficzny w Polsce**: wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, opolskie, lubelskie, podlaskie, pomorskie, śląskie, łódzkie, małopolskie, lubuskie, świętokrzyskie

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wzrostu.

Trend ten wpływa na następujące trendy rozwojowe:

| Trendy rozwojowe | Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w bilansie energetycznym | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom | Rozwój zrównoważonego społeczeństwa | Rozwój rolnictwa | Przyspieszająca cyfryzacja | Zapewnienie bezpieczeństwa | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej** | | | | | ✓ | | | ✓ | ✗ |

## Szanse

- Wydłużenie średniej długości życia oraz poprawa jego jakości
- Usprawnienie działania służby zdrowia oraz dostępności do usług medycznych
- Obniżenie kosztów usług medycznych
- Skuteczniejsza profilaktyka i ograniczanie lub wyeliminowanie schorzeń
- Skrócenie czasu udostępniania lekarstw oraz nowych terapii

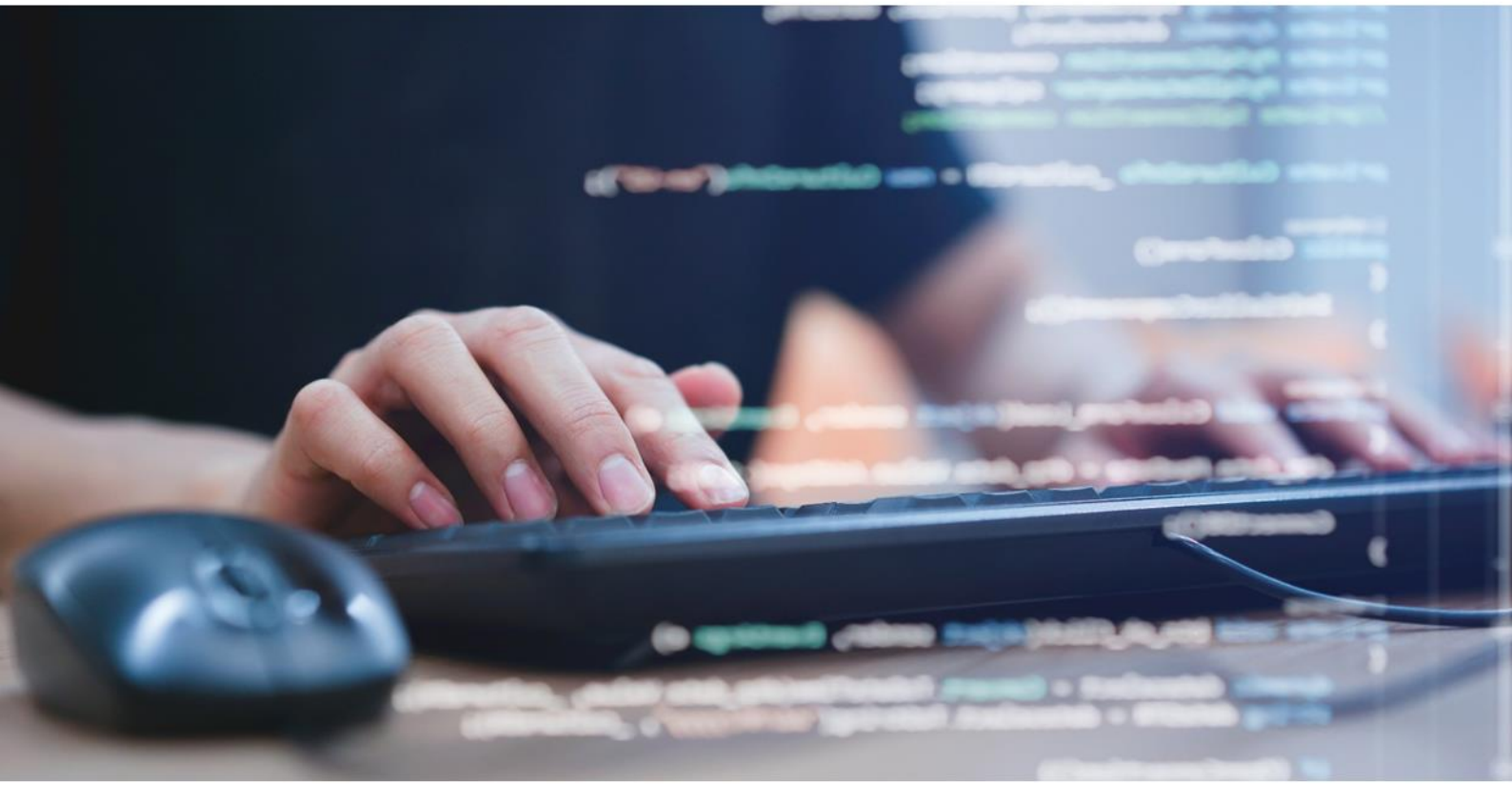
## Zagrożenia

- W przypadku wysokiej cyfryzacji służby zdrowia wzrosty ryzyka związanego z bezpieczeństwem
- Możliwość naruszenia barier etycznych lub kulturowych związanych z niektórymi obszarami medycyny (np. w genetyce)
- Nierównomierny dostęp do technologii medycznych

## Bariery rozwoju

- Strukturalne problemy służby zdrowia (niedobór kadry, niewystarczający pozom wykształcenia, brak odpowiednej ilości pracowników technicznych, niedofinansowanie)
- Bariery legislacyjne związane z regulacjami dot. ryzyka w odniesieniu do technologii medycznych – regulacje big data w medycynie
- Opór społeczny przed innowacyjnymi metodami leczenia

# 7. Trendy technologiczne



Trendy technologiczne to inaczej kierunki rozwoju technologicznego w danych obszarach technicznych i/bądź naukowych.

**Trendy technologiczne** próbują opisać **zjawiska zachodzące w obrębie powstających i zmieniających się ciągle technologii**. Wysoki poziom zaawansowania prac oraz postępująca specjalizacja nauki pozwalają na zaprezentowanie szerokiego spektrum rozwiązań, które kształtują naszą codzienność. Trendy technologiczne nie obejmują poszczególnych technologii, a są raczej ich zbiorami, często w wymiarze interdyscyplinarnym. Trendy technologiczne zwykle dotyczą co najmniej kilku trendów rozwojowych, mogą także wspierać wiele megatrendów. Co więcej, osiągnięcia w jednym obszarze technologicznym mają zwykle implikacje dla rozwoju innych, nawet takich, które pozornie nie są z nimi bezpośrednio związane.

W wyniku przeprowadzonych prac badawczych, przede wszystkim analizy działalności innowacyjnej przedsiębiorstw (w tym wdrożeń wyników prac B+R), a także dyskusji z ekspertami (najczęściej naukowcami) zidentyfikowano i wyodrębniono 20 trendów technologicznych. Ostatecznego przypisania zidentyfikowanych w ramach desk research trendów do kategorii trendów rozwojowych lub technologicznych dokonano poprzez analizę znaczeniową definicji przyjętych w analizowanych opracowaniach i ich konfrontację z jednoznacznymi definicjami wypracowanymi na potrzeby niniejszego opracowania w formie warsztatów wewnętrznych i zweryfikowanych podczas warsztatu z ekspertami.

Trendy technologiczne zostały scharakteryzowane według podobnego schematu, jaki zastosowano przy opisie trendów rozwojowych. Warto zwrócić uwagę, że trendy technologiczne są trudniejsze do określenia, szczególnie w zakresie perspektywy czasowej rozwoju technologii, ale także ze względu na dość specjalistyczny wymiar oraz węższą skalę oddziaływania niż w przypadku trendów rozwojowych i megatrendów. Z tego względu opis ogranicza się do charakterystyki najważniejszych cech definiujących dany trend.

W tabelach „otwierających" opisy trendów technologicznych wskazano, które trendy rozwojowe są w największym stopniu wspierane przez poszczególne trendy technologiczne.

Charakterystyka trendu technologicznego obejmuje następujące parametry:

| | |
|---|---|
| | **Zakres trendu** – przedstawia kontekst, główne źródła trendu oraz zjawiska, które decydują o jego zaklasyfikowaniu jako trendu. Dla lepszej ilustracji trendu zamieszczano przykładowe technologie wpisujące się w dany trend. |
| | **Kierunki rozwoju** – przedstawia obszary rozwoju trendu w najbliższej przyszłości |
| | **Dojrzałość trendu** – przedstawia fazę dojrzałości trendu, którą określono na podstawie desk research oraz weryfikowano podczas badań terenowych. |
| | **Główne czynniki determinujące rozwój trendu** – przedstawiają zbiór uwarunkowań regulacyjnych, społecznych gospodarczych i technologicznych, które wpływają na rozwój lub wyhamowanie trendu |
| | **Przykłady praktycznych rozwiązań** – przedstawia przykładowe technologie lub produkty |

| | |
|---|---|
| | **Zasięg oraz trwałość trendu** – przedstawia geograficznie globalny wymiar trendu zilustrowany mapą |
| | **Opis trendu w Polsce** – przedstawia główne kierunki rozwoju i charakterystykę trendu w Polsce |
| | **Zasięg geograficzny trendu w Polsce** – przedstawia główne obszary obecności i rozwoju trendu, m. in. w oparciu o powiązanie z regionalnymi inteligentnymi specjalizacjami, ośrodkami rozwoju technologii, najważniejszymi ośrodkami naukowymi |
| | **Dojrzałość trendu w Polsce** – przedstawia fazę dojrzałości trendu w Polsce wraz ze wskazaniem przykładowych obszarów rozwojowych trendu. |

Tabela 8. Porównanie dojrzałości trendów technologicznych w Polsce i na świecie

| Trend technologiczny | Dojrzałość trendu na świecie | Dojrzałość trendu w Polsce |
|---|---|---|
| Upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej | Faza dojrzałości | Faza wczesnej dojrzałości |
| Rozwój technologii przetwarzania odpadów | Faza dojrzałości | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój technologii oczyszczania środowiska | Faza dojrzałości | Faza wzrostu |
| Rozwój biotechnologii, w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt | Faza wzrostu | Faza wzrostu |
| Opracowanie inteligentnych materiałów | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Opracowanie nowych leków i metod leczenia | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji | Faza (dynamicznego) wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób | Faza wzrostu | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój napędów zeroemisyjnych | Faza wzrostu/ dojrzałości | Faza wzrostu |
| Rozwój napędów niskoemisyjnych (wykorzystywanych w różnych środkach transportu) | Faza dojrzałości | Faza wzrostu |

| | | |
|---|---|---|
| Upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych | Faza wzrostu/ dojrzałości | Faza wzrostu |
| Rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) | Faza wzrostu/ dojrzałości | Faza wzrostu |
| Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT | Faza (dynamicznego) wzrostu | Faza wzrostu |
| Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji | Faza (dynamicznego) wzrostu | Faza wzrostu |
| Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń | Faza (dynamicznego) wzrostu/ dojrzałości | Faza (wczesnego) wzrostu |
| Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości | Faza (dynamicznego) wzrostu | Faza wzrostu |
| Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych) | Faza wzrostu/ dojrzałości | Faza wzrostu |
| Rozwój technologii kosmicznych. | Faza wzrostu | Faza narodzin |

## 7.1. Upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Upowszechnienie rozwiązań ograniczających zużycie energii elektrycznej | Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** zakres trendu obejmuje zarówno przesyłanie (zmniejszenie strat z tytułu przesyłania energii elektrycznej) oraz wdrażanie i rozpowszechnianie rozwiązań technologicznych mających na celu przetwarzanie innych rodzajów energii w energię elektryczną. W ramach trendu rozwijane są także technologie zarządzania zużyciem energii w celu analizy jej poboru i optymalizacji zużycia. Trend ten wynika z ciągłego wzrostu znaczenia efektywnego zarządzania energią, a w przede wszystkim energią elektryczną w rozwoju gospodarczym i społecznym.

**Kierunki rozwoju:** rozwój trendu wynika z szybko rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną, co sprawia, że w perspektywie najbliższych lat można spodziewać się dynamicznego rozwoju trendu na wielu płaszczyznach. Głównym kierunkiem jest poszukiwanie rozwiązań umożliwiających uzyskanie oszczędności w sektorze energetycznym i przemysłowym, tym samym utrzymując efektywność procesów na wysokim i wydajnym poziomie w przedsiębiorstwach (np. z branży budowlanej) a także przemyśle... W przedsiębiorstwach realizowane jest to dzięki dążeniu do samowystarczalności energetycznej poprzez inwestycje w produkcję energii elektrycznej na własne potrzeby z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii oraz wprowadzaniem rozwiązań energooszczędnych. W ramach trendu rozwijają się także systemy monitorowania zużycia i racjonalizacji jej zużycia.

**Globalna dojrzałość trendu:** faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- zmiany klimatyczne, napięcia geopolityczne;
- ekstensywne nastawienie gospodarek gorzej rozwiniętych;
- konflikty ekonomiczne;
- konieczność ograniczania zużycia energii i przeciwdziałania zmianom klimatycznym;
- konieczność modernizacji energochłonnej, przestarzałej infrastruktury przemysłowej;
- wzrost cen surowców;
- wyczerpywanie się tradycyjnych surowców energetycznych.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- zarządzanie energią w domach za pomocą aplikacji (Apple, Xiaomi, Fibaro)

- wykorzystanie półprzewodników złożonych jako elementów konstrukcyjnych dla części elektronicznych pozwalających na zmniejszenie zużycia energii;
- wprowadzanie inteligentnych sieci energetycznych „smart grid”;
- nowoczesne materiały izolacyjne;
- systemy monitorowania zużycia energii (IEMS).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten, mając na uwadze wiedzę nt. istniejących wyzwań, można zakwalifikować jako dojrzały. Natomiast aplikacje techniczne konwersji różnych rodzajów technologii stale się rozwijają i wydaje się, że jeszcze w przeciągu 10 lat będą w fazie rozwojowej. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych, prac rozwojowych, zaawansowania technologicznego i możliwościami absorpcyjnymi poszczególnych krajów, co koreluje z rozwojem gospodarczym poszczególnych krajów. Z tego względu zakres geograficzny obejmuje zwłaszcza kraje rozwinięte**.**

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce najważniejszym czynnikiem determinującym rozwój trendu jest koszt energii elektrycznej – jest to najważniejszy czynnik dla konsumentów. Kwestie środowiskowe, czy geopolityczne, są dostrzegane przez stosunkowo niewielką część społeczeństwa. W kontekście prac nad technologiami z obszaru warto zauważyć, że w Polsce rozwija się szereg innowacyjnych start-up’ów, wpisujących się w trend,. Działają one w obszarze pozyskiwania energii oraz zarządzania nią np.: Wind Panel (ogrodzenie produkujące prąd), czy Saule (perowskity do wytworzenia paneli fotowoltaicznych). Startup SunRoof tworzy dachy solarne 2w1 i rozwiązania wspierające inteligentne zarządzanie energią. W wyniku publicznych programów wsparcia oraz możliwości jakie dają fundusze pomocowe realizowane również projekty przez samorządy. W Polsce rozwijane są także rozwiązania w zakresie ISD (inteligentne sieci domowe) oraz prowadzone są mające na celu jak najszerszą integrację mieszkań i domów z systemem cyfrowym oraz energetycznym.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu.

Trend ten powiązany jest z następującymi trendami technologicznymi:

- rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej;
- opracowanie inteligentnych materiałów.

## 7.2. Rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej | Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie elektrycznym<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu**: trend technologiczny związany z magazynowaniem energii elektrycznej składa się z dwóch obszarów technicznych: pierwszy to rozwój związków chemicznych do produkcji ogniw, z których są budowane magazyny energii, drugi to algorytmy zarządzania przepływem energii minimalizujące straty energii elektrycznej w magazynie oraz w całym systemie (np. napędzie). W najbliższych latach możemy spodziewać się dynamicznego rozwoju trendu wynikającego ze zwiększającego się globalnego zapotrzebowania na energię, a tym samym minimalizacji strat związanych z przesyłaniem energii oraz np. rozwoju elektromobilności.

**Kierunki rozwoju**: Obecnie magazynowanie energii jest jednym z najtrudniejszych działań związanych z jego przetwarzaniem oraz dostarczaniem. Rozwój odnawialnych źródeł energii, np. fotowoltaiki warunkuje konieczność jej przechowywania ze względu na brak ciągłości wytwarzania. Rozwój magazynów może umożliwić też powstawanie nowych źródeł pozyskiwania energii np. pozyskiwanie energii z wyładowań atmosferycznych. Magazyny energii mogą też być wykorzystywane jako bufory w sieciach energetycznych. Poza tym sprawne zarządzanie magazynem energii (np. szybkie ładowanie, monitoring pojemności magazynu w czasie, czy strat energii) ma wpływ na szereg branż, np. transportową. Rozwój trendu będzie dotyczył zarówno magazynów dla użytkowników indywidualnych jak i przemysłowych. Rozwój magazynów będzie wpływał na elektromobilność i rozwój OZE.

**Globalna dojrzałość trendu**: faza rozwoju

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- zmiany klimatu i przeciwdziałanie im;
- ograniczenia surowców do produkcji ogniw;
- problem utylizacji zużytych ogniw;
- rozwój technologii pozyskiwania energii ze źródeł alternatywnych i odnawialnych.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- elektrownie szczytowo-pompowe (oraz technologie zwiększające wydajność ich pracy, modernizacja elektrowni);
- magazyny sprężonego powietrza;
- koła zamachowe;
- nadprzewodnikowe magazyny energii;

- magazyny paliwowe (metan, wodór);
- pompy ciepła;
- farmy baterii;
- ultrakondensatory;
- systemy zarządzania bateriami (np. Stem Athena);
- magazyny Tesla Megapack.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend znajduje się w fazie rozwoju. Obecnie najszybciej rozwijane są technologie związane z energią elektryczną. Trend jest najwyraźniej widoczny w krajach rozwiniętych, które również stawiają na alternatywne i odnawialne źródła energii, a także nisko- i zeroemisyjny transport, UE, USA. W zakresie elektrowni szczytowo-pompowych obecny jest także w takich krajach Indie, Brazylia czy Wietnam. O ile liczba podmiotów prowadzących zaawansowane badania nad związkami chemicznymi jest ograniczona, o tyle prace nt. sterowania magazynami energii są prowadzone zarówno w jednostkach naukowych jak i przedsiębiorstwach budujących magazyny energii elektrycznej (np. baterie na potrzeby branży samochodowej, farmy energetyczne podłączone do sieci energetycznych)

**Opis trendu w Polsce**: rozwój technologii magazynowania energii elektrycznej uwarunkowany jest rozwojem linii energetycznych oraz rozwojem elektromobilności. Powoduje to potrzebę projektowania i baterii, a nawet całych farm magazynów energii. W Polsce rozwijane są technologie związane z magazynowaniem wodoru. PGE do 2030 planuje dzięki systemowi SPS (Special Protection Scheme) oraz hybrydowym magazynom (BESS) osiągnąć poziom około 800 MW zmagazynowanej energii z OZE. W Polsce planowany jest rozwój magazynów energii elektrycznej opartych o akumulatory (powstające z wykorzystaniem innych pierwiastków, niż lit). W Polsce działają zbudowane w latach 80 i 90 elektrownie szczytowo-pompowe (np. Żarnowiec, Porąbka, Solina). Rozwijane są także nowe projekty - elektrownia Młoty Bystrzyca Kłodzka).

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu

Warto zaznaczyć, że przedmiotowy trend technologiczny ma ścisłą korelację z trendami technologicznymi:

- upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej;
- rozwój napędów zeroemisyjnych (wykorzystywanych w różnych środkach transportu);
- rozwój napędów niskoemisyjnych (wykorzystywanych w różnych środkach transportu).

## 7.3. Rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu**: zakres technologiczny trendu obejmuje zarówno przesyłanie (zmniejszenie strat z tytułu przesyłania energii cieplnej) oraz wykorzystanie rozwiązań technologicznych mających na celu ograniczenie zużycia energii cieplnej (np. z tytułu wykorzystania nowych materiałów w budownictwie). Konieczne jest także ograniczanie strat energii w przemyśle oraz budownictwie.

**Kierunki rozwoju**: rozwój trendu wynika z wysokiego zapotrzebowania na energię cieplną, zapobieganiu stratom energii cieplnej (emisji ciepła w atmosferę), przy jednoczesnej konieczności zapobiegania ocieplaniu klimatu. Proponowane przez poszczególne państwa oraz Unię Europejską wymagania energetyczne zarówno dla przedsiębiorstw jak i gospodarstw domowych oraz rolnych, warunkują wprowadzanie na rynek nowoczesnych rozwiązań, co sprawia, że w perspektywie najbliższych lat można spodziewać się szybkiego rozwoju na wielu płaszczyznach. Dynamiczny rozwój będzie można zaobserwować w ramach prac nad nowymi materiałami izolacyjnymi oraz technologiami ograniczenia strat cieplnych w przemyśle.

**Globalna dojrzałość trendu**: faza dojrzałości

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- rosnące koszty energii i ograniczanie zmian klimatycznych;
- rozwój efektywności energetycznej;
- zmiany w technologiach dotyczących energii elektrycznej.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- systemy zarządzania energią;
- kogeneracja;
- nowoczesne systemy klimatyzacyjne;
- inteligentne materiały (materiały PCM, zmiennofazowe);
- izolacje płynne i natryskowe;
- IoT w zarządzaniu gospodarstwem domowym;
- budownictwo modułowe;
- projektowanie parametryczne;
- systemy HRSG;

- technologie wykorzystujące ORC (organiczny cykl Rankine’a).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten można zakwalifikować jako dojrzały. W wybranych krajach (kraje skandynawskie, Kanada) technologie tego typu są stale rozwijane i doskonalone. Dotyczy to zwłaszcza krajów rozwiniętych, gdzie przemysł stanowi istotny element gospodarki.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce prowadzone są prace nad aplikacjami dot. inteligentnego zarządzania energią w budynkach (czujniki energii, detektory ruchu). Opatentowano np. ścianę energooszczędną dzięki której możliwe jest zwiększenie wydajności energetycznej. Firma Danwood rozwija energooszczędne budownictwo modułowe.. Uruchomiony został szereg programów finansujących analizy identyfikacji strat cieplnych jak również realizowane są prace nad nowymi materiałami izolacyjnymi (izolacje wtryskowe np. Thermofloc). W Polsce rozwijane są także technologie magazynowania ciepła i chłodu (projekt rozwija NCBiR, oraz Rafako wraz z Instytutem Energii Odnawialnej)

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza (wczesnej) dojrzałości

Dany trend technologiczny ściśle koreluje z trendem technologicznym:

- upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych;
- opracowanie inteligentnych materiałów.

## 7.4. Rozwój technologii przetwarzania odpadów

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii przetwarzania odpadów | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** trend dotyczy technologii związanych z rozwojem zdolności do odzyskiwania surowców z odpadów. Szczególne znaczenie ma odzyskiwanie surowców z odpadów przemysłowych w zakresie metali ziem rzadkich . W ciągu dziesięciu lat wydobywanie niektórych surowców stanie się nieopłacalne, ponieważ zawarte w nich pierwiastki takie jak miedź oraz złoto w większej ilości będą znajdowały się na składowiskach odpadów niż w złożach. Wymusi to wprowadzanie nowych technologii przetwarzania oraz poszerzenie możliwości wykorzystania robotów w branży gospodarki odpadami w celu efektywnej zbiórki i odzyskiwania.

**Kierunki rozwoju:** w przyszłości większość gospodarek będzie przechodziła transformację w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym. Pozwoli to na przejście z kupna produktów na kupno frakcji, a tym samym wytwarzanie mniejszej ilości odpadów. Tym samym recyklingowi poddane zostaną jedynie trzy frakcje: odpady do recyklingu, odpady biologiczne oraz odpady służące do wytwarzania energii. Rozszerzona Odpowiedzialność Producenta i wynikające z niej wymogi będą warunkować projektowanie i produkcję przedmiotów w taki sposób, by każdy z elementów mógł być ponownie wykorzystany bądź naprawiony niewielkim kosztem. Rozwój technologii wymusi także wprowadzenie nowych metod zarządzania odpadami/zasobami (zwłaszcza na poziomie miast). Rozwój nowych metod leczenia i substancji leczniczych będzie prowadził do konieczności szerszej utylizacji odpadów medycznych i weterynaryjnych.

**Dojrzałość trendu:** faza dojrzałości.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- regulacje w zakresie zbiórki odpadów;
- edukacja oraz różnice w świadomości dotyczącej odpadów;
- różne formy wsparcia instytucjonalnego;
- regulacje uniemożliwiające przekazywanie przez państwa wysokorozwinięte odpadów do państw słabo rozwiniętych;
- rozwój IoT oraz robotyzacja i automatyzacja.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- technologie selekcji odpadów w sortowniach z wykorzystaniem AI (technologie „identyfikacji obiektów”);
- technologie zbiórki selektywnej odpadów;
- mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów;

- rozwój odzyskiwania rzadkich metali z odpadów przemysłowych i komunalnych;
- technologie przetwarzania plastiku;
- technologie przetwarzania odpadów elektronicznych (np. pyroliza);
- systemy MREW (ang. metal recovery from e-waste);
- technologie urban mining (technologie firm Averhoff, Umicore);
- autoklawy do przetwarzania odpadów medycznych.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** w wybranych technologiach trend ten można uznać za dojrzały (przetwarzanie i sortowanie plastiku lub odpadów biologicznych). Jednakże wiele obszarów wchodzących w skład tego trendu znajduje się w fazie rozwoju (odzyskiwanie surowców, przetwarzanie odpadów szpitalnych), a mając na uwadze oczekiwania otoczenia, by jak najwięcej odpadów było przetwarzanych, można stwierdzić, że trend ten posiada spory potencjał rozwojowy. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych i zaawansowania technologicznego poszczególnych krajów, co koreluje z rozwojem gospodarczym poszczególnych krajów. Trend jest najwyraźniej widoczny w krajach rozwiniętych, szczególnie zaawansowane kraje to Niemcy, Austria, Korea Płd., Walia, Szwajcaria

**Opis trendu w Polsce** w Polsce opracowywane są technologie przetwarzania ubocznych produktów spalania (UPS). W sieci Łukasiewicz opracowano technologię IMBIGS, która bazuje w 100 proc. na zagospodarowaniu surowców odpadowych, także tych pochodzących ze spalarni. W Polsce są opracowywane technologie przetwarzania plastiku PET na granulaty. Pozyskiwany jest także wodór w oparciu o grafen przy wykorzystaniu laserów. Startup Syntoil wprowadził metodę recyklingu opon samochodowych polegającą na oczyszczeniu karbonizatu (zanieczyszczonej sadzy) ze zużytych opon i przekształcaniu go do postaci sadzy technicznej. Firma Handerek technologies opatentowała technologię chemicznego przetwarzania odpadów z tworzyw sztucznych na surowiec w celu wytwarzania czystych tworzyw sztucznych lub niskoemisyjnych paliw alternatywnych

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu

Trend powiązany jest z następującym trendem technologicznym:

- rozwój technologii oczyszczania środowiska.

## 7.5. Rozwój technologii oczyszczania środowiska

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii oczyszczania środowiska | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu |

**Zakres trendu:** trend odpowiada na potrzeby wynikające z postępującej degradacji środowiska w wyniku działalności człowieka. Ekstensywna gospodarka zagraża środowisku naturalnemu poprzez jego nadmierną eksploatację i zaburzanie naturalnej flory i fauny poprzez wprowadzanie szkodliwych zanieczyszczeń w postaci związków chemicznych, a przede wszystkim plastiku. Z technologicznego punktu widzenia trend dotyczy rozwoju systemów i infrastruktury oczyszczania środowiska.

**Kierunki rozwoju:** w kolejnych latach możemy spodziewać się rozwoju m.in. „oczyszczalni przyszłości" (np. w ramach gospodarki komunalnej jest to podejście traktujące ścieki jako zasoby wody, energii i surowców wtórnych, przy jednoczesnym zachowaniu podstawowych wymogów zakładów oczyszczania ścieków, takich jak zapewnienie bezpieczeństwa sanitarnego oraz optymalizacja kosztów eksploatacji oczyszczalni) . Powstawanie tego typu oczyszczalni pozwoli na tworzenie gospodarek o obiegu zamkniętym, bezodpadowych poprzez opracowanie innowacyjnej technologii umożliwiającej wykorzystanie w pełni produktów otrzymywanych w procesach w nich zachodzących. Istotne są także skuteczne technologie dla rolnictwa oraz przemysłu w celu ograniczenia zużycia wody.

**Dojrzałość trendu**: faza dojrzałości.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- regulacje;
- przeciwdziałanie zmianom klimatu;
- coraz większy nacisk na kwestie związane z jakością życia;

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- bioreaktory;
- oczyszczalnie biologiczne;
- biokatalizatory;
- metoda katalitycznego wodorooczyszczania;
- przekształcanie TRI (trichloroetylen) w mniej szkodliwe dla środowiska węglowodory.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** w wybranych technologiach trend ten można uznać za dojrzały (oczyszczanie komunalne). Jednakże w wiele obszarów wchodzących w skład tego trendu znajduje się w fazie rozwoju (oczyszczanie przemysłowe, z wykorzystaniem wodoru), a mając na uwadze oczekiwania otoczenia, ten posiada spory potencjał rozwojowy. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych i zaawansowania technologicznego

poszczególnych krajów, co koreluje z rozwojem gospodarczym poszczególnych krajów. Trend jest najwyraźniej widoczny w krajach rozwiniętych, zwłaszcza w krajach Europy Zachodniej i w Australii.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce dobrze rozwijają się technologie oparte o software - przykładem monitoringu z wykorzystaniem aplikacji jest startup Airly stworzony w Krakowie, który umożliwia pomiar zanieczyszczenia powietrza. Prowadzone są prace dotyczące technologii syntezy $CO_2$ i wody w gaz syntezowy do dalszego wykorzystania. Orlen prowadzi prace nad wdrożeniem produkcji gazu syntezowego z odpadowego dwutlenku węgla do ponownego wykorzystania oraz nad przetwarzaniem biogazu do biometanu. Powstają start-up'y np. Plastikomat – tworzący automaty do recyklingu maseczek medycznych w celu tworzenia filamentu do druku 3D.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wzrostu.

Ten trend ściśle koreluje z trendem technologicznym:

- rozwój technologii przetwarzania odpadów;
- rozwój biotechnologii, w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt.

## 7.6. Rozwój biotechnologii, w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój biotechnologii w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt | Rozwój wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu |

**Zakres trendu:** rozwój biotechnologii w rolnictwie i hodowli ma na celu poprawę wydajności rolnictwa, likwidację głodu oraz ubóstwa i wsparcie w przystosowaniu do zmian klimatycznych przy zachowaniu odpowiedniej ilości zasobów naturalnych oraz dbaniu o ich zrównoważone wykorzystanie. Trend ten obejmuje zarówno gospodarstwa wielkoobszarowe, ale ma także na celu wsparcie wydajności rolnictwa rozproszonego. Dzięki nowym technologiom pozyskiwane są także nowe obszary pod produkcję rolną, w tym przestrzeń miejska oraz poprzemysłowa.

**Kierunki rozwoju**: Z perspektywy biotechnologii przemysłowej dotyczącej rozwoju gospodarczego ważnym zagadnieniem jest szeroko pojęte wytwarzanie bioproduktów. Niezwykle istotne jest ono w zagadnieniu stale wzrastających cen ropy naftowej oraz wyczerpywania zasobów nieodnawialnych źródeł energii. Obiecujące jest także szersze wykorzystanie możliwości substancji biologicznych takich jak grzyby, czy drożdże. Ważnym kierunkiem rozwoju będzie także biologia syntetyczna, farmakologia oraz genetyka.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- skuteczne przeciwdziałanie nienaukowym teoriom;
- sceptyczne nastawienie konsumentów wobec wykorzystania technologii w produkcji żywności, a także wobec zmiany nawyków żywieniowych;
- działania w zakresie przeciwdziałania zmianom klimatu;
- ograniczone zasoby surowców naturalnych;
- rosnący popyt na bioprodukty, w tym zastąpienie mięsa laboratoryjnymi zamiennikami;
- rozwój chorób cywilizacyjnych;
- konieczność uzyskania większej efektywności rolnictwa i hodowli zwierząt z pominięciem negatywnego wpływu na środowisko.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- agrobiotechnologia;
- nowe techniki genomowe zastępujące GMO;

- rozwój naturalnych herbicydów i pestycydów;
- druk 3D na potrzeby biotechnologii;
- rozwój substytutów mięsa (cultured meat);
- technologie IoT do zarządzania i automatyzacji procesów rolnych;
- AI do zarządzania bazami danych biologicznych i wykonywania obliczeń na potrzeby badań genetycznych;
- hemoinformatyka.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** Jest to trend w fazie rozwoju, a mając na uwadze wzrost zapotrzebowania na żywność w związku ze zwiększającą się populacją na Ziemi oraz wyjałowieniem gruntów rolnych, w wyniku nieprawidłowej gospodarki rolnej zapotrzebowanie na nowe rozwiązania technologiczne będzie rosnąć. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od struktury gospodarki (udziału rolnictwa w krajowym PKB) i poziomuwydatków na badania naukowe poszczególnych krajów, co koreluje z ich rozwojem gospodarczym. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: USA, Japonia, Szwajcaria, Francja, Niemcy, Dania.

**Opis trendu w Polsce**: biorąc pod uwagę liczbę nowych polskich podmiotów z dziedziny biotechnologii (w aspekcie innych technologii niż fermentacja gazu syntezowego) pojawiających się w parkach technologicznych – trend się upowszechnia. Pracę nad biotechnologią prowadzą m.in. Polpharma Biologics, Qusarra w dziedzinie hemoinformatyki, Asistech, Blirt w dziedzinie leków peptydowych. Firma Selvita prowadzi zaawansowane badania biotechnologiczne nad nowymi rodzajami substancji oraz leków. W Polsce prowadzi się też badania nad izolacją i zastosowaniem bakterii w rolnictwie (metabolity wtórne). Analizowane są też możliwości zwiększenia efektywności nawożenia mineralnego.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wzrostu.

Trend ten powiązany jest następującymi trendami technologicznymi:

- rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji;
- rozwój technologii oczyszczania środowiska;
- opracowanie nowych leków i metod leczenia.

## 7.7. Opracowanie inteligentnych materiałów

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Opracowanie inteligentnych materiałów | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** trend dotyczy wielu technologii, które umożliwiają opracowywanie materiałów o zmiennych właściwościach w zależności od potrzeb. Inteligentne materiały znajdują zastosowanie w każdym obszarze związanym z życiem człowieka. Najpopularniejsze z nich to energetyka, elektronika, medycyna, budownictwo, przemysł samochodowy, lotniczy oraz kosmiczny. trend ten ma na celu ograniczenie zużycia kurczących się zasobów, wzrostu wydajności biznesu i przemysłu, poprawy jakości życia i zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko. Inteligentne materiały znajdują zastosowanie tam, gdzie niezbędne jest uzyskanie specjalnych właściwości chemicznych, biologicznych, fizycznych, elektrycznych bądź optycznych.

**Kierunki rozwoju:** w najbliższych latach trend będzie się szybko rozwijał, ze względu na jego szerokie zastosowanie. Przykładem warunkującym rozwój mogą być np. niedobory energii wymuszające stosowanie materiałów minimalizujących straty podczas przepływu, rozwój medycyny w tym implantów oraz wprowadzanie i ujednolicanie przepisów określających wymagania w stosunku do aktywnych i inteligentnych materiałów oraz wyrobów. Istotnym obszarem rozwoju będzie także przemysł kosmiczny oraz rolniczy, a także medycyna i budowa maszyn.

**Globalna dojrzałość trendu:** faza rozwoju

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- potrzeby wynikające z rozwoju innych technologii, jak np. zastosowania w kosmonautyce;
- rozwój technologii urządzeń „wearables”;
- rozwój technologii kosmicznych;
- niedobory energii;
- rozwój medycyny.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- śruby z układem kontroli momentów skręcających;
- sprzęt sportowy dopasowujący właściwości do warunków;
- polimery koordynacyjne;
- energooszczędne wyświetlacze (OLED – Organic LED);
- sensory wykorzystywane w małych przenośnych urządzeniach tzw. „wearables”;
- materiały zastępujące wykorzystanie ograniczonych zasobów litu i kobaltu (np. oparte o tytan)

- nanowłókna celulozowe;
- CMF;
- shrilk (bioplastik).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten znajduje się w fazie rozwoju i można przyjąć, że w przeciągu najbliższych 15 lata będzie się dynamicznie rozwijać. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych i zaawansowania technologicznego poszczególnych krajów, co koreluje z rozwojem gospodarczym poszczególnych krajów. Obejmuje on zwłaszcza kraje rozwinięte takie jak USA czy Wielka Brytania.

**Opis trendu w Polsce**: prace nad inteligentnymi materiałami w Polsce prowadzone są zarówno w obszarze aplikacji, jak inteligentne materiały w budownictwie i branży tekstylnej. Tego typu przedsięwzięcia realizowane są przy aktywnym udziale przedsiębiorstw przemysłowych, zainteresowanych wdrożeniem i uruchomieniem produkcji. Oprócz tego, prace w tym obszarze prowadzone są przez jednostki naukowe, które prowadzą badania podstawowe i stosowane. Prace są prowadzone np. w Instytucie Łukasiewicza czy na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW. Prowadzone są również badania nad biomedycznymi zastosowaniami grafenu. Jednym z przykładów są opracowane przez polską firmę SPLinx farby piezochromowe, które zmieniają kolor pod wpływem zdefiniowanego nacisku lub ciśnienia. Ten typ farb jest wykorzystywany m. in. do śledzenia wpływu obciążeń/nacisków na wydruk w celu wykrycia nadmiernych natężeń, wizualizacji mechanicznego zachowania różnych materiałów pod ciśnieniem (rozciąganie, ściskanie i skręcanie). Rozwijane są także technologie związane z wykorzystaniem kropek kwantowych (np. w produkcji szyb pozyskujących energię), prowadzone są także badania w celu szerszego wykorzystania konopii w przemyśle oraz nad kompozytami w budownictwie czy lotnictwie.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu

Tren ten powiązany jest z następującymi trendami technologicznymi:

- opracowanie nowych leków i metod leczenia;
- rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji
- rozwój napędów zeroemisyjnych;
- rozwój napędów niskoemisyjnych;
- rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji;
- rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń;
- rozwój technologii kosmicznych;
- upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej;
- rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej.

## 7.8. Opracowanie nowych leków i metod leczenia

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Opracowanie nowych leków i metod leczenia | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** w ramach tego trendu technologicznego można wyróżnić dwa nurty, które dotyczą: opracowywania nowych leków oraz metod leczenia bazujących na nowych substancjach syntetycznych bądź ekstrahowanych jak również bazujących na inżynierii genetycznej. Ma to na celu wprowadzenie mniej inwazyjnych, tańszych i szybszych metod leczenia.

**Kierunki rozwoju:** w ciągu najbliższych lat możemy spodziewać się dynamicznego rozwoju środków i metod leczniczych. W przyszłości medycyna będzie szerzej korzystać z technologii sztucznej inteligencji, pozwalających na dobór odpowiedniej metody leczenia. Spodziewać można się ciągłego rozwoju przemysłu farmaceutycznego oraz innowacyjnych technologii w skali molekularnej (nanotechnologie i biotechnologie) umożliwiających wytwarzanie nowej generacji produktów o atrakcyjnych zastosowaniach. Lepsze wykorzystanie chemii i biotechnologii pozwoli ponadto na zwiększenie nie tylko wydajności produkcji, ale będzie działać również na rzecz ochrony środowiska. W ten sposób przemysł chemiczny powinien uzyskać opinię wiarygodnego, bezpiecznego i odpowiedzialnego. Dla dalszego rozwoju istotne jest stworzenie warunków do efektywnego wdrożenia innowacji chemicznych i biotechnologicznych. Istotnym problemem jest pojawianie się schorzeń lekoopornych, które muszą zostać zaadresowane.

**Globalna dojrzałość trendu:** faza wzrostu

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- regulacje prawne;
- skracanie cykli opracowania i wprowadzenia nowych leków i metod leczenia;
- oczekiwania społeczeństwa;
- upowszechnianie zastosowania sztucznej inteligencji w medycynie;
- starzenie się społeczeństwa szczególnie w krajach uprzemysłowionych;
- choroby cywilizacyjne.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- terapie przeciwko lekoopornym bakteriom i pasożytom;
- technologia edycji genów CRISPR;
- implanty wytwarzające i dozujące leki;
- druk 3D – kastomizowane protezy, druk tabletek, organów;

- modele anatomiczne;
- technologie modelowania farmakokinetycznego i farmakodynamicznego.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend posiada potencjał rozwojowy w długiej perspektywie. Jednym z czynników stymulujących tendencję rozwojową trendu oprócz rozwoju technologicznego jest presja zapotrzebowania wynikająca przede wszystkim ze starzenia się społeczeństwa oraz wzrostu oczekiwań dotyczących jakości życia. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych i zaawansowania technologicznego poszczególnych krajów, co koreluje z rozwojem gospodarczym poszczególnych krajów. Dotyczy on zwłaszcza takich krajów jak: USA, UK, Szwajcaria, Francja.

**Opis trendu w Polsce**: w opracowanie nowych leków i metod leczenia zaangażowane są ośrodki naukowe oraz placówki medyczne (kliniczne szpitale) jak i szereg prywatnych przedsiębiorstw farmaceutycznych (Adamed, Polpharma), produkujących sprzęt medyczny oraz świadczących usługi dla sektora medycznego. Np. Polpharma Biologics zajmuje się badaniami i produkcją nowoczesnych biofarmaceutyków. Prowadzone są prace nad tworzeniem rozwiązań wykorzystujących systemy teleinformatyczne do symulacji działania substancji aktywnych. W Polsce prowadzone są badania nad szczepionkami mRNA. Wdrażane są także komputerowe metody projektowania leków (farmacja in silico).

**Dojrzałość trendu w Polsce:** trend w fazie wczesnego wzrostu

Trend ten ściśle koreluje z innymi trendami technologicznymi wynikającymi z tego trendu rozwojowego:

- rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji;
- rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób;
- opracowywanie inteligentnych materiałów.

## 7.9. Rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** w ramach danego trendu opracowywane są metody leczenia oraz urządzenia wykorzystywane w nowoczesnych metodach leczenia, jak również aplikacje technologii medycznych w obszarze szerokorozumianej cyfryzacji. Trend obejmuje ułatwienie przeprowadzania skomplikowanych zabiegów medycznych w prosty sposób lub wykonywania zabiegów w obszarach dotąd niedostępnych (zaawansowana neurochirurgia, kardiologia). Obejmuje także metody leczenia pozabiegowego oraz rehabilitacji.

**Kierunki rozwoju**: W perspektywie najbliższych 15 lat możemy spodziewać się szybkiego rozwoju trendu. Jest on silnie powiązany z rozwojem sztucznej inteligencji oraz tworzeniem precyzyjnych robotów. Trend ma ogromny potencjał, ponieważ pozwala na usprawnienie pracy lekarzy, jednak należy zaznaczyć, że całkowite wyeliminowanie lekarza z przeprowadzenia zabiegów i operacji jest niemożliwe. Stosowanie nowoczesnych narzędzi i robotyzacja zabiegów pozwali na uzyskanie dużo większej dokładności niż w przypadku wykonywania zabiegu przez lekarza. Lekarz będzie jedynie nadzorował pracę robotów. Największą barierą rozwoju trendu są kwestie finansowe. Podstawowe kierunki to doskonalenie i upowszechnienie robotów chirurgicznych, optymalizacja gospodarki lekowej szersze wykorzystanie sztucznej inteligencji wspierającej pracę lekarzy, rozwój IoT urządzeń medycznych.

**Globalna dojrzałość trendu**: faza dynamicznego wzrostu

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- rozwój robotyki;
- obawy związane z robotyzacją (technofobia);
- rozwój technologii medycznych;
- rozwój sztucznej inteligencji;
- znaczący wzrost znaczenia medycyny estetycznej.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- polski robot kardiochirurgiczny Robin Heart (w fazie wdrożenia);
- robot medyczny Da Vinci;
- roboty medyczne wspierające rehabilitację;
- egzoszkielety;
- zaawansowane narzędzia haptyczne (konsole haptyczne do sterowania) i optyczne (kamery zabiegowe);
- narzędzia polisulfonowe (trwalsze i łatwiejsze w odkażaniu);
- kończyny robotyczne;
- symulacje VR.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten jest w fazie dynamicznego rozwoju. Zakłada się, że taka sytuacja utrzyma się w dłuższej perspektywie. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych i zaawansowania technologicznego poszczególnych krajów, co koreluje z rozwojem gospodarczym poszczególnych krajów. Dotyczy to zwłaszcza takich krajów jak USA, Szwajcaria, Francja, Szwecja, Japonia czy Niemcy.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce rozwijają się technologie przeprowadzania zabiegów małoinwazyjnych w zakresie kardiochirurgii i neurochirurgii. Rozwijana jest także robotyka medyczna – np. przez Fundację Rozwoju Kardiochirurgii, która opracowała robota medycznego Robin Heart, czy firmy rozwijające rozwiązania robotyczne na potrzeby rehabilitacji, czy zaawansowanej protetyki (np. start-up vBionic opracowujący „robotyczne" protezy kończyn). W Polsce rozwijane są także badania nad terapiami tkanek (np. PhotoBioCure) z wykorzystanie polimerów. Należy zwrócić uwagę, że wdrożenia rozwiązań robotycznych w medycynie wiążą się z bardzo wysokimi kosztami certyfikacji produktów, które mogą być trudno osiągalne, szczególnie dla małych podmiotów.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu

Ponadto trend ten ściśle koreluje z poniższymi trendami technologicznymi:

- rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji;
- rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości;
- rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych);
- opracowywanie inteligentnych materiałów.

## 7.10. Rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Przyspieszająca cyfryzacja |

**Zakres trendu: w** ramach danego trendu opracowywane są metody wczesnego diagnozowania chorób, jak również metody prewencji powstawania chorób. Dotyczy to zwłaszcza chorób onkologicznych, neurodegeneracyjnych, kardiologicznych czy endokrynologicznych. Trend ten odpowiada na rosnące potrzeby związane z chorobami cywilizacyjnym, starzeniem się społeczeństwa i wydłużającą średnią długością życia.

**Kierunki rozwoju**: Rozwój metod wczesnego diagnozowania chorób jest ściśle powiązany z pojawiającą się w społeczeństwach ideą dążenia do długowieczności oraz upowszechnianiem wiedzy na temat konieczności stałego monitorowania stanu zdrowia, nawet bez wyraźnych przyczyn wykonywania badań. Wczesne diagnozowanie chorób możliwe jest dzięki stałemu rozwojowi sztucznej inteligencji, pozwala ona na tworzenie baz danych i analizę oraz porównywanie objawów wielu pacjentów, wspierających podejmowanie decyzji przez lekarzy. W ramach tego trendu rozwijane będą takie dziedziny jak inżynieria tkankowa czy biologia molekularna. Prowadzone będą także dalsze badania nad terapiami genowymi i zaawansowanymi metodami obrazowania. Dodatkowo możemy spodziewać się wprowadzania na rynek wielu urządzeń sugerujących pacjentom stany zagrożenia zdrowia i konieczność konsultacji z lekarzem.

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- wydłużanie średniej długości życia;
- rozwój nowych materiałów wykorzystywanych w zabiegach medycznych (protez oraz materiałów o właściwościach tkankopodobnych);
- rozwój badań nad metodami sekwencjonowania DNA;
- rozwój aplikacji diagnostycznych opartych o AI;
- rozwój nanorobotyzacji
- definiowanie kwalifikacji użytkowników sprzętu diagnostycznego.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- nowe markery wykorzystywane w badaniach przesiewowych;
- tworzenie molekuł z wykorzystaniem sztucznej inteligencji;
- materiały plazmoniczne;
- sonda płucna;
- biustonosz wykrywający raka piersi;

- metody detekcji DNA;
- nutrigenomika;
- klonowanie DNA.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend znajduje się w fazie dynamicznego rozwoju. Zakłada się, że taka sytuacja utrzyma się w dłuższej perspektywie. Zasięg geograficzny trendu w dużej mierze uzależniony jest od poziomu badań naukowych i zaawansowania technologicznego poszczególnych krajów, co koreluje z ich rozwojem gospodarczym. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: USA, Francja, Szwajcaria, Niemcy, Japonia.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce prowadzone są badania nad diagnostyką w zakresie onkologii – zwłaszcza w zakresie raka piersi (startup Ailis), prowadzone są także badania nad szczepionką mRNA chroniącą przed schorzeniami onkologicznymi (ExploRNA) czy nad wczesnym diagnozowaniem raka skóry (Myneviskin), rozwijane są także rozwiązania z zakresu computer vision w celu upowszechnienia diagnostyki z wykorzystaniem powszechnie dostępnych urządzeń takich jak telefony komórkowe.
W Polsce są także pierwsze sukcesy w zakresie wczesnego wykrywania chorób neurodegeneracyjnych dzięki nieinwazyjnym badaniom obecności białka w mózgu, co ma znaczenie przy takich schorzeniach jak choroba Parkinsona, Alzheimera, Huntingtona czy cukrzyca typu 2.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu

Trend ten związany jest z następującymi trendami technologicznymi:

- rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji;
- rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości.

## 7.11. Rozwój napędów zeroemisyjnych

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój napędów zeroemisyjnych | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** trend ten przede wszystkim dotyczy napędów elektrycznych oraz ogniw wodorowych wykorzystywanych w pojazdach kategorii ZEV (Zero-emission-vehicles). Warto zaznaczyć, że w ramach trendu oprócz prac nad samymi napędami kluczowe znaczenie ma infrastruktura związana z wykorzystywaniem pojazdów elektrycznych, np. stacje ładowania, linie energetyczne oraz opracowywanie nowych, pojemniejszych i wydajniejszych baterii, czy sprawniejszych stacji ładowania. Istotne jest także jak najszersze uwzględnianie emisji w całym cyklu życia pojazdu oraz jego podzespołów. Trend ten dotyczy zarówno transportu indywidualnego jak i zbiorowego, także w zastosowaniach komercyjnych (logistyka).

**Kierunki rozwoju:** technologie w tym trendzie są w fazie dynamicznego rozwoju (np. baterie oraz stacje ładowania), a niektóre wchodzą w fazę dojrzałości (wykorzystanie wodoru w napędach zeroemisyjnych). Należy tu uwzględnić elektromobilność (napędy elektryczne) silniki zasilane ogniwami ładowanymi czy silniki na paliwo wodorowe. W ramach tego trendu należy wspomnieć o dyskusji prowadzonej w zakresie oceny śladu węglowego w perspektywie całego cyklu życia wyrobu. Jednakże niewątpliwym jest, że rozwój tych technologii przyczynia się do poprawy jakości powietrza zwłaszcza w terenach zurbanizowanych, gęsto zaludnionych, dużych aglomeracjach. Trend ten dotyczy zwłaszcza transportu. Warto jednak zauważyć, że przemysł lotniczy i kosmiczny emituje do atmosfery podobne ilości szkodliwych substancji i również wymaga wprowadzania zeroemisyjnych rozwiązań.. W najbliższych latach możemy spodziewać się wprowadzania na rynek wielu modeli samochodów elektrycznych oraz aut z silnikami wodorowymi, a także upowszechniania nowoczesnych technologii takich jak MAGLEV (magnetic levitation) zarówno w przemyśle kolejowym jak i lotniczym (a także napędów wodorowych zarówno transporcie miejskim jak i szynowym oraz lotniczym).

**Globalna dojrzałość trendu**: faza wzrostu/ dojrzałości

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- zmiany klimatyczne oraz uwarunkowania prawne, które są wynikiem zmian klimatycznych;
- ograniczenia surowców;
- rozbudowa infrastruktury do uzupełniania paliw lub energii;
- wzrost świadomości społeczeństwa i chęć dbania o środowisko;
- rozwijanie nowych technologii składowania energii (baterii);
- ceny energii elektrycznej oraz jej dostępność
- rozwój technologii obniżających emisyjność w całym cyklu życia pojazdu i jego podzespołów
- rozwój technologii przetwarzania i utylizacji zużytych komponentów

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- napęd elektryczny;
- napęd wodorowy;
- technologia unoszenia elektromagnetycznego MAGLEV ;
- oprogramowanie do zarządzania i sterowania pojazdami autonomicznymi;
- stacje szybkiego ładowania;
- baterie LFP lub kobaltowe i niklowe.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten rozwija się globalnie zwłaszcza w krajach wysokorozwiniętych. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Norwegia, Dania, Szwecja, Islandia, Holandia, Irlandia, USA (Kalifornia). Przewiduje się, że taka sytuacja utrzyma się w długim czasie (zapewne nawet kilkunastu lat).

**Opis trendu w Polsce**: W Polsce rozwijają się technologie związane z magazynowaniem energii elektrycznej oraz pracy nad samymi ogniwami (Politechnika Warszawska). Są też przykłady rozwijania, zrównoważonego transportu zbiorowego np. AUTOSAN sp. z o.o. stworzył autobus zasilany ogniwem wodorowym. Jest uzupełnieniem rodziny pojazdów przeznaczonych do komunikacji miejskiej o wspólnej nazwie SANCITY. W Polsce powstała także pierwsza lokomotywa wodorowa wyprodukowana przez firmę PESA. W Polsce projektowane i wprowadzane do użytku są także stacje ładowania.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wzrostu

Trend ten powiązany jest z następującymi trendami technologicznymi:

- rozwój technologii magazynowania energii elektrycznej;
- upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej;
- opracowanie inteligentnych materiałów;
- rozwój napędów niskoemisyjnych.

## 7.12. Rozwój napędów niskoemisyjnych (wykorzystywanych w różnych środkach transportu)

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój napędów niskoemisyjnych | Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** rozwój napędów niskoemisyjnych został odróżniony od napędów zeroemisyjnych ponieważ z technologicznego punktu widzenia są to dwa różne obszary. Przede wszystkim w tym trendzie uwzględnione są napędy oparte o paliwa alternatywne, które generują znacząco mniejsze emisje niż paliwa oparte o ropę naftową. Należy tu wymienić m.in. CNG jako paliwo czy silniki hybrydowe. Dodatkowym kierunkiem są prace, które dotyczą zmniejszenia emisji substancji niepożądanych w wyniku wprowadzenia usprawnień w procesie spalania jak również dotyczą prac nad różnego rodzaju filtrami. Warto zaznaczyć, że nie chodzi tu tylko o napędy samochodowe lecz również o lotnicze, okrętowe i rakietowe.

**Kierunki rozwoju:** W najbliższych latach możemy spodziewać się upowszechniania dostępnych już na rynku napędów niskoemisyjnych w samochodach prywatnych oraz użytku publicznego, a także nieznacznego ich udoskonalania. Trend powiązany jest z wprowadzaniem wielu prawnych ograniczeń emisji spalin w obszarach miejskich oraz udogodnianiami przeznaczonymi dla właścicieli tego typu środków transportu. Trend znajduje się już w fazie przejściowej pomiędzy rozwojem i dojrzałością, dlatego jego rozwój nie jest zbyt intensywny, a obecnie skupia się on w głównej mierze na upowszechnianiu już rozwiniętych niskoemisyjnych napędów.

**Globalna dojrzałość trendu:** faza dojrzałości

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- zmiany klimatyczne oraz uwarunkowania prawne, które są wynikiem zmian klimatycznych;
- ograniczenie surowców energetycznych;
- wzrost świadomości społeczeństwa i chęć dbania o środowisko;
- upowszechnianie technologii oraz spadek cen napędów niskoemisyjnych.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- napęd hybrydowy;
- niskoemisyjne silniki wysokoprężne;
- dodatki paliwowe pozwalające ograniczyć emisję szkodliwych substancji (np.AdBlue);
- paliwa biodiesel wytwarzane z olejów roślinnych;
- technologie PCC (post combustion $CO_2$ capture);

- technologie obniżające ilość emitowanych zanieczyszczeń takie jak: RQL czy LDI (Lean Direct Injection opracowane na potrzeby NASA).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten jest powszechny w krajach rozwiniętych, gdzie czynnikami przyczyniającymi się do jego rozwoju są zarówno oczekiwania społeczeństwa w zakresie jakości powietrza jak i regulacje prawne w zakresie norm emisji spalin. Dotyczy on zwłaszcza takich krajów jak: Pakistan, Argentyna, Iran, Brazylia. Technologie w tym trendzie są w fazie rozwoju, a niektóre wchodzą w fazę dojrzałości. Przewiduje się, że taka sytuacja utrzyma się w długim czasie (zapewne nawet kilkunastu lat).

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce prace na opracowaniem i wdrożeniem tego typu technologii skupiają się na aplikacjach napędów hybrydowych w pojazdach komunikacji zbiorowej – np. Solaris Urbino mild hybrid. Prowadzone są badania nad napędami niskoemisyjnymi w lotnictwie przez Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych. W Polsce pracuje się także nad rozwinięciem możliwości wykorzystania wodoru i połączenia ogniw wodorowych z tradycyjnymi silnikami lub ich wymianą.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wzrostu

Trend ten jest  powiązany z takimi trendami technologicznymi jak:

- rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej;
- upowszechnienie rozwiązań technologicznych ograniczających zużycie energii elektrycznej;
- opracowanie inteligentnych materiałów;
- rozwój napędów zeromisyjnych;
- upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych

## 7.13. Upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** trend ten związany jest ze zwiększeniem szeroko rozumianej efektywności energetycznej. Kogeneracja ma na celu jednoczesne wytwarzanie różnych rodzajów energii, zazwyczaj elektrycznej i cieplnej. Rekuperacja zaś oparta jest o odzyskiwanie energii cieplnej z gazów wylotowych (odpadowych).Tren ten jest istotny ze względu na zakres sektorów (budownictwo, przemysł), które w niewystarczającym stopniu ograniczają straty ciepła i nie uwzględniają dodatkowych możliwości ograniczania strat energetycznych i jej generowania.

**Kierunki rozwoju**: Głównymi motorami napędzającymi ten trend są potrzeby związane z ograniczeniem zużycia energii oraz z dużą ilością marnotrawionej energii. Np. po spaleniu paliwa, następuje produkcja obydwu rodzajów energii (elektrycznej i cieplnej). Z tym, że wykorzystywana jest jedynie energia elektryczna. Wykorzystując oba rodzaje energii można uzyskać tym samym zmniejszenie całkowitej ilości zużywanego paliwa oraz zwiększenie efektywności energetycznej całego układu. Podobne cele stawiane są przed różnego rodzaju systemami odzyskiwania energii, które dążą do zmniejszenia całkowitego zużycia energii przez urządzenia (np. odzyskiwanie energii podczas hamowania pojazdu czy windy). Trend będzie zmierzał w kierunku obejmowania rozwiązaniami kogeneracyjnymi oraz rekuperacyjnymi coraz szerszych obszarów gospodarki oraz technologii.wiatrowych i solarnych rozwijane są metody kogeneracji CHP (combined heat & power).

**Globalna dojrzałość trendu**: faza wzrostu/dojrzałości

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- zmiany klimatyczne;
- rozwój technologii przekształcania energii;
- stabilność systemów kogeneracyjnych i rekuperacyjnych;
- wyczerpywanie się tradycyjnych surowców energetycznych;
- zmiany w świadomości społeczeństwa;
- rozwój nowoczesnego budownictwa;
- wprowadzanie rozwiązań przemysłu 4.0 i 5.0 dbającego o zwiększenie efektywności.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- system odzyskiwania energii podczas hamowania pojazdu;
- generatory termoelektyczne;

- technologie wykorzystujące cykl Kaliny i ORR;
- technologie kogeneracji gazowej.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend ten jest w fazie rozwoju, aczkolwiek niektóre technologie należy zakwalifikować już jako dojrzałe. Do technologii, które można zaliczyć do dojrzałych należą np. systemy odzysku ciepła odpadowego, pompy ciepła, niektóre rozwiązania niskoemisyjne dla silników (np. technologia *mild hybrid*). Wiele technologii jest jednak w fazie rozwoju, np. technologie dosuszania odpadów, biogazownie, systemy odzysku energii w procesach mechanicznych (np. windach), Trend ten jest powszechny w krajach rozwiniętych, gdzie czynnikami przyczyniającymi się do jego rozwoju są zarówno oczekiwania społeczeństwa w zakresie jakości powietrza, jak i regulacje prawne w zakresie norm emisji spalin, ale także wyższa świadomość przedsiębiorców i wysokie koszty energii. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Dania, Łotwa, Finlandia, Holandia.

**Opis trendu w Polsce:** w Polsce prowadzone są prace np. nad technologiami dosuszania odpadów i wykorzystania ich w procesie kogeneracyjnym. W Polsce rozwija się sektor firm, które projektują systemy kogeneracyjne i rekuperacyjne. Stosowanie rozwiązań rekuperacyjnych (izolacje, pompy ciepła) w budownictwie mieszkaniowym oraz przemysłowym staje się coraz bardziej powszechne. Opracowane zostały także metody łączenia pomp ciepła i kogeneracji dla oczyszczalni ścieków, co pozwala na zwiększenie ich wydajności energetycznej i zmniejszenie emisji. Firma Vikersonn rozwija nowoczesne systemy pomp ciepła.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wzrostu

Trend ten jest powiązany z takimi trendami technologicznymi jak:

- rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE);
- rozwój technologii ograniczających zużycie energii cieplnej.

## 7.14. Rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE)

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) | Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa |

**Zakres trendu:** w ramach tego trendu należy wymienić pozyskiwanie energii elektrycznej w oparciu o energię słoneczną wiatrową, energię pływów, energię geotermalną, procesów mikrobiologicznych i wszystkie źródła, które pozwalają na wytworzenie energii przy jak najmniejszym zużyciu zasobów i przy zachowaniu minimalnego wpływu na środowisko. Istotna jest także dyskusja nad tym, które dokładnie technologie zostają zaliczone do OZE a przez to dalej rozwijane.

**Kierunki rozwoju:** obecnie prace badawcze koncentrują się nad nowymi materiałami, wykorzystywanymi w fotowoltaice jak również nad nowymi związkami wykorzystywanymi w procesach mikrobiologicznych. Dużo prac projektowych realizowanych jest w zakresie projektowania systemów OZE. Należy zwrócić uwagę na dyskusję dotyczącą celowości porzucania energetyki jądrowej na rzecz OZE. Warto zaznaczyć, że małe reaktory jądrowe V generacji, przez niektórych naukowców również zaliczane są do OZE. Liczne głosy naukowców wskazują, że istnieje ograniczenie OZE, które może odpowiadać głównie na wyzwania na poziomie lokalnym czy pojedynczych gospodarstw. Istotne są także rozwiązania w kierunku zarządzania OZE, zwiększania efektywności energetycznej systemów i ich dostępności (instalacja, użytkowanie, utylizacja)

**Dojrzałość trendu:** faza wzrostu / faza dojrzałości.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu:**

- zwiększenie efektywności energetycznej;
- stabilność technologii;
- rozwój efektywności energetycznej OZE;
- zmniejszenie kosztów instalacji, eksploatacji i utylizacji;
- rozwój nowych materiałów;
- rozwój aplikacji do zarządzania OZE.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- panele fotowoltaiczne;
- lampy bezprzewodowe wykorzystujące wodę morską;
- pozyskiwanie energii z lodowców, hałd (gaz składowiskowy);
- rozwój materiałów zwiększających wydajność (perowskity);
- pływające multiturbiny wiatrowe.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** Trend ten jest w fazie dojrzałości, a technologie OZE są szeroko stosowane w krajach wysokorozwiniętych. Prowadzone są prace naukowe nad nowoczesnymi bardziej bezpiecznymi reaktorami jądrowymi oraz materiałami pozwalające na zwiększenie efektywności całego systemu oraz obniżenie kosztów jego działania. Sytuacja ta w długiej perspektywie kilkunastu lat i dłuższej nie powinna ulec zmianie. Dotyczy on zwłaszcza takich krajów jak: Norwegia, Brazylia, Nowa Zelandia.

**Opis trendu w Polsce**: W Polsce bardzo silnie rozwija się fotowoltaika. Startup Saule Technologies zajmuje się rozwojem technologii ogniw fotowoltaicznych z perowskitów. Rozwijane są także aplikacje do zarządzania źródłami energii w celu zbierania danych o ich pracy oraz optymalizacji działania w celu obniżenia zużycia energii. Opracowywane są także wydajniejsze metody instalacji fotowoltaicznych. Polska wprowadza nowoczesne metody upcyclingu komponentów wiatraków, ograniczając zanieczyszczenie środowiska. Polacy opracowali także technologię produkcji szyb z powłoką kwantową, która generuje prąd.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza wzrostu.

Trend ten jest powiązany z takimi trendami technologicznymi jak:

- rozwój rozwiązań technologicznych związanych z magazynowaniem energii elektrycznej;
- upowszechnienie technologii kogeneracyjnych i rekuperacyjnych;
- opracowanie inteligentnych materiałów;
- rozwój technologii przetwarzania odpadów.

## 7.15. Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu |

**Zakres trendów**: trend dotyczy szeroko rozumianych technologii Internetu Rzeczy, włączając zarówno sprzęt, jak i oparte o niego aplikacje. Tego typu technologie mają znaczący wpływ na wiele obszarów gospodarki i działalności człowieka. Trend ten jest bardzo dobrze widoczny zarówno w dobrach codziennego, domowego użytku, jak również w przemyśle (Industrial IoT) i usługach. Jego celem jest zwiększanie wydajności pracy urządzeń, automatyzacja procesów oraz obniżanie kosztów produkcji i eksploatacji oraz zmniejszenie konieczności ludzkiego nadzoru maszyn.

**Kierunki rozwoju**: w perspektywie najbliższych 15 lat możemy spodziewać się dynamicznego rozwoju trendu. Jest on ściśle powiązany z cyfryzacją, globalizacją społeczeństwa, a także rozwojem sztucznej inteligencji. Podstawowe kierunki rozwoju to między innymi budowa sieci 5G, rozpowszechnienie mobilnych usług szerokopasmowych. W przypadku tego trendu ważny jest równoczesny rozwój w obszarze cyberbezpieczeństwa. Rozwiązania IoT można wykorzystać w rolnictwie i ochronie środowiska, transporcie i logistyce, bezpieczeństwie, ochronie zdrowia, przemyśle, finansach i ubezpieczeniach, infrastrukturze energetycznej, inteligentnych miastach oraz telekomunikacji.

**Globalna dojrzałość trendu**: faza dynamicznego wzrostu

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- rozbudowanie sieci oraz zwiększenie przepustowości sieci transmisji danych;
- rozbudowa sieci 5G;
- zwiększenie liczby urządzeń zdolnych do aktywnej komunikacji w sieci;
- wzrost liczby urządzeń;
- poprawa zabezpieczeń cyfrowych;
- rozwój nowych komputerów.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- automatyczna linia produkująca zróżnicowany asortyment produktów (tzw. inteligentne systemy produkcyjne);
- akcesoria SmartHome;
- technologie FarmBeats;
- Living Labs;
- edge computing;
- digital twins;
- technologie dla smart city (systemy kontroli ruchu, energetyki, przemysłu).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend jest w fazie dojrzałości, chociaż należy zauważyć, że ciągle pojawiają się nowe zastosowania. Niemniej jednak czas ich upowszechnienia jest coraz krótszy. Trend dotyczy przede wszystkim krajów rozwiniętych. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Niemcy, Indonezja, Hiszpania, Włochy, UK, USA, Holandia, Kanada, Australia, Francja.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce rozwijane jest oprogramowanie do wsparcia funkcjonowania Internetu Rzeczy – np. startup Linteri, który opracował technologię zarządzania technologiami zbliżeniowymi. Rozwijane są także rozwiązania typu „hardware" jak beacony (nadajniki przesyłające informacje za pomocą bluetooth – tutaj przykładem może być start-up Estimote). W Polsce tworzone są również aplikacje ułatwiające codziennie funkcjonowanie takie jak Listonic. Rozwijane są także aplikacje oparte o technologie blockchain pozwalające na wymianę walut tradycyjnych na nowe cyfrowe środki płatnicze (np. Ramp). W Polsce rozwija się oprogramowanie dla IoT dla 5G czy sztucznej inteligencji. Rozwijane są także publiczne rozwiązania chmurowe, które zwiększą możliwości wykorzystania IoT w sektorze publicznym oraz prywatnym.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wzrostu

Trend ten jest ściśle związany z innymi trendami technologicznymi, jak:

- rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji;
- rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń;
- rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości;
- rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych);
- rozwój technologii kosmicznych.

## 7.16. Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu<br>Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom |

**Zakres trendu:** trend ten dotyczy technologii związanych z opracowaniem i wykorzystaniem modeli i algorytmów (programów) działających w sposób inteligentny, tj. interpretacji danych (często niepełnych) i na tej podstawie podejmowania podejmowanie decyzji / działania. Jest to trend technologiczny powiązany z innymi trendami z obszarów szeroko rozumianych technologii informatycznych i komunikacyjnych. Rozwiązania określane mianem sztucznej inteligencji (AI) co do zasady są zaawansowanym uczeniem maszynowym (machine learning). Rozwiązania wykorzystywane są przede wszystkim do analizy i przetwarzania dużych ilości danych, w tym analizy obrazów. Technologie z obszaru AI znajdują zastosowanie w zasadzie w każdej dziedzinie gospodarki i życia społecznego, od branży ICT, przez medycynę (przetwarzanie obrazów, wsparcie precyzyjnej diagnostyki), po zapewnienie bezpieczeństwa – zarówno w cyberprzestrzeni, jak i bezpieczeństwa fizycznego, infrastruktury krytycznej itd.

**Kierunki rozwoju**: W najbliższych latach trend będzie znajdował się w fazie dynamicznego rozwoju, ponieważ nowe technologie i rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję mają coraz większy wpływ na budowanie potencjału narodowych gospodarek. Kierunki rozwoju trendu dotyczą zarówno życia codziennego człowieka, jak i perspektyw rozwoju całego kraju. Należy zauważyć, że rozwój trendu wymusza tworzenie nowych regulacji prawnych, wcześniej nieistniejących, dotyczących bezpieczeństwa i podejścia do AI uwzględniającego ryzyka.

**Globalna dojrzałość trendu**: faza dynamicznego wzrostu

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- zaawansowanie prac nad algorytmami;
- rozwój obszarów wykorzystujących AI;
- wykształcenie odpowiednich specjalistów;
- tworzenie dużych zasobów danych, które będą przetwarzane oraz zapotrzebowanie na tego typu rozwiązania;
- wzrost liczby urządzeń mogących wykorzystywać AI.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- pojazdy autonomiczne;
- inteligentne drony;
- zastosowanie AI w grach wideo;
- AI jako wsparcie infolinii;
- AI jako doradztwo (np. w bankowości).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** jest to trend w fazie szybkiego wzrostu i w perspektywie 5 lat przypuszczalnie wejdzie w fazę dojrzałości, co widać między innymi po zakresach projektów realizowanych w ramach H2020 czy tematów Horyzontu Europa oraz polityk UE takich jak Industry 5.0. Trend dotyczy przede wszystkim krajów rozwiniętych takich jak: USA, UK, Niemcy, Chiny, Francja.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce AI jest rozwijana głównie w zakresie eksploracji danych, Big Data i Advanced Analytics oraz przetwarzania obrazu. Istnieje duży potencjał kadrowy w skali UE oraz całego regionu CEE. Co istotne brakuje dużych firm, które mogłyby dostarczyć odpowiednich ilości danych i testować oraz wdrażać zaawansowane rozwiązania. Konieczny jest rozwój zespołów projektowych, które ściślej powiązane byłyby z sektorem B+R.

**Dojrzałość trendu w Polsce:** trend w fazie wzrostu

Trend jest powiązany z takim trendami technologicznymi jak:

- rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń;
- rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości;
- rozwój technologii przetwarzania odpadów;
- opracowanie inteligentnych materiałów;
- rozwój biotechnologii, w tym inżynierii genetycznej wspierającej rolnictwo i hodowlę zwierząt.

## 7.17. Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu |

**Zakres trendu:** trend ten dotyczy opracowania nowych, bardziej wydajnych układów scalonych tzw. chipów, głównie w oparciu o inne technologie niż bazujące na krzemie (np. technologie światłowodowe, kwantowe). Rozwój tego trendu uwarunkowany jest wzrostem zapotrzebowania na moce obliczeniowe w związku ze zwiększającą się ilością przetwarzanych danych.

**Kierunki rozwoju**: jest to trend technologiczny powiązany z innymi trendami z obszarów szeroko rozumianych technologii informatycznych i komunikacyjnych: Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT) w tym urządzeń i aplikacji IoT, Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji, Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości, Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych). Trend dotyczy przede wszystkim krajów rozwiniętych. Krajem przodującym w rozwoju tego trendu jest USA. Podstawowymi kierunkami rozwoju trendu jest rozwój technologii blockchain, na której oparte są m. in. kryptowaluty oraz komputery kwantowe.

**Globalna dojrzałość trendu**: faza dynamicznego wzrostu/dojrzałości

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- wzrost zapotrzebowania na ilości przetwarzanych danych;
- rozwój nowych materiałów;
- rozwój algorytmów;
- konieczność obniżenia kosztów badań,
- globalizacja oraz cyfryzacja.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- nowoczesne technologie chmurowe (AWS, Azure, Oracle, Google Cloud, Alibaba Cloud)
- komputery kwantowe;
- blockchain;
- układy elektroniczne na bazie grafenu;
- komputery optyczne.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** jest to trend w fazie szybkiego wzrostu i w perspektywie 5 lat przypuszczalnie wejdzie w fazę dojrzałości, co widać między innymi po zakresach projektów realizowanych w ramach H2020 czy tematów Horyzontu Europa oraz polityk UE takich jak Industry 5.0. Trend jest szczególnie widoczny w krajach rozwiniętych takich jak: Chiny, USA, Japonia, Niemcy, Francja.

**Opis trendu w Polsce**: badacze z Uniwersytetu Warszawskiego zbudowali pierwszy w Polsce procesor kwantowy i wykorzystali go w praktyce – w spektroskopii. Pokazali, jak dzięki kwantowemu przetwarzaniu informacji można bardziej wydajnie pozyskiwać informacje o materii schowane w świetle. Innym przykładem są rozwiązania chmurowe takie jak  Scramjet, które działają na infrastrukturze dowolnego dostawcy – AWS, GCP, Azure czy OVH i świadczą usługi bezserwerowe w modelu pay–as–you–go.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wczesnego wzrostu

Trend jest powiązany z takim trendami technologicznymi jak:

- rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości;
- rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji
- rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób;
- opracowanie inteligentnych materiałów;
- rozwój technologii kosmicznych.

## 7.18. Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu |

**Zakres trendu:** trend ten jest związany z coraz szerszym wykorzystaniem aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości w przemyśle i usługach jak również w różnych obszarach życia społecznego. Pozwala on na przejście na bardziej zaawansowany poziom komunikacji międzyludzkiej.

**Kierunki rozwoju**: jest to trend technologiczny powiązany z innymi trendami z obszarów szeroko rozumianych technologii informatycznych i komunikacyjnych: „Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT) w tym urządzeń i aplikacji IoT", „Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń", „Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji", „Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych)".

**Dojrzałość trendu**: faza dynamicznego wzrostu.

**Czynniki determinujące rozwój trendu**:

- upowszechnienie tego typu aplikacji w różnych branżach oraz obszarach życia społecznego;
- wzrost dokładności sterowania zdalnego;
- redukcja kosztów opracowania aplikacji;
- opór społeczny przed aplikacją.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- aplikacje serwisowania zdalnego urządzeń znajdujących się w szkodliwym środowisku, np. naprawa reaktora jądrowego;
- aplikacja do przeprowadzania zdalnie operacji chirurgicznych (tzw. operacja na odległość);
- gogle wirtualnej rzeczywistości (np. Oculus);
- wirtualne zwiedzanie, rozrywka;
- zastosowanie wirtualnej rzeczywistości w medycynie.

**Zasięg oraz trwałość trendu:** trend jest szczególnie widoczny w krajach rozwiniętych. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: Chiny, USA, Niemcy, UK, Francja, Japonia. Jest to trend w fazie dojrzałości i przewiduje się, że utrzyma się ten stan przez najbliższe 10 lat.

**Opis trendu w Polsce**: trend ten jest rozwijany głównie poprzez prace przedsiębiorstw na różnego rodzaju aplikacjami, często przy wsparciu jednostek naukowych. W Polsce rozwijane są technologie AR i VR w zakresie medycyny (w celu przeprowadzania zabiegów) oraz w obszarze budownictwa (projektowanie) i wzornictwa. Istotne są także technologie w obszarze rozrywki, w których pozycja Polski umacnia się.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wzrostu

Trend jest powiązany z takim trendami technologicznymi jak:

- rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń;
- rozwój technologii AI, w tym algorytmów i aplikacji;
- rozwój technologii IoT, w tym urządzeń i aplikacji IoT;
- rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji;
- opracowanie nowych leków i metod leczenia.

## 7.19. Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych)

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych) | Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa<br>Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu |

**Zakres trendu:** trend ten dotyczy robotyzacji i automatyzacji procesów gospodarczych w zasadzie wszystkich branż przemysłowych i usługowych. Uwarunkowany jest możliwościami jakie dają technologie cyfrowe.

**Kierunki rozwoju:** w najbliższych latach możemy spodziewać się okresu przejściowego pomiędzy fazą rozwoju, a fazą dojrzałości tego trendu. Trend dotyczy zwłaszcza większych przedsiębiorstw produkcyjnych posiadających środki na prowadzenie prac w działach badawczo-rozwojowych oraz implementowanie technologii. Trend ten będzie rozwijał się w obszarach rozwoju automatyzacji (w przemyśle samochodowym, medycznym, logistycznym i transportowym). Ważnym obszarem działania trendu jest również sektor usług, a w szczególności bankowość i tzw. HoReCa (hotele, restauracje, catering).

**Globalna dojrzałość trendu**: faza wzrostu/dojrzałości

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- kształcenie specjalistów w zakresie automatyzacji procesów oraz zmniejszenie kosztów wdrożeń;
- zwiększanie zakresu procesów robotyzacji;
- rozwój sensorów;
- konieczność wykształcenia nowych specjalistów;
- wysoki koszt automatyzacji.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- automatyzacja linii montażu samochodów (1 osoba monitoruje pracę 600 robotów);
- zastosowanie IoT do nadzorowania produkcji;
- boty programowe RPA;
- robotyzacja procesów podatkowych;
- roboty do obsługi w sektorze HoReCa (np. Amy Waitress, Barsys 2.0).

**Zasięg oraz trwałość trendu:** jest to trend w fazie szybkiego wzrostu i w perspektywie 5 lat przypuszczalnie wejdzie w fazę dojrzałości, co widać między innymi po zakresach projektów realizowanych w ramach H2020 czy tematów Horyzontu Europa oraz polityk UE takich jak Industry 5.0.

Zauważa się ostatnio problemy związane z lękiem przed robotyzacją i koniecznością postawienia ponownie człowieka jako najważniejszego punktu odniesienia w zrobotyzowanych fabrykach (Industry 5.0). Trend jest szczególnie widoczny w krajach rozwiniętych takich jak: Korea Płd., Japonia, Niemcy, Szwecja, USA.

**Opis trendu w Polsce**: w Polsce rozwijane są technologie foniczne, które w najbliższych latach mogą pełnić kluczową rolę w procesach produkcyjnych. Przykładem jest KSM Vision, którego działalność opiera się na projektowaniu oraz wdrażaniu systemów widzenia maszynowego, opartego na sztucznej inteligencji. Kluczowy jest także rozwój robotyzacji w sektorze transportowym i logistycznym, który jest dobrze rozwinięty w Polsce. Ze względu na niską podaż pracy w Polsce oraz negatywne zjawiska demograficzne zakres robotyzacji może być bardzo szeroki. Ze względu także na wzrost płac i rozwój gospodarki, opieranie konkurencyjności gospodarki na niskich kosztach pracy może być nie do utrzymania. Wprowadza to konieczność wzrostu produktywności, czego istotnym elementem jest robotyzacja.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: trend w fazie wzrostu

Trend jest powiązany z takim trendami technologicznymi jak:

- rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń;
- rozwój technologii IoT, w tym urządzeń i aplikacji IoT;
- rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości;
- rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji;
- rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób.

## 7.20. Rozwój technologii kosmicznych

| Trend technologiczny | Trendy rozwojowe |
|---|---|
| Rozwój technologii kosmicznych | Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom<br>Zapewnienie bezpieczeństwa<br>Rozwój zrównoważonego społeczeństwa<br>Przyspieszająca cyfryzacja<br>Rozwój zrównoważonego rolnictwa |

**Zakres trendu:** obszar technologii kosmicznych obejmuje zarówno działania związane z wysyłaniem statków na orbitę, budową i działaniem międzynarodowej stacji kosmicznej, podróże kosmiczne, czy eksplorację kosmosu (technologie upstream), jak i technologie związane z pozyskiwaniem, gromadzeniem i wykorzystywaniem danych zebranych przez urządzenia znajdujące się w przestrzeni kosmicznej – przede wszystkim dane satelitarne oraz obserwacji ziemi (technologie downstream). Zastosowanie technologii kosmicznych jest szerokie, obecnie silnie rozwijane są obszary związane z łącznością satelitarną, obserwacjami ziemi (np. w celach zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatu) oraz gromadzeniem, przechowywaniem i przetwarzaniem dużych ilości danych.

**Kierunki rozwoju**: głównymi kierunkami rozwoju tego trendu są technologie związane z budową satelitów jak również urządzeń instalowanych na satelitach wykorzystywanych do świadczenia usług badawczych oraz usług komercyjnych, jak również dla celów wojskowych. Technologie kosmiczne związane są również z obserwacją ziemi, w tym przetwarzaniem i zaawansowaną analizą obrazów. W przyszłości należy przyglądać się rozwojowi takich dziedzin jak space mining i połączony z nim ISM (in-space-manufacturing oraz ISRM in-situ ressource manufacturing) rozwój zaawansowanych metod komunikacji, ISM (In-space-manufacturing), druk 3D w przestrzeni. Kierunki rozwoju technologii kosmicznych skupione są z jednej strony na realizacji naukowych celów związanych z eksploracją kosmosu, a z drugiej strony z zaspokojeniem potrzeb związanych z obserwacją ziemi (np. prace nad dokładnością pomiarów i zdjęć, a także wykorzystaniem technologii AI do zwiększenia efektywności prowadzonych badań).

**Dojrzałość trendu**: faza wzrostu.

**Główne czynniki determinujące rozwój trendu**:

- rosnąca wiedza i świadomość decydentów, firm, w zakresie możliwości, jakie dają zaawansowane technologie obserwacji ziemi (w zakresie bezpieczeństwa, zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatycznych, rozwoju nowoczesnej łączności, nowoczesnego rolnictwa i wielu innych);
- zwiększanie zakresu wytwarzania przez przedsiębiorstwa całych podsystemów;
- konieczność zwiększenia doświadczenia w zakresie projektowania zaawansowanych systemów satelitarnych lub kosmicznych;
- ponadto, technologie kosmiczne rozwijają się także na kanwie rosnących oczekiwań i możliwości jakie daje eksploracja kosmosu.

**Przykłady praktycznych rozwiązań**:

- system pozycjonowania satelity na orbicie, obejmujący zarówno zespół silników, zasilania (żagiel) jak i podsystem sterowania pozycją;
- silnik rakietowy;
- usługi świadczone przy pomocy satelitów: Internet satelitarny, GPS, telewizja satelitarna, telefonia satelitarna, obserwacja ziemi, monitorowanie zjawisk pogodowych (zapobieganie skutkom katastrof naturalnych), nawigacja;
- procesory do statków kosmicznych;
- sterowniki używane w marsjańskich chodzikach;
- osłona krzemionkowa przed wysokimi temperaturami;
- zaawansowane technologie przetwarzania obrazów (które znalazły zastosowanie np. w medycynie – tj. radiologii, badaniach nad chorobą Alzheimera itd.)

**Zasięg oraz trwałość trendu:** obszarami technologii kosmicznych są między innymi technologie napędów rakietowych, technologie wykorzystywane przy budowie i sterowaniu satelitami, technologie wykorzystywane w badaniach kosmosu jak również technologie wykorzystywane do świadczenia usług na Ziemi, jak GPS, zdjęcia satelitarne czy Internet. Odrębną grupą technologii oraz badaniami są prace związane z podróżami kosmicznymi człowieka. Trend ten jest w fazie rozwoju i ten wzrost prawdopodobnie utrzyma się w krótkim i średnim okresie. Obejmuje on zwłaszcza takie kraje jak: USA, Rosja, Francja, Chiny, Indie.

**Opis trendu w Polsce**: opracowywane są metody konstrukcji i wynoszenia nanosatelit, prowadzone są prace nad własną (polską) konstelacją satelit jako wspólne przedsięwzięcie jednostek naukowych i polskich firm z branży kosmicznej. Opracowywane są także maszyny do eksploracji powierzchni Marsa (Dirma, penetratory geologiczne, rozwijane są materiały kompozytowe o specjalnych właściwościach dla sektora lotniczego oraz kosmicznego, dalsze badania prowadzone są także nad technologiami komunikacyjnymi takimi jak anteny. Warto zaznaczyć, że w branży kosmicznej obserwuje się ścisłą współpracę polskiego sektora nauki z polskimi przedsiębiorstwami (jednym z głównych powodów jest fakt, że często kadra zarządzająca polskich firm kosmicznych „wywodzi się" z polskich jednostek naukowych).

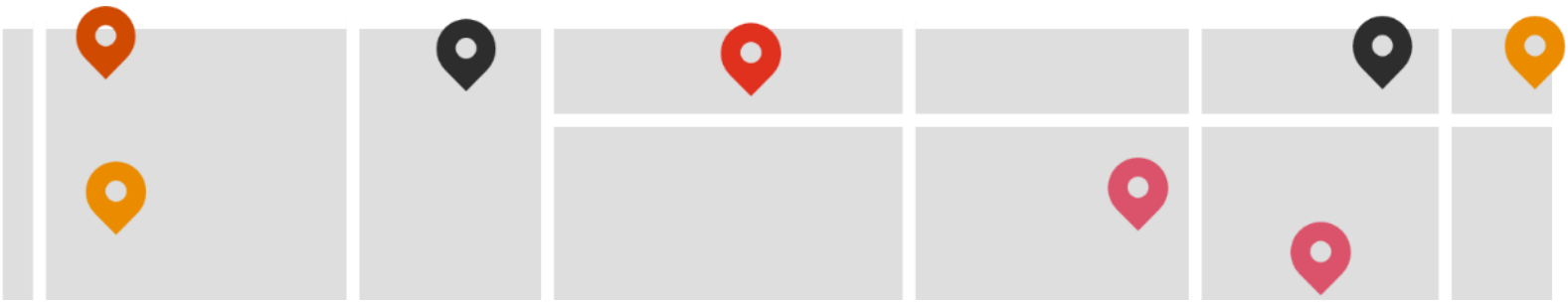
W Polsce branża kosmiczna jest stosunkowo niewielka, aczkolwiek dynamicznie rośnie. Polskie podmioty zaangażowane są w realizację coraz większych projektów międzynarodowych (np. w ramach ESA), w rezultacie prowadzone są działania na rzecz zwiększenia składki członkowskiej jaką Polska wnosi do ESA.

**Dojrzałość trendu w Polsce**: faza narodzin.

Trend ten jest powiązany z takimi trendami technologicznymi jak:

- opracowanie inteligentnych materiałów;
- rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT;
- rozwój technologii AI, w tym algorytmów i aplikacji.

# 8. Mapa oraz macierz trendów



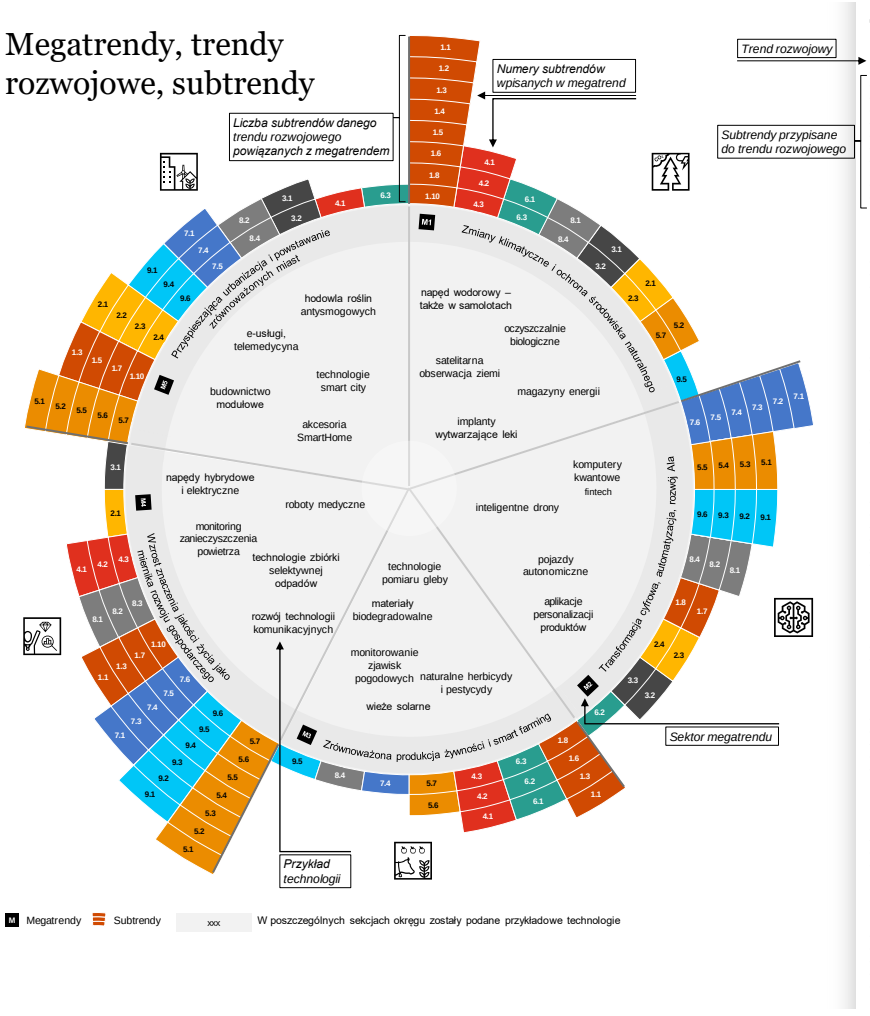
## Mapa Trendów

Choć przyjęto określone definicje dla megatrendów, trendów rozwojowych oraz trendów technologicznych, niezwykle trudne jest jednoznaczne wyznaczenie zależności między trendami. Naturalnym jest, że megatrendy charakteryzują się największym poziomem ogólności, są największymi „zbiorami", trendy rozwojowe i trendy technologiczne zaś, dotyczą bardziej określonych obszarów czy zjawisk. Przeprowadzone badania i analizy eksperckie wykazały, że niemożliwe jest wyznaczenie megatrendów, które byłyby zbiorami niezależnymi od siebie. W konsekwencji, niemożliwe jest przyporządkowanie trendów rozwojowych jako podzbiorów poszczególnych megatrendów. Obserwujemy zjawisko przenikania się trendów – zarówno na poziomie megatrendów globalnych, jak i trendów rozwojowych. Jako że trendami technologicznymi określamy obszary technologiczne, które mają zastosowanie w różnych dziedzinach i które obecnie podlegają intensywnym pracom rozwojowym – zarówno wśród naukowców jak i w przedsiębiorstwach, immanentną cechą trendów technologicznych jest powiązanie z wieloma trendami rozwojowymi czy megatrendami.

Aby lepiej zobrazować zależności między poszczególnymi grupami, opracowano tzw. mapę trendów. Zespół projektowy analizował różne podejścia do zobrazowania zależności między trendami. Dość popularną koncepcją jest stosowanie grafów przypominających mapę transportu publicznego lub tzw. mapę metra. Inną koncepcją jest stosowanie wykresu „sieci pajęczej" – który dodatkowo pozwala na pokazanie np. dojrzałości trendów. W niniejszym badaniu skupiono się przede wszystkim na trendach w początkowej fazie wzrostu lub dojrzałych. Biorąc pod uwagę cel realizowanego badania, nie skupiano się na trendach, które mogą być w schyłkowej fazie wzrostu. Z uwagi na ten fakt, mapa przypominająca wykres „sieci pajęczej" byłby nieczytelny. Na potrzeby zobrazowania zależności zidentyfikowanych pomiędzy trendami rozwojowymi a megatrendami, wykorzystano subtrendy – które stanowią uszczegółowienie trendów rozwojowych.

## Jak czytać mapę?

W ramach prac projektowych została przygotowana mapa trendów, która prezentuje megatrendy, trendy rozwojowe oraz subtrendy. Celem mapy jest graficzne zaprezentowanie relacji występujących pomiędzy megatrendami, trendami rozwojowymi oraz wpisującymi się w nie subtrendami. Główny okrąg wykresu podzielony jest na 5 sektorów, które odpowiadają poszczególnym megatrendom. Z kolei w każdym sektorze znajdują się posortowane według częstotliwości występowania subtrendy. Częstotliwość zaznaczona jest nad danym sektorem okręgu w postaci równolicznych występującym subtrendom obszarom zewnętrznym o różnej wysokości. Częstotliwość występowania oraz dany zestaw subtrendów określają w ten sposób powiązania danego megatrendu z trendami rozwojowymi oraz doprecyzowują go poprzez dany zestaw subtrendów.




Trendy rozwojowe z podziałem na subtrendy

**Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu**

1.1 Ograniczenie zanieczyszczenia środowiska
1.2 Gospodarka obiegu zamkniętego - GOZ (z ang. "circular economy")
1.3 Wychwytywanie, składowanie, sekwestracja lub unieszkodliwianie gazów cieplarnianych
1.4 Upowszechnienie regeneracji wyrobów oraz ich części
1.5 Wzrost udziału odzyskiwanych surowców oraz recyklingu odpadów
1.6 Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych
1.7 Rozwój kastomizacji (personalizacji) produktów i usług
1.8 Upowszechnienie wyrobów wykonanych z materiałów biodegradowalnych, materiałów naturalnych, materiałów neutralnych dla środowiska
1.9 Wzrost zastosowania nowych/innowacyjnych materiałów
1.10 Rozwój nowoczesnych rozwiązań w budownictwie (np. rekuperacja, kogeneracja)

**Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu**

2.1 Ograniczenie emisji spalin emitowanych przez środki transportu (lądowe, powietrzne i morskie)
2.2 Rozwój infrastruktury transportowej (dróg, mostów)
2.3 Rozwój elektrycznych i hybrydowych środków transportu (lądowych, powietrznych i morskich)
2.4 Rozwój transportu zbiorowego, w tym rozwój sieci obecnych środków transportu oraz rozwój nowych zrównoważonych (ekologicznych) środków transportu

**Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym**

3.1 Zwiększenie efektywności energetycznej i wprowadzanie na rynek rozwiązań energooszczędnych
3.2 Rozwój nowych sposobów wytwarzania energii
3.3 Rozwój nowoczesnych sposobów magazynowania energii

**Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom**

4.1 Przeciwdziałanie ociepleniu klimatycznemu
4.2 Redukcja niedoborów i zanieczyszczenia wody (słodkiej i morskiej)
4.3 Powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej

**Rozwój zrównoważonego społeczeństwa**

5.1 Podstępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast
5.2 Wzrost znaczenia architektury krajobrazu
5.3 Wzrost poziomu edukacji oraz life-long learning
5.4 Tworzenie miejsc pracy wymagających nowych kompetencji
5.5 Zapewnienie szerokiej opieki dla różnych grup społecznych
5.6 Ograniczenie ubóstwa w wybranych grupach społecznych i obszarach geograficznych
5.7 Wzrost migracji dużych mas ludności (np. ze względu na zmiany klimatyczne lub konflikty zbrojne)

**Rozwój zrównoważonego rolnictwa**

6.1 Rozwój zrównoważonego rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa: wprowadzenie żywności ekologicznej, ograniczenie popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego
6.2 Rozwój nowoczesnego rolnictwa (opartego o nowe technologie, np. AI, genetykę)
6.3 Redukcja marnowania żywności

**Postępująca cyfryzacja społeczeństwa**

7.1 Wzrost ilości przetwarzanych informacji / danych
7.2 Wzrost wymaganych mocy obliczeniowych urządzeń przysyłających i przetwarzających dane
7.3 Wzrost liczby użytkowników oraz komunikujących się urządzeń
7.4 Pojawienie się nowych obszarów digitalizacji i automatyzacji życia społecznego
7.5 Upowszechnienie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości
7.6 Rozwój mediów społecznościowych (ułatwianie kontaktów międzyludzkich, ale również zmiana formy komunikacji)

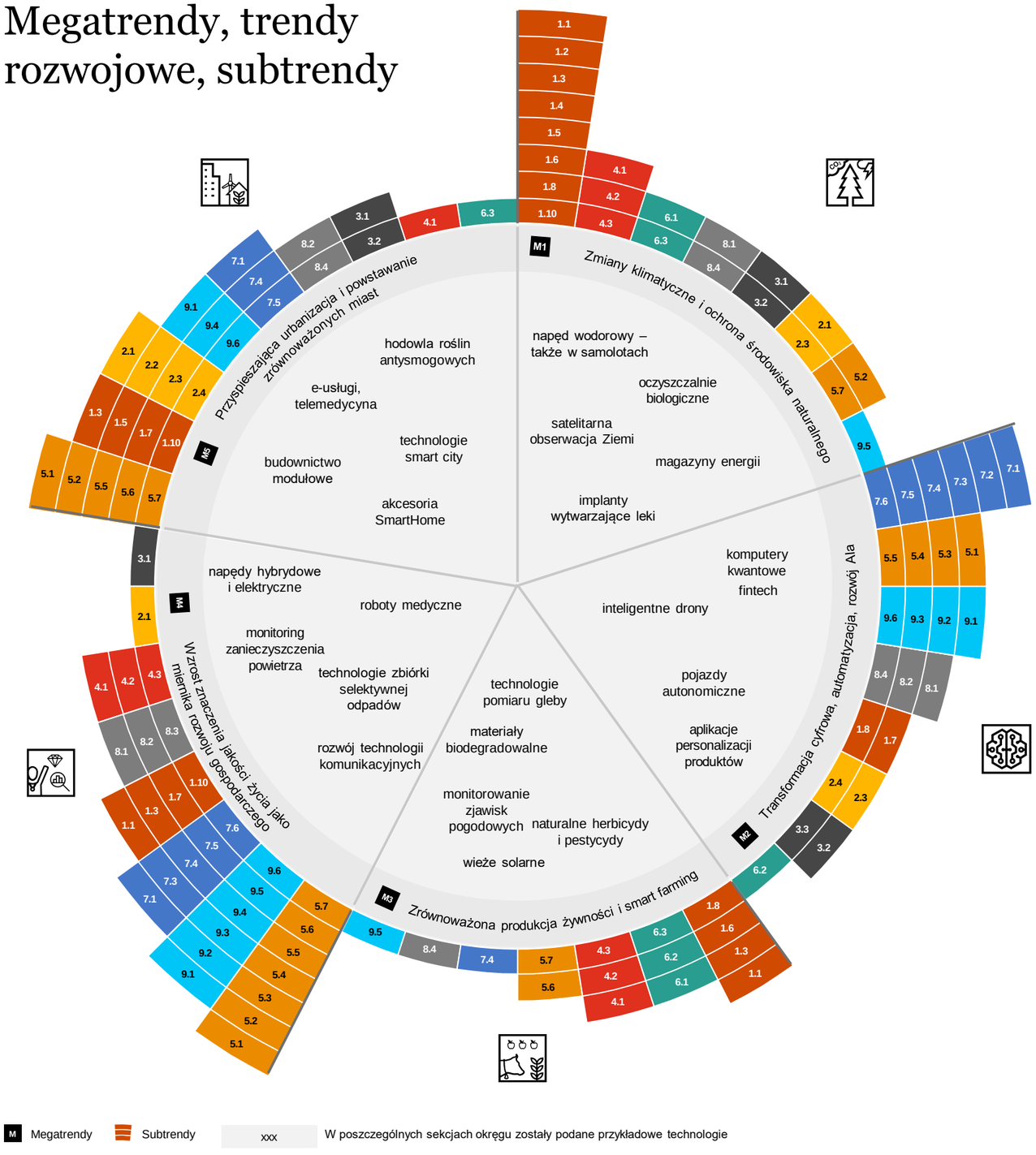
**Zapewnienie bezpieczeństwa**

8.1 Wzrost znaczenia bezpieczeństwa militarnego
8.2 Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa
8.3 Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego
8.4 Zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej (np. energetyka, telekomunikacja, produkcja i dystrybucja żywności)

**Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej**

9.1 Upowszechnianie e-usług oraz usług telemedycznych w systemie opieki zdrowia
9.2 Rozwój self-monitoringu stanu zdrowia
9.3 Rozwój nowoczesnych metod leczenia
9.4 Zwiększenie dostępności opieki zdrowia
9.5 Rozwój nowoczesnych leków oraz preparatów leczniczych
9.6 Rozwój usług opieki zdrowotnej dedykowanych dla seniorów

# Megatrendy, trendy rozwojowe, subtrendy




M Megatrendy  Subtrendy  xxx W poszczególnych sekcjach okręgu zostały podane przykładowe technologie

## Trendy rozwojowe z podziałem na subtrendy

**Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu**

| | |
|---|---|
| 1.1 | Ograniczenie zanieczyszczenia środowiska |
| 1.2 | Gospodarka obiegu zamkniętego - GOZ (z ang. "circular economy") |
| 1.3 | Wychwytywanie, składowanie, sekwestracja lub unieszkodliwianie gazów cieplarnianych |
| 1.4 | Upowszechnienie regeneracji wyrobów oraz ich części |
| 1.5 | Wzrost udziału odzyskiwanych surowców oraz recyklingu odpadów |
| 1.6 | Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych |
| 1.7 | Rozwój kastomizacji (personalizacji) produktów i usług |
| 1.8 | Upowszechnienie wyrobów wykonanych z materiałów biodegradowalnych, materiałów naturalnych, materiałów neutralnych dla środowiska |
| 1.9 | Wzrost zastosowania nowych/innowacyjnych materiałów |
| 1.10 | Rozwój nowoczesnych rozwiązań w budownictwie (np. rekuperacja, kogeneracja) |

**Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu**

| | |
|---|---|
| 2.1 | Ograniczenie emisji spalin emitowanych przez środki transportu (lądowe, powietrzne i morskie) |
| 2.2 | Rozwój infrastruktury transportowej (dróg, mostów) |
| 2.3 | Rozwój elektrycznych i hybrydowych środków transportu (lądowych, powietrznych i morskich) |
| 2.4 | Rozwój transportu zbiorowego, w tym rozwój sieci obecnych środków transportu oraz rozwój nowych zrównoważonych (ekologicznych) środków transportu |

**Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym**

| | |
|---|---|
| 3.1 | Zwiększenie efektywności energetycznej i wprowadzanie na rynek rozwiązań energooszczędnych |
| 3.2 | Rozwój nowych sposobów wytwarzania energii |
| 3.3 | Rozwój nowoczesnych sposobów magazynowania energii |

**Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom**

| | |
|---|---|
| 4.1 | Przeciwdziałanie ociepleniu klimatycznemu |
| 4.2 | Redukcja niedoborów i zanieczyszczenia wody (słodkiej i morskiej) |
| 4.3 | Powstrzymanie utraty różnorodności biologicznej |

**Rozwój zrównoważonego społeczeństwa**

| | |
|---|---|
| 5.1 | Postępująca urbanizacja, zwiększenie znaczenia miast |
| 5.2 | Wzrost znaczenia architektury krajobrazu |
| 5.3 | Wzrost poziomu edukacji oraz life-long learning |
| 5.4 | Tworzenie miejsc pracy wymagających nowych kompetencji |
| 5.5 | Zapewnienie szerokiej opieki dla różnych grup społecznych |
| 5.6 | Ograniczenie ubóstwa w wybranych grupach społecznych i obszarach geograficznych |
| 5.7 | Wzrost migracji dużych mas ludności (np. ze względu na zmiany klimatyczne lub konflikty zbrojne) |

**Rozwój zrównoważonego rolnictwa**

| | |
|---|---|
| 6.1 | Rozwój zrównoważonego rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa: wprowadzenie żywności ekologicznej, ograniczenie popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego |
| 6.2 | Rozwój nowoczesnego rolnictwa (opartego o nowe technologie, np. AI, genetykę) |
| 6.3 | Redukcja marnowania żywności |

**Postępująca cyfryzacja społeczeństwa**

| | |
|---|---|
| 7.1 | Wzrost ilości przetwarzanych informacji / danych |
| 7.2 | Wzrost wymaganych mocy obliczeniowych urządzeń przysyłających i przetwarzających dane |
| 7.3 | Wzrost liczby użytkowników oraz komunikujących się urządzeń |
| 7.4 | Pojawienie się nowych obszarów digitalizacji i automatyzacji życia społecznego |
| 7.5 | Upowszechnienie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości |
| 7.6 | Rozwój mediów społecznościowych (ułatwianie kontaktów międzyludzkich, ale również zmiana formy komunikacji) |

**Zapewnienie bezpieczeństwa**

| | |
|---|---|
| 8.1 | Wzrost znaczenia bezpieczeństwa militarnego |
| 8.2 | Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa |
| 8.3 | Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego |
| 8.4 | Zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej (np. energetyka, telekomunikacja, produkcja i dystrybucja żywności) |

**Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej**

| | |
|---|---|
| 9.1 | Upowszechnianie e-usług oraz usług telemedycznych w systemie opieki zdrowia |
| 9.2 | Rozwój self-monitoringu stanu zdrowia |
| 9.3 | Rozwój nowoczesnych metod leczenia |
| 9.4 | Zwiększenie dostępności opieki zdrowia |
| 9.5 | Rozwój nowoczesnych leków oraz preparatów leczniczych |
| 9.6 | Rozwój usług opieki zdrowotnej dedykowanych dla seniorów |

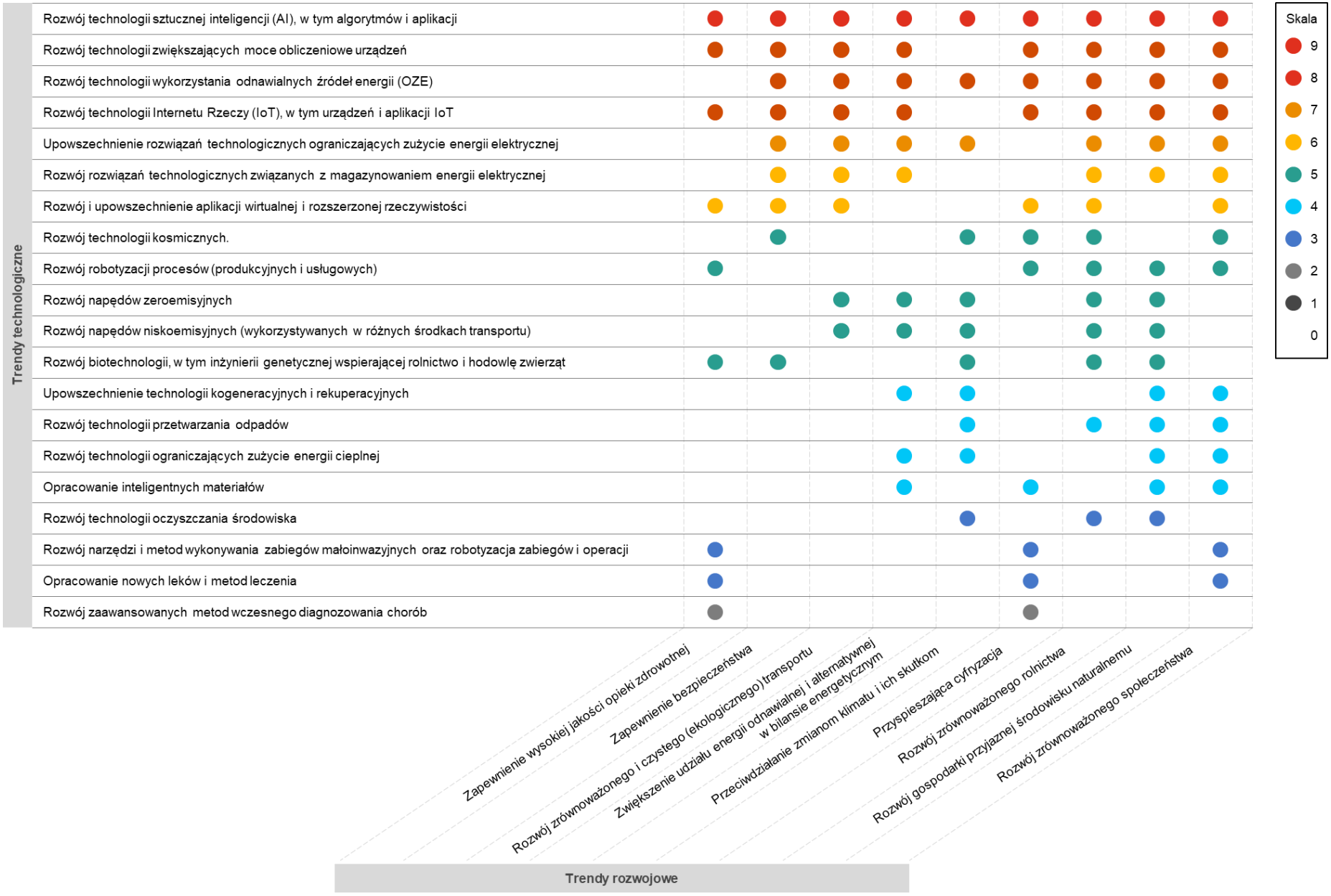
## Macierz współzależności między trendami technologicznymi a trendami rozwojowymi

Macierz powstała jako kolejny element analizy powiązań i zależności pomiędzy trendami. Konieczność graficznego wyróżnienia tych elementów podyktowana była liczbą zidentyfikowanych w trakcie badań relacji pomiędzy trendami. Taki podział pozwala na przedstawienie dwuwymiarowych zależności pomiędzy poszczególnymi kategoriami trendów i zbliżenie ich do siebie z zachowaniem przekrojowego charakteru zjawisk. Podobnie jak w przypadku mapy macierz i przedstawione w niej relacje zostały zweryfikowane w toku dyskusji z dziedzinowymi ekspertami. Ta forma prezentacji, głównie ze względu na jej czytelność oraz możliwość adaptacji do ciągłych zmian oraz same relacje pomiędzy trendami zostały potwierdzone przez ekspertów w omawianych obszarach.  Należy pamiętać, że przedstawione zależności stanowią jedynie konceptualne uproszczenie skomplikowanych i wielopoziomowych zjawisk. W toku prac zależności były identyfikowane najpierw na poziomie globalnym, a następnie weryfikowane i porównywane z relacjami zaobserwowanymi w Polsce. Prezentowane wyniki uwzględniają zatem stan globalnie zaobserwowany relacji z tymi występującymi lokalnie, w Polsce.

## Jak czytać macierz?

Poniższa macierz współzależności trendów technologicznych i rozwojowych przedstawia relacje pomiędzy trendami rozwojowymi a technologicznymi. Podobnie jak w przypadku macierzy prezentującej zależności między trendami rozwojowymi poniższe zestawienie ilustruje jednokierunkowy wpływ trendów rozwojowych na trendy technologiczne. Wynika to z hierarchicznej relacji między trendami rozwojowymi a technologicznymi, gdzie trendy rozwojowe pełnią nadrzędną funkcję względem trendów technologicznych, które stanowią ich technologiczne rozwinięcie. Zidentyfikowane relacje zostały podsumowane i przedstawione za pomocą skali kolorystycznej Skala od 0 do 9 pokazuję minimalną oraz maksymalną ilość powiązań potwierdzoną w toku badań. Jest to suma trendów rozwojowych, które mają wpływ na dany trend technologiczny. Znacznik danego koloru w postaci kropki przedstawiony w macierzy odpowiada kolorowi zaprezentowanemu w skali. Zatem trend technologiczny „Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji) posiadający w swoim rzędzie 9 znaczników jest warunkowany wszystkimi dziewięcioma trendami rozwojowymi. Przedstawiony sposób interpretacji znaczników odnosi się do całej macierzy.

# Macierz współzależności trendów technologicznych i rozwojowych



# 9. Wpływ trendów rozwojowych na rozwój społeczno-gospodarczy Polski

## Dynamika rozwoju technologii

Badania dotyczące wpływu trendów rozwojowych na rozwój społeczno-gospodarczo Polski toczyły się w zasadzie równolegle z pracami nad identyfikacją trendów rozwojowych w skali globalnej. Podczas analizy desk research oraz badań jakościowych i ilościowych istotnym elementem była kwestia obecnego stanu rozwoju trendów w Polsce i ich przyszłości. W badaniach starano się nie tylko zmapować najważniejsze elementy trendów rozwojowych, takie jak rozwijane technologie czy prowadzone badania, ale próbowano także określić perspektywę czasową ich rozwoju oraz dokonać próby oceny fazy ich rozwoju. Dla przykładu w prowadzonych na pierwszych etapach projektu analizach ilościowych pytano ankietowanych konsumentów oraz przedsiębiorców o potencjał rozwoju wybranych technologii/trendów w skali Polski oraz świata (Tabela 9). Ze względu na fakt, że badanie to zostało wykonane na początkowym etapie prac technologie, o które pytano respondentów różnią się w nazewnictwie od tych zaproponowanych finalnie w raporcie jako trendy rozwojowe i technologiczne. Niemniej poniższa tabela pokazuje, że w kwestii mapowania najważniejszych, najbardziej rozwojowych trendów respondenci wskazywali na podobne technologie zarówno w skali kraju jak i świata. Taka korelacja była przyczynkiem do dalszych badań, potwierdzając w zasadzie fakt wpływu i obecności globalnych procesów technologicznych w polskim otoczeniu.

Poniższa tabela prezentuje wyniki ze wskazaniem pozycji tych technologii, których wzrostu ankietowani spodziewają się w najbliższych latach (znaczenie wzrostu uszeregowane jest od 1 – najistotniejszy do 20 – najmniej istotny). Dla tych samych technologii pytano o ich potencjał rozwoju zarówno w Polsce jak i na świecie. Badanie wykazało, że w wielu przypadkach respondenci podobne klasyfikowali technologie o największym potencjale wzrostu zarówno w Polsce jak i za granicą.

Tabela 9. Porównanie znaczenia wzrostu wybranych trendów przez ankietowanych

| Nazwa trendu | Pozycja trendu w Polsce | Pozycja trendu na świecie |
|---|---|---|
| Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa | 1 | 1 |
| Przechowywanie danych w wirtualnych dyskach i przetwarzanie w chmurze | 2 | 3 |
| Zwiększenie efektywności energetycznej i wprowadzanie na rynek rozwiązań energooszczędnych | 3 | 5 |
| Upowszechnienie wyrobów wykonanych z materiałów biodegradowalnych, materiałów naturalnych oraz neutralnych dla środowiska | 4 | 2 |
| Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w całkowitym wykorzystaniu energii | 5 | 4 |
| Redukcja marnowania żywności | 6 | 6 |
| Zastosowanie rekuperacji, czyli technologii odzysku ciepła w gospodarstwach domowych | 7 | 3 |
| Wzrost zastosowania nowych/innowacyjnych materiałów w budownictwie | 8 | 5 |
| Ograniczenie transportu spalinowego na rzecz transportu bezemisyjnego | 9 | 10 |
| Automatyzacja i digitalizacja życia i otoczenia człowieka | 10 | 8 |
| Rozwijanie zieleni miejskiej i redukcja miejskich wysp ciepła (łąki miejskie, lasy pionowe na budynkach) | 11 | 16 |

| Nazwa trendu | Pozycja trendu w Polsce | Pozycja trendu na świecie |
|---|---|---|
| Upowszechnienie regeneracji wyrobów np. części samochodowych, odnawianie produktów elektronicznych | 12 | 12 |
| Rozwój pojazdów hybrydowych i elektrycznych | 13 | 7 |
| Rozwój transportu zbiorowego | 14 | 15 |
| Wzrost mocy obliczeniowej procesorów, w tym większe możliwości tradycyjnych technologii obliczeniowych oraz obliczenia kwantowe | 15 | 18 |
| Rozwój systemów elektronicznego wspomagania kierowcy w tym rozwój samochodów autonomicznych | 16 | 11 |
| Silniki napędzane biopaliwem lub paliwem alternatywnym | 17 | 13 |
| Upowszechnienie rozwiązań związanych z ekonomią współdzielenia sharing economy | 18 | 19 |
| Laboratoryjna hodowla ludzkich tkanek na przykład w celu przeprowadzania badań i testów kosmetyków i leków | 19 | 17 |
| Upowszechnienie kastomizacji (personalizacji) produktów i usług | 20 | 20 |

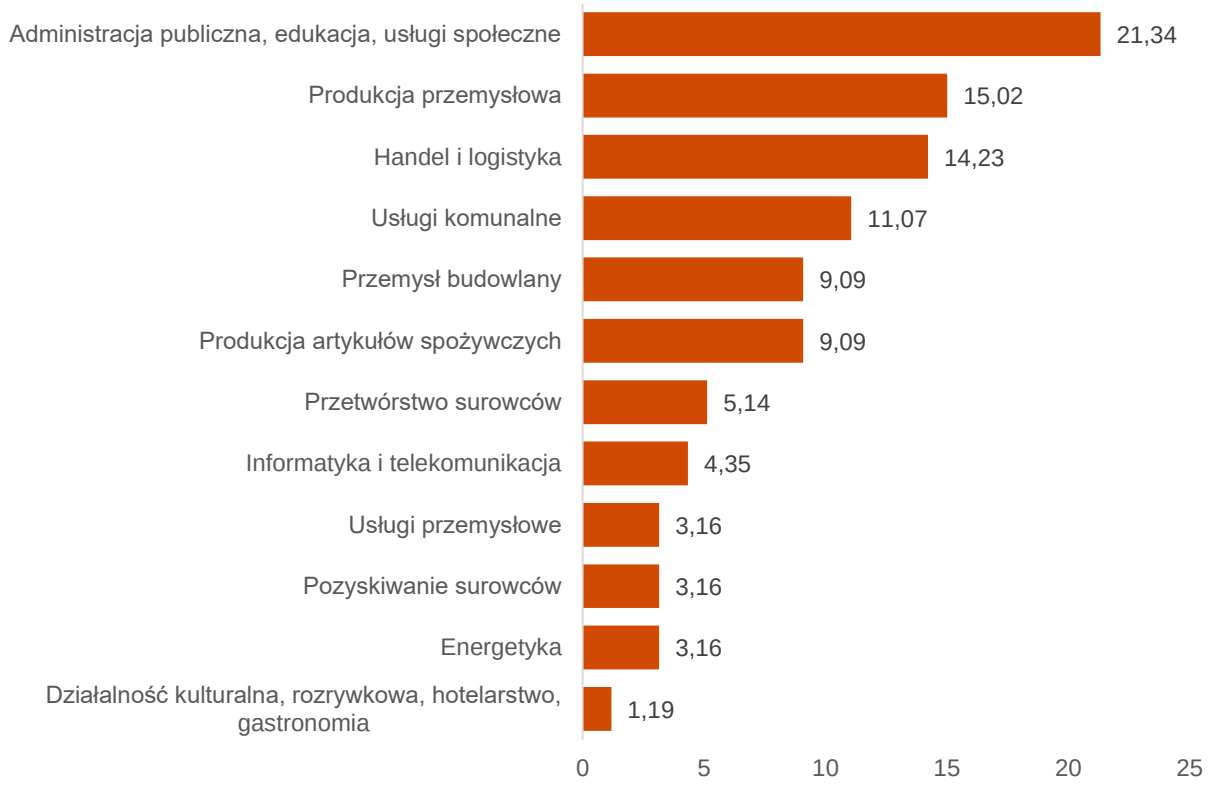
## Najistotniejsze technologie dla rozwoju trendów w Polsce

W badaniach ilościowych przeprowadzonych na grupie 253 polskich respondentów zidentyfikowano najistotniejsze technologie, które zdaniem ankietowanych wpływają na rozwój trendów. Na rysunku 8. przedstawiono rozkład branż, które reprezentowali respondenci ankiety. Dominujące były branże administracji publicznej, edukacji i usług publicznych (21,34%), handlu i logistyki (15,42%), oraz produkcji przemysłowej (15,42%). Najmniej licznie reprezentowane była działalność kulturalna, hotelarstwo i gastronomia (1,19%) oraz usługi przemysłowe (poligrafia i reprodukcja) (3,16%). Respondenci udzielili odpowiedzi na cztery pytania zamknięte i jedno pytanie otwarte. Pytania dotyczyły:

- Znaczenia zjawisk związanych z rozwojem nowych technologii dla gospodarki (np. COVID-19, degradacja środowiska);
- Przyszłego kształtowania się poszczególnych trendów na świecie i w Polsce w najbliższych 5 latach;
- Technologii istotnych z punktu widzenia rozwoju analizowanych trendów;
- Wpływu różnych technologii na społeczeństwo i gospodarkę, a także na branże.

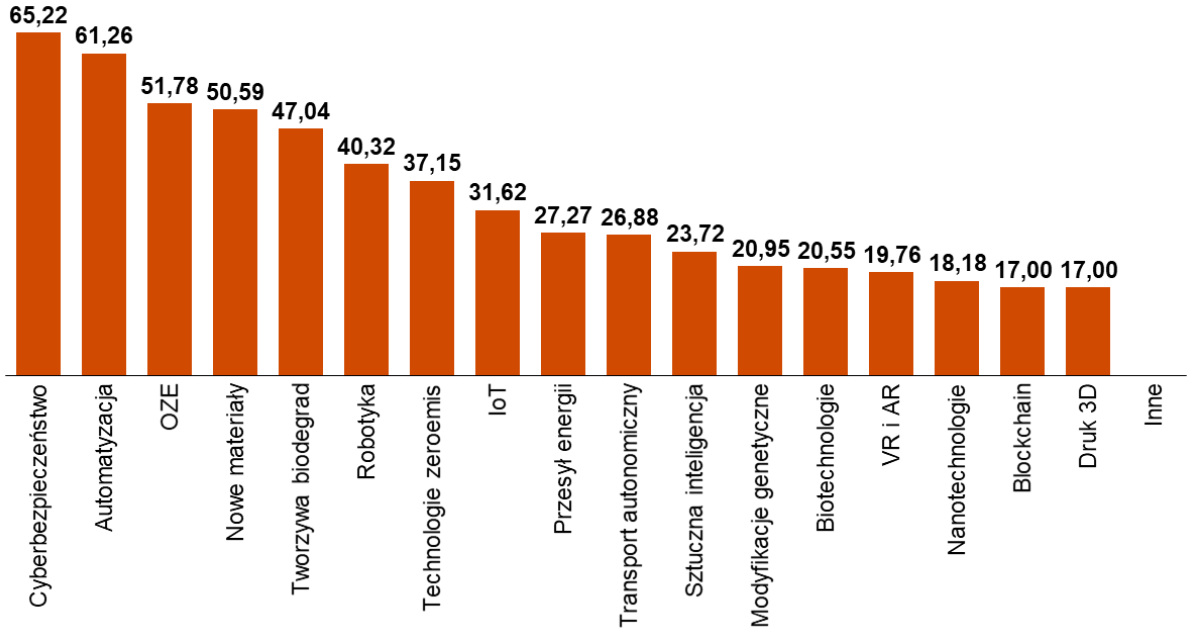
Rysunek 9. podsumowuje wyniki badania i prezentuje najważniejsze technologie wskazane przez uczestników badania. Pozytywnie wyróżnia się tu zwłaszcza cyberbezpieczeństwo razem z automatyzacją procesów oraz OZE. Zaskakująco nisko uplasowała się technologia druku 3D, która stosunkowo niedawno wydawała się atrakcyjnym obszarem technologicznym z uwagi na możliwą mnogość zastosowań np. w budownictwie, medycynie czy przy wykorzystaniu technologii kosmicznych. Taki ograniczony zasięg może wynikać z niewystarczającej wiedzy na temat pełnego zakresu możliwości wykorzystywania technologii oraz możliwości ich wzajemnego wpływania na siebie.

Rysunek 8 Struktura próby ze względu na główny obszar działalności (% próby badania CATI = 253 osoby)




Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników CATI

Rysunek 9. Najistotniejsze technologie dla rozwoju trendów (% próby badania CATI = 253 osoby)




Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników CATI

## Wpływ technologii na społeczeństwo

Wpływ technologii na społeczeństwo został w dużej mierze zbadany podczas badań jakościowych, w szczególności w wywiadach przeprowadzonych wśród grup konsumenckich, a także za pośrednictwem badania ilościowego – tj. ankiety CATI. W ankiecie respondenci byli proszeni o ocenę wpływu technologii na społeczeństwo. Respondenci mieli za zadanie wskazać, czy ich zdaniem dany trend technologiczny ma pozytywny, negatywny, czy neutralny wpływ. Zdecydowana większość respondentów dostrzega pozytywne skutki związane z rozwojem trendów technologicznych (rysunek 10). Poszczególne trendy były oceniane przez uczestników w celu określenia potencjału danego zjawiska. Oceny były subiektywną opinią respondentów, którzy mają doświadczenie w branżach zidentyfikowanych jako podmioty prowadzące działalność innowacyjną. Ankietowani często wskazywali, że dany trend technologiczny ma „neutralny" wpływ na społeczeństwo. Dotyczy to również technologii cyfrowych (AI, IoT) oraz biotechnologii czy nanotechnologii, które często wiązane są z podwyższonym ryzykiem. Z kolei w warsztatach specjaliści często zwracali uwagę na kwestie związane z bezpieczeństwem w wymiarze technologii cyfrowych oraz konieczności uwzględniania zróżnicowanego poziomu ryzyka w zależności od obszaru zastosowania tego typu technologii (medycyna, energetyka, bankowość).

**Dzięki** przeprowadzonym **badaniom jakościowym** można podjąć próbę i**nterpretacji wyników** ilościowych. Wśród ekspertów i przedstawicieli innowacyjnych branż respondenci wskazywali elementy, które będą ich zdaniem miały największy wpływ na społeczeństwo. **Dominującym obszarem była kwestia ochrony środowiska, w tym głównie odnawialnych źródeł energii**. Zdaniem większości respondentów trendy związane z OZE mają i będą mieć determinujący wpływ na społeczeństwo, ale także na środowisko i gospodarkę, które stają się coraz bardziej powiązane. Wiążą się one, zdaniem ankietowanych, nie tylko z rozwojem innowacji w zakresie samego OZE, ale dotyczą także przenikania większości innych trendów takich jak innowacyjne materiały (pod kątem energooszczędności), innowacyjne formy transportu (zero- i niskoemisyjne), a także, logistyka, design i rozwój zrównoważonych miast. Ma to wymierny wpływ na końcowych użytkowników tych technologii, a zwłaszcza na odbiorców energii. Kwestia OZE i ochrony środowiska mimo jednomyślnego i niezaprzeczalnego wpływu na społeczeństwo i gospodarkę nie zawsze wzbudzała pozytywne nastawienie respondentów. Zdaniem niektórych kwestie środowiskowe są pozytywną zmianą idącą w parze z rozwojem zrównoważonego społeczeństwa, rozwoju technologii i większej świadomości ludzi w zakresie zanieczyszczeń i odpadów. Jednakże z drugiej strony **część respondentów wykazała krytyczny stosunek do działań mających na celu wprowadzanie OZE**, czy rozwiązań pro środowiskowych. Krytyka ta wiązała się głównie z niewystarczającymi działaniami w kierunku rozwiązania problemu kryzysu klimatycznego. Bez szerszego spektrum działań w różnorodnych obszarach społeczeństwa i gospodarki powstrzymanie degradacji środowiska będzie zbyt wolne, a przez to nieefektywne. Skupianie się jedynie na OZE zdaniem niektórych respondentów było oceniane silnie negatywnie. Mimo różnorodnych perspektyw i spostrzeżeń odnośnie wpływu trendu na środowisko, respondenci byli zgodni co do faktu, że ten trend ma i będzie mieć niebagatelny wpływ na rozwój społeczny oraz jego kształt w perspektywie najbliższych lat, co w dużym stopniu pokrywa się z opinią respondentów badania ankietowego CATI.

Kolejnym dominującym trendem o silnym wpływie na społeczeństwo i wskazywanym przez uczestników wywiadów była automatyzacja procesów, produkcji, czy usług. Respondenci, głównie z branż logistycznych i produkcyjnych, wskazywali na duży wpływ trendu na pracę ich firm. Przykładem są statki autonomiczne sterowane bez udziału człowieka. Znaczący wpływ trendu na społeczeństwo, zdaniem respondentów, wiąże się ze starzeniem się społeczeństwa oraz zwiększającym się zapotrzebowaniem na wszelkiego rodzaju produkty i usługi. Podaż pracy w Polsce jest ograniczona, co tylko wzmacnia potrzebę automatyzacji i wypełnienia zapotrzebowania produkcyjnego. To z kolei wpływa na rynek pracy i zapotrzebowanie na inny rodzaj kwalifikacji. Proces robotyzacji, procesów produkcyjnych i usług zdaniem części respondentów wymaga inwestowania w rozwój edukacji i kształcenia społeczeństwa by przygotować kapitał ludzki wyspecjalizowany w nowych zawodach. Może pomóc w tym rozwój cyfryzacji zwłaszcza w powiązaniu z rozwojem zrównoważonych miast, gdzie zostaną wprowadzone nowe metody edukacji oraz kształcenia zawodowego na dowolnym etapie doświadczenia.

W czasie warsztatów uczestnicy wskazywali także na powiązanie pomiędzy technologiami cyfrowymi oraz energetycznymi (OZE), które może mieć istotny wpływ na społeczeństwo. Rosnąca potrzeba zwiększania mocy obliczeniowych oraz wykładniczo wzrastające wykorzystanie algorytmów do automatyzacji wielu obszarów gospodarki i społeczeństwa powoduje znaczący wzrost zapotrzebowania na energię. Wiele rozwiązań opartych o komputery oraz algorytmy (zwłaszcza z obszaru blockchain) są bardzo energochłonne. Co więcej wymagają

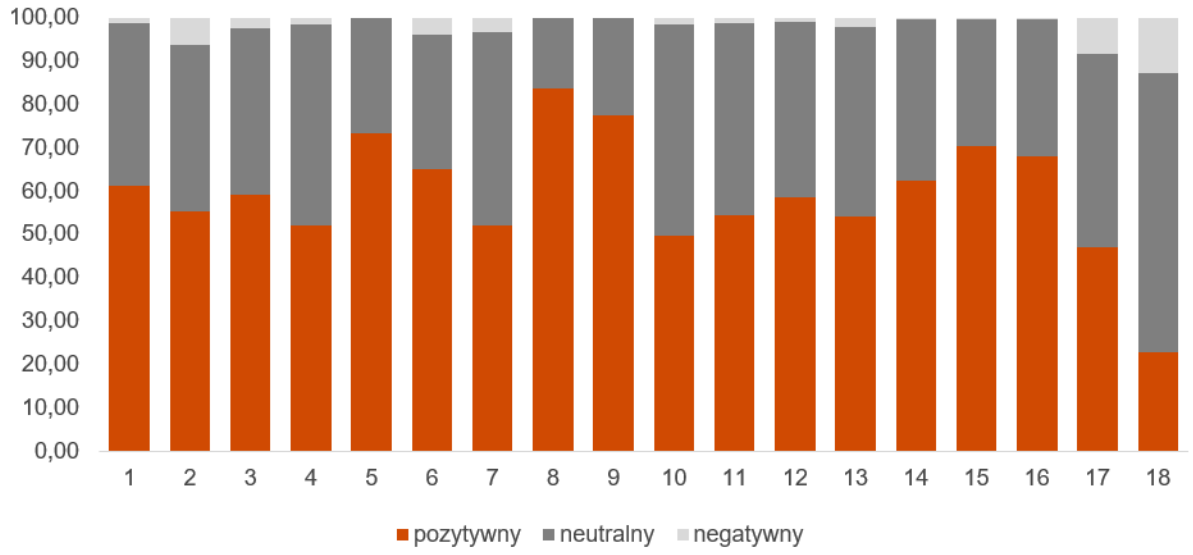
one stałego i stabilnego poboru energii, co może prowadzić do marginalizowania technologii związanych z OZE, które sa mniej stabilne od konwencjonalnych źródeł.

W czasie warsztatów wielokrotnie było także podkreślane, że rozwój OZE może być sprzeczny z budową i wzrostem działalności rolniczej. Rolnictwo jak i OZE wymagają znaczących obszarów w celu skutecznego działania. Nieodpowiedni podział i zagospodarowanie tych obszarów może mieć negatywny wpływ na społeczeństwo.

W kontekście Polski szeroko były omawiane technologie rozwijania nowoczesnych materiałów. Ich użycie w energetyce, medycynie może przynieść szereg korzyści społecznych. W kontekście medycyny wyraźnie było podkreślane rozwijanie nowoczesnych technologii asystujących z wykorzystaniem nowoczesnych materiałów w połączeniu z drukiem 3D (protezy, ortezy).

Wraz z postępującą cyfryzacją, dominującym trendem mającym wpływ na społeczeństwo, wskazanym zarówno przez respondentów CATI, jak i uczestników wywiadów TDI jest kwestia cyberbezpieczeństwa. Digitalizacja społeczeństwa oraz powszechne wykorzystanie urządzeń i systemów cyfrowych do przechowywania i przesyłania wrażliwych danych, zdaniem respondentów, wymusza inwestycję i rozwój systemów ochrony. Cyberbezpieczeństwo mimo wskazywanego w wywiadach niskiego poziomu rozwoju jest zatem kluczowym czynnikiem w kontekście „rozwijania i wdrażania rewolucji cyfrowej i informatycznej". Zdaniem respondentów powinno się prowadzić regularne działania informacyjne w obszarze technologii cyfrowych oraz cyberbezpieczeństwa. W obliczu szybko zmieniającej się technologii niezbędne jest zapewnienie dostępu do podstawowej wiedzy o zagrożeniach, możliwościach oraz sposobach obsługi podstawowych narzędzi cyfrowych.

Rysunek 10. Wpływ trendu technologicznego na społeczeństwo (% próby badania CATI = 253 osoby)




**Legenda**:

1. Druk 3D
2. Sztuczna inteligencja (AI)
3. Internet Rzeczy (IoT)
4. Blockchain
5. Automatyzacja procesów
6. Robotyka
7. Rzeczywistość wirtualna i rozszerzona
8. Cyberbezpieczeństwo
9. Odnawialne źródła energii
10. Nanotechnologie
11. Biotechnologie
12. Technologie zeroemisyjne

13. Transport autonomiczny
14. Bezprzewodowy przesył energii elektrycznej
15. Tworzywa biodegradowalne
16. Materiały o nowych właściwościach
17. Modyfikacja genetyczna roślin i żywności
18. inne (jakie?)

## Kształtowanie zachowań społecznych przez technologie

Istotną część projektu poświęcono **zbadaniu preferencji konsumentów**, sprawdzano jaki wpływ na rozwój technologii, a zatem na kształtowanie trendów technologicznych i rozwojowych, mogą mieć końcowi odbiorcy opracowywanych produktów, czyli społeczeństwo. Badaniu konsumentów poświęcono szereg wywiadów, przedstawicieli grup konsumenckich zapraszano także na spotkania warsztatowe w makroregionach. Najważniejszym wnioskiem podsumowującym przeprowadzone badania i analizy w tej kwestii jest stwierdzenie, że **postrzeganie nowych rozwiązań technologicznych, ale także zjawisk składających się na trendy rozwojowe przez społeczeństwo ma charakter odtwórczy w porównaniu z innowatorami**, czy ekspertami zajmującymi się obserwowaniem czy badaniem zjawisk społecznych i gospodarczych. Konsumenci zwracali uwagę na trendy, które osiągnęły już pewien poziom dojrzałości, są popularne, którym dużą uwagę poświęcają media.

Można zatem przyjąć założenie, że jeśli o danej technologii czy trendzie rozwojowym mówią konsumenci, oznacza to, że trend (lub technologia) osiągnęła poziom dojrzałości. W kontekście trendów, które są w fazie wczesnego rozwoju i mają duży potencjał rozwojowy, kluczowe jest prowadzenie badań wśród innowatorów, ekspertów, inwestorów, naukowców oraz osób, które zajmują się studiami nad przyszłością. Rozpoznanie rozwijających się trendów oraz poprawne zidentyfikowanie ich rosnącego znaczenia w przyszłości wymaga odpowiedniej wiedzy, doświadczenia i wnikliwych obserwacji zmian zachodzących na świecie – zwłaszcza na poziomie globalnym. Naturalnym jest, że kwestie te nie są przedmiotem rozważań przeważającej części konsumentów.

**Postawy konsumentów jako odbiorców innowacji są przeważnie czynnikiem hamującym rozwój i upowszechnienie nowych technologii**, szczególnie jeśli nowe rozwiązania nie wiążą się z dostrzegalną korzyścią ekonomiczną. Pytani o powody, dla których konsumenci przekonali się do poszczególnych rozwiązań wskazywali przede wszystkim korzyść ekonomiczną, w drugiej kolejności także wygodę. Ponadto, w dyskusjach zwracano uwagę, że adaptacja do nowych rozwiązań często wynika z „przymusu", tj. nowej sytuacji, która wymusza przełamanie wewnętrznego oporu przed nowymi technologiami. Przykładem może być szerokie korzystanie z technologii komunikacyjnych przez użytkowników w średnim wieku i seniorów wymuszone sytuacją pandemiczną i ograniczeniem bezpośrednich form kontaktu. Co do zasady jednak, konsumenci wskazywali na swój początkowy opór i sceptyczne nastawienie względem nowych rozwiązań technologicznych.

Może to wynikać z faktu, że rozwój nowych technologii z definicji skierowany jest na wprowadzanie na rynek produktów, które do tej pory na nim nie występowały, co pozwala na przejęcie jego większej części w danym segmencie. Często jednak, zwłaszcza w uproszczonym i krótkoterminowym oglądzie, technologie ze względu na wysokie nakłady na B+R i wykorzystanie zaawansowanych materiałów mogą wydawać się znacznie droższe niż istniejące alternatywy (przykładem może być ciągłe wykorzystywanie energetyki opartej na węglowodorach w przeciwieństwie do OZE). **Istotne jest pełniejsze uwzględnienie kosztów inwestycyjnych oraz operacyjnych**, i sprawdzenie czy w dłuższej perspektywie doprowadzi do obniżenia kosztów. Krótkoterminowa perspektywa znacząco ogranicza atrakcyjność technologii oraz ich podaż. Jeśli rozwiązanie takie w ogóle utrzyma się na rynku często pozycjonuje się w segmencie „dóbr luksusowych" dostępnych dla ograniczonego grona odbiorców. Najlepszym przykładem mogą być samochody elektryczne, które nawet w części krajów rozwiniętych nie są powszechnie dostępne. **Popyt na tego typu dobra może zatem być stymulowany przez państwo w formie dotacji lub regulacji, które ograniczają użycie dotychczasowych produktów**. Dodatkowo nowe technologie często wprowadzane są na rynek nie tylko ze względu na związane z nimi korzyści ekonomiczne, ale także ze względu na ich wpływ na poprawę jakości życia lub stanu środowiska, za co konsumenci i państwa mogą chcieć ponieść dodatkowy koszt. Dlatego **wsparcie Państwa jest niezbędne tak jak ciągła edukacja konsumentów w celu wytworzenia odpowiednich postaw**. Warto pamiętać, że nawet w krajach wysoce rozwiniętych konieczne jest utrzymywanie ciągłych zachęt finansowych –

wiąże się to z niestabilnym otoczeniem gospodarczym i priorytetyzacją bezpieczeństwa ekonomicznego ponad bezpieczeństwo klimatyczne, czy nie zawsze jeszcze rozumianą „jakość życia".

Powyższa konstatacja może mieć istotne znaczenie dla działania administracji centralnej jak i samorządowej w kontekście wsparcia rozwoju obszarów technologicznych, które są kluczowe z perspektywy globalnych wyzwań, ale które nie odpowiadają na potrzeby i oczekiwania korzyści ekonomicznej czy też wygody użytkowników końcowych. Dotyczy to np. rozwiązań w zakresie ochrony środowiska, korzystania z energii z odnawialnych źródeł, czy też rozwiązań w zakresie technologii cyfrowych. Jeśli szerokie zastosowanie niektórych technologii ma duże znaczenie dla spełnienia celów strategicznych, ważne jest wsparcie jego wdrożenia.

Przeprowadzone badania unaoczniły także konieczność wzmocnienia działań edukacyjnych i informacyjnych w zakresie nowych technologii. Konsumenci szukają informacji, jednak nie zawsze mają wystarczającą wiedzę lub umiejętności do oceny wiarygodności źródeł, z których te informacje pozyskują. W ten sposób tworzy się opór i nieufność względem rozwiązań technologicznych , nawet jeśli ich skutki dla gospodarki, społeczeństwa czy środowiska są jednoznacznie pozytywne. Takim przykładem jest stosunkowo wysoki opór społeczny do szczepionek przeciw COVID-19. W Polsce osiągnięto jeden z niższych poziomów szczepień w Europie[29], także dlatego, że skuteczne były działania dezinformacyjne i fake-newsy.

## Trendy rozwojowe w Polsce

Polska jako kraj rozwinięty (według kryteriów OECD) jest miejscem, w którym da się zaobserwować obecność trendów rozwojowych. Ich dojrzałość oraz opis stanu został przedstawiony już wcześniej. W tej części skupiono się na pogłębieniu charakterystyki trendów rozwojowych wyłącznie na terenie i w warunkach Polski. Dodatkowe kryteria opisu obejmują takie elementy jak:

- Potencjał – określa możliwości dalszego rozwoju trendu w Polsce z uwzględnieniem stanu ich zaawansowania w innych regionach świata, wymagań i oczekiwań wynikających z obowiązujących umów międzynarodowych i nastawienia społeczeństwa czy stanu lub kierunków rozwoju technologii w kraju i za granicą.
- Potrzeby – prezentują działania lub obszary, które wymagają zaadresowania w celu realizacji potencjału trendu rozwojowego. Potrzeby mogą mieć wymiar technologiczny – rozwoju brakujących technologii, administracyjny – wsparcia regulacyjnego i inwestycyjnego w określonych obszarach lub społeczne – prowadzenie działań informacyjnych w celu jak najszerszej adopcji trendu i jego utrwalenia.
- Wyzwania – wynikają z porównania potencjału oraz potrzeb wobec możliwości kluczowych dla rozwoju trendu aktorów. Często przedstawiają także zjawiska niezależne od tychże aktorów które mogą warunkować dalszy rozwój trendu. Do takich zjawisk możemy zaliczyć wieloletnie cykle inwestycyjne, czy zjawiska demograficzne, które silnie uzależniają dalszy rozwój społecznego wymiaru trendów.
- Konsekwencje/Efekty – przedstawiają pozytywne skutki dalszego rozwoju trendu w Polsce wynikające z wykorzystania potencjału, zaadresowania potrzeb i pokonania wyzwań.

Koncepcja podobnego przedstawienia trendów rozwojowych w Polsce powstała na etapie warsztatów oraz konsultacji eksperckich już po zamknięciu listy trendów. Odpowiada ona na potrzebę syntetycznego przedstawienia informacji, które zostały zebrane w trakcie spotkań. Poniższa klasyfikacja stanowi wypadkową wielu zróżnicowanych poglądów na przyszłość trendów rozwojowych w Polsce i podsumowuje najczęstsze oraz najciekawsze obserwacje. Celem tego zestawienia nie było przedstawienie oryginalnego wkładu, ale raczej usystematyzowanie opinii i podkreślenie tych zdań, które były podbudowane wiedzą respondentów oraz znalazły potwierdzenie w opiniach ekspertów.

[29] https://ourworldindata.org/covid-vaccinations

Tabela 10 Stan trendów rozwojowych w Polsce

| Trend rozwojowy | Potencjał | Potrzeby | Wyzwania | Konsekwencje / Efekty |
|---|---|---|---|---|
| **Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu** | Potencjał rozwoju OZE – zwłaszcza w zakresie źródeł wiatrowych na lądzie oraz morzu. Rozwijane są także konkurencyjne technologie oparte o nowoczesne materiały (perowskity) | Zwiększenie udziału energii odnawialnej w ogólnym bilansie energetycznym, modernizacja infrastruktury energetycznej, zmniejszenie eksploatacji środowiska naturalnego na potrzeby energetyki | Zapewnienie odpowiednich zachęt finansowych do implementacji kosztownych technologii, utrzymanie ogólnej konkurencyjności gospodarki | Poprawa środowiska naturalnego. Dodatkowa płaszczyzna konkurowania w szczególności na atrakcyjnych rozwiniętych rynkach. |
| **Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu** | Ze względu na poziom zaawansowania technologii w krajach rozwiniętych w Polsce potencjał tego trendu jest ograniczony. Obejmuje on głównie produkcję podzespołów do samochodów elektrycznych oraz prace nad alternatywnymi paliwami | Kompleksowa i zintegrowana (obejmujące wszystkie środki transportu oraz wszystkich kluczowych interesariuszy) strategia rozwoju zrównoważonego i czystego transportu.<br>Inwestycje w infrastrukturę.<br>Regulacje administracyjne wspomagające rozwój zrównoważonego i czystego transportu | Zagospodarowanie tzw. niezrównoważonych elementów systemu transportowego. Budowa infrastruktury | Odejście od. tradycyjnego transportu w stronę zautomatyzowanych systemów transportowych i logistycznych, w tym znaczące zmiany w zakresie transportu miejskiego |
| **Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym** | Potencjał ze względu na wciąż szerokie możliwości skalowania rozwoju OZE wynikające z częściowego (regionalnego) pokrycia ich zasięgiem. Intensywnie rozwijane są technologie energetyczne oparte o wodór (magazyny energii) | Inwestycje w odnawialne źródła energii, sieci przesyłowe oraz system magazynowania i przetwarzania energii.<br>Inwestycje w technologie zwiększające efektywność energetyczną.<br>Regulacje prawne wymuszające wzrost udziału energii odnawialnej i alternatywnej oraz uruchomienie odpowiednich programów | Długie cykle inwestycyjne występujące w systemie energetycznym.<br>Utrzymanie systemu zachęt i dotacji dla indywidualnych użytkowników OZE | Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej pozwoli na wzmocnienie wzrost gospodarki w perspektywie długofalowej oraz poprawę jakości życia w Polsce.<br>Redukcja uzależnienia z tradycyjnych źródeł energii. |
| **Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom** | Potencjał związany z rozwijaniem technologii monitorowania zanieczyszczeń oraz budowy systemów neutralizacji negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko. Potencjał w zakresie technologii przetwarzania odpadów. | Edukacja społeczeństwa oraz wprowadzenie rozwiązań ograniczających negatywne skutki niepożądanych zjawisk pogodowych (np. zbiorniki retencyjne i przeciwpożarowe) | Zmiana źródeł pozyskiwania energii, co jest związane również z bezpieczeństwem energetycznym kraju<br>Konieczność rozbudowy systemu bezpieczeństwa i wsparcia infrastruktury | Rozwój tego trendu docelowo ma służyć ratowaniu planety i życia na ziemi. W krótszej perspektywie powinien także przyczynić się do zwiększenia dobrostanu społeczeństwa oraz zmniejszenia kosztów skutków katastrof |

| Trend rozwojowy | Potencjał | Potrzeby | Wyzwania | Konsekwencje / Efekty |
|---|---|---|---|---|
| **Rozwój zrównoważonego społeczeństwa** | Potencjał w zakresie rozwijania technologii opartych o aplikacje oraz narzędzia informatyczne w administracji, inteligentnych systemach miejski oraz automatyce procesów | Rozwój technologii smart-city, zacieśnianie współpracy na poziomie lokalnym, wspieranie oddolnych inicjatyw, budowanie pozytywnych postaw wobec technologii | Zahamowanie i odwrócenie negatywnych trendów demograficznych, budowa kosztownej infrastruktury | Zmniejszanie nierówności społecznych, zwiększanie inkluzyjności, poprawa jakości życia |
| **Rozwój rolnictwa** | Potencjał w zakresie produkcji maszyn rolniczych oraz rozwoju technologii wsparcia rolnictwa z wykorzystaniem IoT | Wsparcie rolników, w tworzeniu grup rolniczo-producenckich.<br>Potrzeby inwestycyjne, w szczególności w nowoczesne, efektywne nowe rozwiązania technologiczne. | Wzrost produktywności rolnictwa i zwiększenie wydajności gospodarstw małoobszarowych<br>Włączenie rozproszonych gospodarstw do systemu GOZ | Skrócenie łańcuchów logistycznych związanych z dostarczaniem żywności.<br>Większy udział profesjonalnych, nowoczesnych i efektywnych gospodarstw rolnych. |
| **Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa** | Potencjał rozwoju aplikacji i oprogramowania w oparciu o wysoko wykwalifikowaną kadrę uniwersytecką oraz biznesową | Rozwój potencjału ludzkiego, w szczególności zdolnego do kreowania i rozwijania aplikacji cyfrowych.<br>Dostęp do rynków międzynarodowych odbiorców oraz rynków finansowych. | Wykreowanie globalnych liderów opracowujących i wdrażających aplikacje rozwiązań cyfrowych w różnych obszarach gospodarki i życia społecznego.<br>Zdolność do aktywnego działania na dynamicznie zmieniających się rynkach | Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa pozwoli na przyszły wzrost konkurencyjności gospodarki.<br>Pojawienie się potrzeby radzenia z „problemami społecznymi” powstały w wyniku cyfryzacji społeczeństwa. |
| **Zapewnienie bezpieczeństwa** | Potencjał w zakresie rozwoju kryptografii oraz budowy systemów cyberbezpieczeństwa | Budowa stabilnych ekosystemów bezpieczeństwa i wzmacnianie ich wzajemnej wydajności (np. rozwój kryptografii na potrzeby zastosowania we wszystkich obszarach bezpieczeństwa)<br>Rozwój i retencja kompetencji w zakresie bezpieczeństwa<br>Budowanie kompetencji u wszystkich użytkowników systemów, także końcowych | Szybkie wypieranie starych technologii i powstawanie nowych | Zapewnienie ciągłości działania przemysłu, infrastruktury oraz administracji, zmniejszenie zagrożeń dla użytkowników indywidualnych |

| Trend rozwojowy | Potencjał | Potrzeby | Wyzwania | Konsekwencje / Efekty |
|---|---|---|---|---|
| **Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej** | Potencjał dotyczący rozwoju cyfrowych systemów zarządzania, monitoringu, diagnostyki oraz zarządzania danymi medycznymi | Zwiększanie kompetencji i poszerzanie kadry medycznej.<br>Rozszerzanie kompetencji pracowników medycznych<br>Opracowanie i wdrożenie strategii rozwoju wysokiej jakości opieki zdrowotnej, w tym strategii rozwoju poszczególnych rodzajów placówek (szpitali, przychodni, itd.).<br>Zwiększenie finansowania opieki zdrowotnej również poprzez stworzenie uwarunkowań prawnych finansowania opieki zdrowotnej z różnych źródeł. | Redukcja braków kadrowych w systemie opieki zdrowotnej.<br>Zwiększenie środków finansowania systemu opieki zdrowotnej.<br>Starzenie się społeczeństwa.<br>Uodpornienie systemu opieki zdrowotnej na obecną i przyszłe pandemie. | Ograniczenie lub skuteczniejsze eliminowanie części chorób cywilizacyjnych,<br>Wydłużenie życia oraz poprawa jego jakości. |

Przedstawiona powyżej tabela zawiera syntetyczną charakterystykę trendów rozwojowych, w kontekście ich znaczenia dla polskiej gospodarki z uwzględnieniem perspektywy czasowej do 2040 r. Każdy trend został scharakteryzowany na podstawie poniższych kryteriów:

- Potencjał rozwojowy trendu;
- Potrzeby niezbędne do rozwoju trendu oraz potrzeby zaspokajane przez trend;
- Wyzwania związane z wdrożeniem trendu;
- Konsekwencje związane z rozwojem danego trendu.

Poszczególne kryteria wzajemnie się nie wykluczają. Przedstawioną syntezę wykonano w sposób jakościowy. Poniżej przedstawiono zakresy poszczególnych kryteriów oraz ogólną ocenę trendów rozwojowych według danego kryterium.

### Potencjał rozwojowy trendu

Potencjał rozwojowy trendu, stanowi podstawowe kryterium oceny trendu rozwojowego. Kryterium te składa się z następujących podkryteriów:

- Zdolność do generowania konkurencyjnych w skali globalnej produktów i usług przez podmioty krajowe bądź konsorcja koordynowane przez podmioty krajowe, w obecnym i przyszłych okresach;
- Konkurencyjność polskiego rynku, charakteryzującego się oczekiwaniami co najmniej na poziomie globalnym;
- Potencjał zaplecza technologicznego, finansowego, know-how i innego umożliwiającego wsparcie podmiotów na poziomie co najmniej europejskim.

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na wyłonienie trendów rozwojowych o największym potencjale rozwojowym jest oddziaływanie otoczenia na procesy gospodarcze zachodzące w kraju. Obecnie, taki wpływ można zaobserwować w odniesieniu do wszystkich trendów rozwojowych w sposób bezpośredni bądź pośredni związanych ze środowiskiem naturalnym, tj. „Rozwój gospodarki przyjaznej środowisku", „Rozwój zrównoważonego i czystego transportu", „Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym", Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom", „Rozwój zrównoważonego społeczeństwa", „Rozwój rolnictwa".

Przy ocenie potencjału rozwojowego poszczególnych trendów warto poddać analizie prawdopodobieństwo istnienia bądź pojawienia się w przyszłości krajowych podmiotów-liderów w skali globalnej, które mogłyby zostać „motorami napędowymi" takiego trendu. Warto jednak zwrócić uwagę, że pojawienie się lidera bądź liderów uzależnione jest od specyfiki branży, której dotyczy dany trend oraz posiadanych w Polsce (obecnie bądź w przyszłości) kompetencji i wiedzy niezbędnych do rozwoju danego trendu. Z tego też względu rozwój trendów pt. „Rozwój zrównoważonego i czystego transportu" oraz „Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym" uzależniony jest od zdecydowanej i konsekwentnej polityki Państwa oraz od zaangażowania dużych podmiotów w większości kontrolowanych przez Państwo, gdyż rozwój tych trendów wymaga rozwoju nowoczesnej infrastruktury oraz nowych regulacji. Podobnie sytuacja kształtuje się w odniesieniu do trendów pt. „Zapewnienie bezpieczeństwa" oraz „Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej", gdzie również bez aktywnej roli Państwa trudno sobie wyobrazić znaczący postęp.

Są jednak obszary, gdzie najważniejszym czynnikiem mającym wpływ na trend rozwojowy są przede wszystkim kompetencje oraz zdolność do konkurowania na rynkach globalnych, a dodatkowo wielkość podmiotu nie odgrywa tak znaczącej roli. Mając powyższe na uwadze, w świetle niniejszego kryterium trendami charakteryzującymi się największym potencjałem rozwoju są:

- Rozwój rolnictwa;
- Postępująca cyfryzacja społeczeństwa.

## Potrzeby związane z wdrożeniem trendu oraz potrzeby zaspokajane w wyniku rozwoju trendu

Kryterium to opisuje jakie działania i czynniki są potrzebne i konieczne dla rozwoju trendu, a w szczególności:

- Poziom wymaganych inwestycji;
- Kompetencje, wiedzę i doświadczenie zasobów ludzkich;
- Potrzeby infrastrukturalne;
- Oczekiwania wobec Państwa w zakresie regulacji bądź uruchomienia programów pobudzających rozwój danej branży;
- Inne specyficzne dla poszczególnych branż, a co za tym idzie dla poszczególnych trendów rozwojowych.

Dodatkowo, kryterium to dotyczy również potrzeb jakie podmioty działające w ramach danego trendu zaspokajają bądź będą zaspokajać w przyszłości.

W tym kontekście najbardziej atrakcyjne są trendy odnoszące się do potrzeb społecznych i rynkowych szczególnie widocznych w kontekście polskiej gospodarki. Należy również wskazać, że atrakcyjne są te trendy, dla których zaspokojenie/zrealizowanie zidentyfikowanych potrzeb jest najbardziej realne i nastręcza względnie najmniej trudności.

Rozwój trendów pt. „Rozwój zrównoważonego i czystego transportu", „Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym" oraz „Zapewnienie bezpieczeństwa" uwarunkowane są sporymi inwestycjami oraz dużymi potrzebami infrastrukturalnymi. Rozwój tych trendów zależy również w dużym stopniu od programów koordynowanych na szczeblu rządowym i międzynarodowym.

W przypadku danych kryteriów istotny jest bilans kosztów związanych z rozwojem trendu oraz potrzeb, które zostaną zaspokojone w ramach jego rozwoju. Mając powyższe na uwadze, trendami najbardziej spełniającymi niniejsze kryterium są:

- Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa;
- Zapewnienie bezpieczeństwa.

## Wyzwania związane z wdrożeniem trendu

Wyzwania bezpośrednio związane są potrzebami niezbędnymi do rozwoju trendu. Należy je rozumieć jako zidentyfikowane trudności, które hamują/utrudniają rozwój i upowszechnienie analizowanego trendu, a których przezwyciężenie jest niezbędne dla zapewnienie rozwoju danego trendu. Najczęściej wyzwania związane są z brakiem zasobów bądź kompetencji, które należy zbudować „od zera", a które mają kluczowy wpływ na dany trend.

W tym aspekcie najbardziej atrakcyjne są trendy, dla których zidentyfikowane wyzwania są względnie rozpoznane i wiadomo, jak do nich podchodzić oraz jakie działania z nimi związane należy podejmować.

Dodatkowo w ramach tego kryterium należy wziąć pod uwagę tzw. ryzyka związane z rozwojem trendu, a przede wszystkim ryzyka zewnętrzne, np. działania podejmowane przez inne, szczególnie duże państwa. Jednocześnie należy zwracać uwagę na zdolność do podejmowania tychże działań, które wiążą się z potrzebami, które należy przezwyciężać. Wydaje się, że trendami o największych wyzwaniach są to przede wszystkim trendy pt. „Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom", „Rozwój zrównoważonego społeczeństwa" oraz „Zapewnienie bezpieczeństwa".

Trendami o najmniejszych wyzwaniach, a tym samym charakteryzujących się największymi szansami sukcesu prze wdrażaniu są:

- Zwiększenie udziału energii odnawialnej i alternatywnej w ogólnym bilansie energetycznym;
- Rozwój zrównoważonego i czystego (ekologicznego) transportu;
- Zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej.

## Konsekwencje

W świetle tego kryterium należy uwzględnić skalę oraz horyzont konsekwencji tych pozytywnych jak również negatywnych związanych z rozwojem danego trendu. Przykładowymi konsekwencjami danego trendu może być, skrócenie bądź zmiany obecnych łańcuchów dostaw, deregulacja rynku, czy poprawa jakości życia.

Dodatkowo, warto zdawać sprawę, że np. rozwój cyfryzacji będzie wymagać zwrócenia bacznej uwagi na cyberbezpieczeństwo, a rozwój elektrycznych środków transportu będzie wymagał zajęcia się problemem odzyskiwania surowców i recyklingiem odpadów. Natomiast z drugiej strony rozwój cyfryzacji społeczeństwa będzie dodatkowym motorem rozwoju innych trendów, np. związanych z nowoczesnymi usługami medycznymi czy poprawą jakości życia. Ponadto w trakcie analizy konsekwencji trzeba też wziąć pod uwagę przyszłe zmiany w życiu społecznym, gospodarce, środowisku itd. nie powstałe w wyniku realizacji trendu i ich zależności z poszczególnymi trendami rozwojowymi.

Kolejnym istotnym czynnikiem jest zdolność do przezwyciężenia konsekwencji poszczególnych trendów zarówno biorąc skalę krajową jak i globalną. Oczekiwane są przede wszystkim konsekwencje długofalowe i stabilne.

Trendy rozwojowe najbardziej adekwatne w odniesieniu do wyżej omówionego kryterium, to:

- Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa;
- Rozwój rolnictwa;
- Zapewnienie bezpieczeństwa.

## Nisze rynkowe

Zagadnienie potencjalnych nisz rynkowych było poruszane w trakcie desk research, analizy wyników prac B+R, badań terenowych, oraz w rozmowach z ekspertami specjalizującymi się w kwestiach związanych z rozwojem nowych technologii. **Celem badań było zidentyfikowanie specjalistycznych rozwiązań lub obszarów gospodarki, na który istnieje zapotrzebowanie**, a które mogłyby być z powodzeniem rozwijane w Polsce – np. z uwagi na potencjał endogeniczny w danej dziedzinie.

W trakcie realizacji prac projektowych przyjęto, że nisza rynkowa przede wszystkim dotyczy produktów oferowanych na rynku, charakteryzujących się jakimiś szczególnymi właściwościami, które wyróżniają je w stopniu pozwalającym uznać, że tworzą one segment rynku sui generis. Często oznacza to także, że produkty niszowe klienci skłonni są zapłacić wyższą cenę. Z tego też względu, rozważając o niszach rynkowych trzeba mieć na uwadze, że dotyczy to obecnych okresów, ew. bliskiej przyszłości. Warto też mieć na uwadze, że nisza rynkowa charakteryzuje się ograniczonym potencjałem rynkowym, tj. dużym prawdopodobieństwem, że popyt na specyficzne produkty jest ograniczony.

Mając na uwadze specyfikę niniejszego badania, skupiono się na produktach oferowanych w niszach, których specyficzne właściwości, a tym samym przewaga konkurencyjna w dużej mierze wynika z wykorzystywanych technologii.

W czasie badania **starano się wyznaczyć takie nisze** dla **identyfikowanych trendów**, jednak wielokrotnie spotykano się z opiniami, **że podejście uwzględniające nisze rynkowe jest przedwczesne na etapie analizy trendów rozwojowych oraz technologicznych**.

Efektywne wykorzystanie nisz rynkowych wiąże się z doskonałą wiedzą nt. obecnych i przyszłych charakterystyk produktów oraz potrzeb rynkowych. Wiedza o rynku, jego segmentach, właściwościach poszczególnych segmentów jest kluczowa do operowania w niszach rynkowych. W przypadku produktów technologicznych, o dużym nasyceniu technologii i dla których właściwości i przewaga konkurencyjna zależy od technologii zaimplementowanych w tych produktach wiedza o obecnych i przyszłych technologiach również

niezbędna. W szczególności wiedza nt. możliwości i ograniczeń technologii wykorzystywanych w konkurencyjnych produktach pozwolić może na skuteczne działanie w niszach. Z tego też względu kluczową kompetencją operowania w niszach rynkowych jest zdolność do inkorporacji technologii w produktach (obecnych i przyszłych).

Na etapie identyfikacji i analizy globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii możliwe jest antycypowanie w jakich obszarach w przyszłości będzie można podejmować próbę identyfikacji konkretnych nisz rynkowych – jeśli wsparcie obszarów niszowych będzie wynikało ze strategicznych założeń polityki rozwoju. Punktem wyjścia do rozważań w tym zakresie jest uwzględnienie następujących czynników:

- obszary dotychczas wspierane jako inteligentne specjalizacje (zarówno na poziomie krajowym jak i regionalnym),

- relatywnie niskie bariery wejścia na rynek,

- potencjał intelektualny i biznesowy w danej dziedzinie.

**W toku badań, zarysowały się pewne obszary, które można spróbować scharakteryzować przy użyciu pojęcia nisz rynkowych**. Były one identyfikowane głównie w toku spotkań warsztatowych zarówno z konsumentami jak i twórcami technologii. Badania te miały charakter jakościowy. W Polsce wysoki potencjał rozwoju mają przede wszystkim rozwiązania w obszarze technologii informacyjnych. Wynika to z faktu, że próg wejścia dla takich rozwiązań jest stosunkowo niski[30], a także z faktu, że potencjał intelektualny oraz biznesowy w branży ICT jest wysoki. Ponadto należy zwrócić uwagę, że technologie ICT mają szerokie zastosowanie w różnych obszarach gospodarki i życia społecznego, co oznacza liczne możliwości zastosowania rozwijanych technologii. Technologie ICT mogą być rozwijane w różnych branżach – od wsparcia procesów biznesowych (ośrodki BPO oraz Shared Services), przez rozwój technologii kosmicznych, opracowanie gier video, po rozwiązania w medycynie – np. oprogramowanie wspierające proces leczenia kardiologicznego czy neurologicznego.

Innym przykładem atrakcyjnych nisz, mogą być **technologie związane z oczyszczaniem środowiska**. Jest to bardzo szeroki wachlarz technologii w ramach, którego istnieje możliwość skupienia się na wybranych rodzajach zanieczyszczenia. Dodatkowo, ciekawą niszą mogą być technologie związane z odzyskiwaniem z odpadów pierwiastków rzadkich. W świetle ogólnej presji na ograniczenie zużycia energii, wszystkie rozwiązania w tym zakresie mogłyby atrakcyjnie obecnie i w przyszłości.

W obszarze trendów związanych z **rolnictwem** mogą to być innowacyjne czujniki, w tym bio-sensory i sensory optyczne; zintegrowane interoperacyjne systemy zarządzania gospodarstwem, łączące wszystkie elementy prowadzenia gospodarstwa, jak również autonomiczne systemy robotyczne, realizujące wybrane operacje w gospodarstwie w sposób automatyczny, potencjalnie niewymagający interwencji człowieka. Obszar zrównoważonego rolnictwa w Polsce rozwijany jest przy współpracy innowacyjnych start-up'ów (np. rozwijających technologie wykorzystania dronów lub zdjęć satelitarnych do monitorowania upraw) z ośrodkami badawczymi – np. Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk czy też Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa z Puław lub Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

W zakresie **inteligentnych materiałów** ciekawą niszą może być połączenie aplikacji do druku 3D z projektowaniem i wytwarzaniem nowych materiałów. Dotyczy to na przykład tworzyw sztucznych. Dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu parametrów materiału możemy uzyskać dodatkowy efekt ekologiczny, a także jakościowy w postaci możliwości zyskania nowego zastosowania. Przykładem takiego zastosowania może być pozyskanie superabsorbentów z gliceryny co pozwala na szerokie wykorzystanie materiału np. w medycynie oraz zachowanie ekologicznych właściwości. Warto zauważyć, że branża tworzyw sztucznych rozwija się szczególnie w województwie kujawsko-pomorskim, które wspiera jej rozwój poprzez włączenie tworzyw sztucznych do regionalnych inteligentnych specjalizacji.

[30] Należy jednak zwrócić uwagę, że o ile próg wejścia na rynek jest stosunkowo niski, o tyle uzyskanie skalowalności rozwiązań stanowi istotne wyzwanie, dlatego, że na rynku jest bardzo duża konkurencja.

W zakresie **żywności** w Polsce dopiero rozwija się segment tak zwanej żywności funkcjonalnej. Wynika to częściowo z braku dostępu do takich technologii jak utrwalanie z wykorzystaniem ciśnieniowania. Jednak opracowanie konkurencyjnych metod może pozwolić na wykorzystanie polskiego rynku rolnego i wprowadzenie nowych kategorii produktów. Sektor rolno-spożywczy nie tylko jest silnie reprezentowany w Polsce, ale dodatkowo produkcja zdrowej żywności wysokiej jakości jest wśród regionalnych inteligentnych specjalizacji 10 regionów.

W zakresie **technologii medycznych** niszą rynkową mogą być informatyczne systemy diagnostyczne oraz operacyjne dla aparatury medycznej (np. diagnostycznej). Dodatkowo rozwijane mogą być technologie z zakresu miniaturyzacji czy terapii celowanej (np. miejscowego i precyzyjnego podawania leków lub substancji w obrębie wyizolowanych obszarów). Na uwagę zasługuje także branża rozwiązań robotycznych z zastosowaniem w medycynie. Opracowywane są rozwiązania, które mają ogromny potencjał rynkowy, jednak barierę często stanowią koszty związane z dopuszczeniem rozwiązań do użytku (tzw. certyfikacja urządzeń i produktów medycznych).

W przypadku OZE niszą rynkową mogą być różnego rodzaju pompy ciepła a także rozwiązania oparte o technologie aerotermalne, geotermalne czy hydrotermalne. Dotyczy to zwłaszcza zastosowania tych technologii w budownictwie. A dodatkowo, w połączeniu z nowoczesnymi systemami zarządzania energią, trend ten otwiera bogate możliwości rozwoju.

## Trendy rozwojowe oraz technologiczne w Polsce – stan i lokalizacja

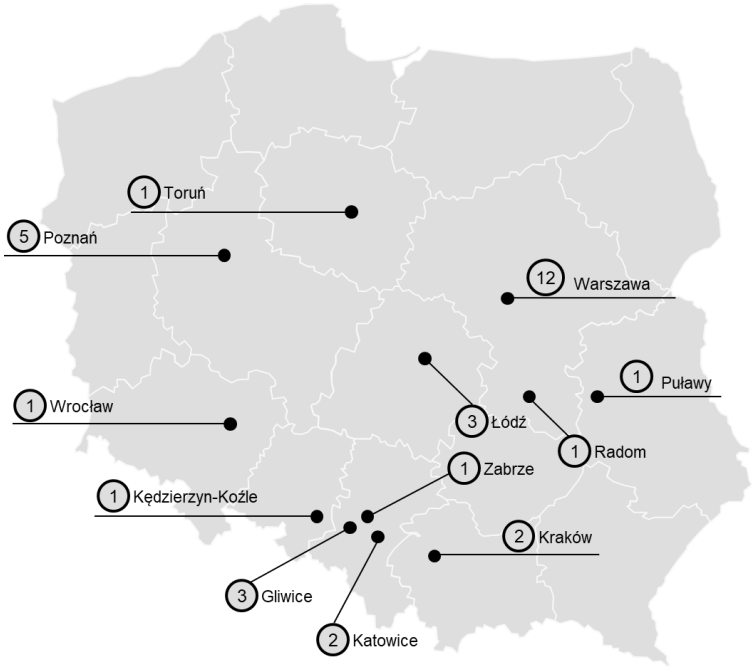
Rozwój trendów technologicznych oraz rozwojowych, a także gotowość do ich wprowadzania odgrywają niezwykle istotną rolę w rozwoju poszczególnych regionów oraz całego kraju. Rozwój ten opiera się o modernizację sektora publicznego, zwiększanie produktywności oraz konkurencyjności przedsiębiorstw, identyfikację i adresowanie wyzwań społecznych w celu ciągłego wzrostu jakości życia. Skuteczny rozwój oraz implementacja trendów zależy od budowy silnych regionalnych i krajowych ekosystemów wsparcia innowacji. W Polsce takie systemy są tworzone, jednak napotykają one na pewne bariery. Pod względem instytucjonalnym w polskim systemie transferu technologii można zaobserwować słabe powiązanie sfery nauki oraz B+R z gospodarką. Poza utrudnieniem samego rozwoju technologii i ich komercjalizacji wpływa to na fakt, że znacząca większość trendów rozwija się na terenach zurbanizowanych, w okolicach większych miast i ośrodków naukowo-biznesowych. Oddziałuje to na nierównomierne rozprzestrzenianie się technologii tylko w najlepiej rozwiniętych regionach. Duże ośrodki sprzyjają zdolności kreowania i wdrażania innowacji, nie powinny one jednak znacząco pogłębiać różnic pomiędzy obszarami silnie zurbanizowanymi i pozostałymi częściami kraju. W Polsce nierównomierność ta w głównej mierze wynika z dostępności uniwersytetów, sąsiedztwa klastrów przemysłowych oraz parków naukowo-technologicznych. Warto zauważyć, że dzięki uzyskaniu unijnych dotacji rozwinęły się oraz stopniowo uzyskują coraz większe wpływy parki technologiczne w mniej zaawansowanych technologicznie regionach, takich jak obszar wschodniej Polski, czego przykładem może być Lubelski Park Naukowo Technologiczny.

Przykładem trendów, które są nieproporcjonalnie zaawansowane na obszarach najlepiej rozwiniętych są trendy dotyczące medycyny. W małych (poniżej 20 tys. mieszkańców) oraz średnich (20 tys. – 100 tys. mieszkańców) miastach trendy te są słabo zauważalne, a dostępność nowoczesnych usług znikoma. W najbliższych latach możemy spodziewać się zwiększenia obszaru ich odziaływania na średnie miasta poprzez tworzenie i rozwój już istniejących placówek. Analogicznie zachowują się trendy związane z cyfryzacją, cyberbezpieczeństwem oraz energią, których gwałtowny rozwój na obszarach zurbanizowanych stopniowo rozlewa się na obszary o mniejszym stopniu zurbanizowania.

Zdecydowanie mniej jest trendów, które swoim zasięgiem obejmują jednolicie całą Polskę, zwłaszcza jej mniej zurbanizowane regiony. Możemy jednak wyróżnić tu trend rozwojowy „Rozwój rolnictwa". Jest on obecny w równej mierze, na obszarze całego kraju, co spowodowane jest dużymi dofinansowaniami dla regionów wiejskich, jak również zaostrzającymi się przepisami prawnymi powiązanymi z tą dziedziną. Co ciekawe jest on także obecny w miastach za sprawą upowszechniania miejskiego rolnictwa wertykalnego, będącego w Polsce nowością i być może w przyszłości znaczącą konkurencją dla rolnictwa tradycyjnego (ciekawymi rozwiązaniami jest np. hortiterapia czy farmy dachowe w miastach, miejskie ule). Trendem przejawiającym się nie tylko na silnie zurbanizowanych obszarach jest również trend rozwojowy „Przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom". Wynika to z rosnącej świadomości społecznej oraz znaczącego wpływu władz małych gmin, otrzymujących środki finansowe na rozwój w obszarze tego trendu. Mapa 2 prezentuje geograficzny rozkład

ośrodków badawczych opartych o sieć Łukasiewicz, które zlokalizowane są w najsilniej zurbanizowanych i rozwiniętych obszarach Polski.

Mapa 2 Mapa ośrodków badawczych sieci Łukasiewicz




Wśród omawianych trendów technologicznych oraz rozwojowych można wskazać trendy zdecydowanie wyróżniające się pod względem perspektyw rozwoju na tle pozostałych.

**Jednymi z najprężniej rozwijających się i przyszłościowych są trendy powiązane z branżą IT, cyfryzacją** oraz sztuczną inteligencją. Ich rozwój jako jednych z nielicznych nie został spowolniony przez pandemię COVID-19, lecz dodatkowo został przyspieszony. Wysoka dynamika w zakresie rozwoju oraz wykorzystania technologii cyfrowych powoduje, że konieczne jest uwzględnianie kolejnych aspektów związanych z cyfryzacją takich jak cyberbezpieczeństwo, zwiększanie mocy obliczeniowej urządzeń, ale także uwzględnienie zwiększonego wykorzystania energii. Polska posiada wielu specjalistów w zakresie tworzenia oprogramowania oraz oferuje możliwości kształcenia uniwersyteckiego na wysokim poziomie, więc rozwój trendów IT jest stale obecny i perspektywiczny. Polska uważana jest za kraj o sporym potencjale do rozwoju w ramach cyfrowej gospodarki opartej na wiedzy i innowacjach, będąc atrakcyjnym rynkiem dla zagranicznych inwestorów, zarówno startupów jak i korporacji. Przyspieszająca cyfryzacja społeczeństwa przejawia się w Polsce zwłaszcza w obszarze bankowości oraz e-commerce. . Polskie aplikacje oraz przedsiębiorstwa działające w tych branżach dostarczają rozwiązania, które lokalnie konkurują z największymi firmami w tych obszarach. Rozwiązania te są szeroko adoptowane i wykorzystywane przez społeczeństwo, co przyczynia się do ich dalszego rozwoju i skalowania działalności. Obecnie część rozwiązań z branży e-commerce jest wprowadzana także na rynki europejskie.

Również **trendy powiązane z medycyną i farmaceutyką** oraz powiązane z nimi branże posiadają ogromne perspektywy rozwoju. W Polsce zaobserwować można wzrost poziomu życia przy jednoczesnym starzeniu się społeczeństwa. Wymusza to wzmacnianie gospodarki opartej o trendy związane z rozwojem zrównoważonego społeczeństwa, w tym zwłaszcza w aspektach demograficznych oraz senioralnych. Pozwoli to na sprostanie wyzwaniom demograficznych oraz podniesienie jakości życia osób starszych dzięki nowoczesnej rehabilitacji, opieki, dostępu do lekarstw i terapii. Dodatkowo w całym społeczeństwie można spodziewać się wzrostu popytu na usługi medyczne, leki i suplementy diety wśród osób aktywnych zawodowo. W Polsce działają zaawansowane ośrodki medyczne, które zapewniają odpowiedni poziom kształcenia pracowników medycznych oraz lekarzy, co sprzyja implementowaniu nowoczesnych technologii oraz kreowania innowacyjnych rozwiązań. Konkurencyjny rynek medycyny prywatnej wymusza na państwie wdrażanie innowacji również w publicznej służbie zdrowia.

W najbliższych latach **stan gospodarki i społeczeństwa będzie także w dużej mierze zależał od rozwoju rolnictwa oraz gospodarki przyjaznej środowisku naturalnemu**. Konieczność ta jest warunkowana przede wszystkim udziałem rolnictwa w tworzeniu PKB w Polsce, które jest relatywnie wysokie na tle Unii Europejskiej (2.5% wobec 1.6 w 2020 r. według danych Banku Światowego) oraz zatrudnieniem w rolno-spożywczym sektorze wynoszącym 9% na tle nieco ponad 4% na poziomie całej UE w 2019 r. W długiej perspektywie można spodziewać się dalszego odchodzenia od rolnictwa tradycyjnego. Wpływ na rozwój trendu i powiązanych z nim technologii ma także jakość oraz dostępność wykształcenia w dziedzinach związanych z rolnictwem, leśnictwem oraz rybołówstwem. Na dalszy rozwój zrównoważonego rolnictwa w Polsce silny wpływ będą wywierać także trendy powiązane ze zmianami klimatycznymi oraz energetyką. Konieczność zmniejszenia negatywnego wpływu tradycyjnej gospodarki na środowisko będzie prowadziła do konieczności poszukiwania innowacyjnych rozwiązań w celu zapewnienia odpowiedniej liczby konsumentów, którzy coraz większą uwagę zwracają do pochodzenia oraz metod uprawy spożywanej żywności. W kontekście rolnictwa oraz geograficznego rozwoju tego trendu konieczne jest umożliwienie dalszej działalności rozproszonych gospodarstw i wspieranie ich współpracy w celu włączenia ich do cyklu GOZ.

# 10. Rekomendacje

Jednym z celów przeprowadzenia analizy globalnych trendów rozwojowych w obszarze technologii było **wypracowanie najważniejszych rekomendacji dla Polski w celu dalszego rozwoju trendów rozwojowych i technologicznych**. Rekomendacje te uwzględniają zarówno globalne zjawiska, które wpływają na rozwój trendów i związane z nimi możliwości prognozowania przyszłego rozwoju oraz polskie warunki administracyjne czy społeczne. Zwrócono także uwagę na uwarunkowania dotyczące samego systemu rozwoju trendów oraz kluczowe kompetencje, która muszą zostać rozwinięte w tym zakresie w Polsce. Rekomendacje zawierają także zestaw trendów, które mają szczególne szanse na rozwój w Polsce wraz z uzasadnieniem. Trendy te oraz uzasadnienie zostały **wypracowane w toku dyskusji eksperckich,** między innymi na podstawie przeprowadzonych badań terenowych. Zwrócono także uwagę na kwestie szczególnie istotne w kontekście zarządzania rozwojem technologicznym na poziomie ogólnokrajowym. Budowa gospodarki opartej o wiedzę oraz rozwój globalnie konkurencyjnych technologii wymaga dalszych zmian na poziomie administracyjnym, społecznym i biznesowym. W rekomendacjach zwraca się też uwagę na priorytetyzację rozwoju pewnych trendów przed innymi. Wynika to ze zidentyfikowanego potencjału polskiej gospodarki oraz sektora innowacji. Rekomendacje te nie stanowią zamkniętego katalogu, ale raczej dotyczą zagadnień szczególnie istotnych z punktu widzenia kolejnych działań, z których najbliższym jest opracowanie foresightu technologicznego z perspektywą do 2040 roku.

| Lp. | Rekomendacja | Obszar | Uzasadnienie | Adresaci |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Wsparcie rozwoju technologii cyfrowych**, wynikających z następujących trendów technologicznych:<br>• Rozwój technologii sztucznej inteligencji (AI), w tym algorytmów i aplikacji;<br>• Rozwój technologii zwiększających moce obliczeniowe urządzeń;<br>• Rozwój technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE);<br>• Rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT), w tym urządzeń i aplikacji IoT;<br>• Rozwój i upowszechnienie aplikacji wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości;<br>• Rozwój technologii kosmicznych;<br>• Rozwój robotyzacji procesów (produkcyjnych i usługowych);<br>• Opracowanie inteligentnych materiałów;<br>• Rozwój narzędzi i metod wykonywania zabiegów małoinwazyjnych oraz robotyzacja zabiegów i operacji;<br>• Opracowanie nowych leków i metod leczenia;<br>• Rozwój zaawansowanych metod wczesnego diagnozowania chorób. | Programowanie / planowanie rozwoju | Najbardziej atrakcyjnymi technologiami są takie, które mają możliwość aplikacji w różnych obszarach gospodarki. Z tego też względu aplikacje cyfrowe oraz technologie wykorzystywane w aplikacjach cyfrowych mogłyby być jednym z najbardziej atrakcyjnych kierunków rozwoju technologicznego. W świetle powyższej analizy są to działania związane z trendem rozwojowym „**Przyspieszająca cyfryzacja**" oraz związanymi z nim trendami technologicznymi.<br><br>Silne skupienie na obszarze cyfrowym nie wynika jedynie z obecnej popularności tego tematu. W wielu wypadkach, jak na przykład w medycynie, produkcja technologii i innowacji opartych o hardware jest bardzo kosztowna, wymaga rozbudowanej infrastruktury, wysokich oraz wieloletnich nakładów na B+R oraz rozbudowanego systemu wdrożeń. Z kolei w przypadku rozwoju narzędzi cyfrowych opartych o software wiele z tych barier zostaje usuniętych lub ograniczonych. Polska dysponuje także, wciąż, relatywnie dobrze wykształconą i wystarczająco liczną kadrą, zaś technologie powstające w obszarze mają relatywnie niski próg wejścia na rynek.<br><br>Jednocześnie ta rekomendacja jest związana bezpośrednio z oczekiwaniami społecznymi zidentyfikowanymi podczas wywiadów i spójnymi dla wszystkich grup analizowanych respondentów. | • minister właściwy ds. rozwoju,<br>• samorządy województw,<br>• inne podmioty prowadzące politykę rozwoju,<br>• ośrodki naukowe i badawcze,<br>• instytucje otoczenia biznesu – jako wspierające m. in. rozwój technologii w przedsiębiorstwach. |

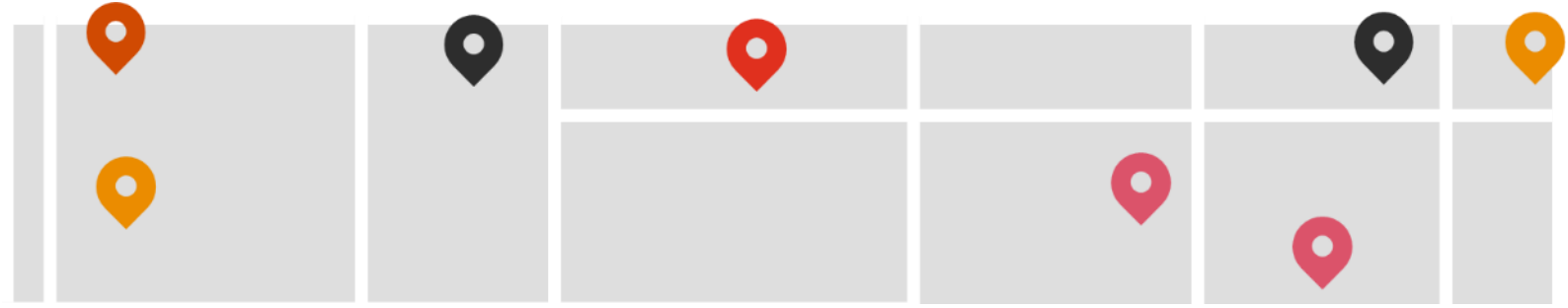
| Lp. | Rekomendacja | Obszar | Uzasadnienie | Adresaci |
|---|---|---|---|---|
| 2 | **Koordynacja kierunków badań naukowych** i technologicznych **z potencjałem** i strategiami rozwoju **przedsiębiorstw** wdrażających i wykorzystujących wyniki prac badawczo-rozwojowych. | Programowanie / planowanie rozwoju | Rekomendacja podsumowuje postulaty zgłaszane podczas prowadzonych badań terenowych. Respondenci wyrażali potrzebę „połączenia" działalności przedsiębiorstw z aktywnością ośrodków naukowych i badawczych. Dostrzega się potencjał Sieci Badawczej Łukasiewicz, której rozwój i wsparcie może przynieść pozytywne rezultaty dla rozwoju gospodarki.<br><br>Najszybszy rozwój innowacyjności gospodarki następuje wtedy gdy prace rozwojowe prowadzone są zarówno w ośrodkach naukowych jak i w przedsiębiorstwach. Bez odpowiedniej koordynacji działania te mogą (i często są) niespójne. Na przykład przedsiębiorstwa działające w branży energetycznej mogą nie być zainteresowane aktywnym zaangażowaniem się w rozwój i wdrażanie energii odnawialnych. Wynika to z faktu, że ich priorytety mogą dotyczyć innych obszarów energetyki jak np. rozbudowa sieci dystrybucji energii. Przy wyborze kierunków rozwoju technologii kluczowymi czynnikami jest czas oraz odpowiedni poziom inwestycji niezbędny do opracowania i wdrożenia technologii. Najbardziej atrakcyjnymi rozwiązaniami będą te, charakteryzujące się najszybszą i największą stopą zwrotu. Do takich zaliczamy technologie wymagające mniejszych nakładów finansowych, a jednocześnie charakteryzujące się krótkimi cyklami opracowania i wdrożenia, np. aplikacje cyfrowe w usługach lub produktach. | • minister właściwy ds. rozwoju,<br>• minister właściwy ds. nauki i szkolnictwa wyższego,<br>• Sieć Badawcza Łukasiewicz |
| 3 | **Skrócenie perspektywy czasowej dokumentów programowych** i wypracowanie mechanizmów zwinnej aktualizacji zawartych rekomendacji. | Programowanie / planowanie rozwoju | Rekomendacja wynika przede wszystkim z analizy czynników wpływających na rozwój trendów rozwojowych, a także z dynamiki rozwoju technologii. Eksperci konsultowani w badaniu podkreślali znaczenie niepewności zarówno w identyfikacji trendów, jak i w planowaniu rozwoju społeczno-gospodarczego. Skrócenie perspektywy czasowej dokumentów lub wypracowanie mechanizmów zwinnej aktualizacji dokumentów strategicznych i programowych jest postrzegane jako narzędzie w zakresie budowania odporności i zbudowania zdolności do szybkiej adaptacji do dynamicznie zmieniającego się otoczenia.<br><br>Obecna sytuacja społeczna, gospodarcza, technologiczna na świecie charakteryzuje się coraz większą dynamiką zmian. Z tego też względu określanie kierunków rozwoju w długiej perspektywie czasowej jest bardzo trudne, czasami wręcz niemożliwe. To samo dotyczy kierunków rozwoju technologicznego. Coraz częściej obserwujemy, że nowe rozwiązanie techniczne jest już przestarzałe w ciągu roku, 2 lat. Również w przypadku sytuacji geopolitycznej przewidywanie rozwoju sytuacji staje się coraz | • minister właściwy ds. rozwoju,<br>• samorządy województw,<br>• inne podmioty prowadzące politykę rozwoju |

| Lp. | Rekomendacja | Obszar | Uzasadnienie | Adresaci |
|---|---|---|---|---|
| | | | trudniejsze.<br><br>W świetle powyższego warto zastanowić się nad skróceniem czasów realizacji projektów w zakresie prognozowania rozwoju technologicznego, w tym foresightu i dużo istotniejszym może być wypracowanie mechanizmów niezwłocznego wdrażania wyników prognozowania.<br><br>Innym, istotnym rozwiązaniem może być utworzenie podmiotu zajmującego się stałym monitorowaniem rozwoju technologii, a projekty foresightu mogłyby mieć charakter badań uzupełniających | |
| 4 | **Rozwój umiejętności z zakresu zarządzania projektami, zwłaszcza w środowisku międzynarodowym** wśród naukowców i innych osób zaangażowanych w prowadzenie prac B+R | Kompetencje przyszłości | Podczas dyskusji w trakcie badań terenowych wskazywano na ograniczony potencjał polskich firm i ośrodków naukowych do kreowania kierunków rozwoju technologii. Jako jedną z przyczyn podawano konieczność zwiększenia zdolności polskich naukowców do zaangażowania w międzynarodowe projekty badawcze, dzięki którym transfer wiedzy także do gospodarki byłby większy.<br><br>Kluczową kompetencją w rozwoju potencjału technologicznego jest zdolność do tworzenia dużych interdyscyplinarnych zespołów badawczych, sprawnie zarządzanych, a jednocześnie mających dostęp do aktualnej wiedzy oraz aparatury technicznej. Dodatkowo, bardzo istotna jest zdolność do współpracy w międzynarodowych zespołach badawczych, a jeszcze ważniejsze są kompetencje związane z zarządzaniem takimi zespołami, tj. zdolność do przyjęcia pozycji lidera.<br><br>W szczególnym stopniu dotyczy to krajów małych i średnich, gdzie praca nad zaawansowanymi technologiami praktycznie nie jest możliwa bez współpracy międzynarodowej. | • minister ds. rozwoju,<br>• minister ds. nauki i szkolnictwa wyższego<br>• minister ds. przedsiębiorczości |
| 5 | **Rozwój kształcenia technicznego** na różnych poziomach edukacji | Kompetencje przyszłości | Wśród subtrendów trendu rozwojowego dotyczącego rozwoju zrównoważonego społeczeństwa znajdują się zagadnienia dotyczące zdolności do uczenia przez całe życie oraz zapotrzebowanie na nowe kompetencje na rynku. Szczególnie twórcy innowacji wskazywali na zapotrzebowanie na kompetencje techniczne obecnych i przyszłych pracowników.<br><br>Zaawansowane systemy, jak np. platformy satelitów wymagają dużego potencjału technicznego i rynkowego. Z tego też względu warto rozwijać kompetencje projektowania i budowy kluczowych podsystemów, ale w tej sytuacji oprócz tzw. wiedzy technicznej | • minister ds. rozwoju,<br>• minister ds. nauki i szkolnictwa wyższego<br>• minister ds. oświaty |

| Lp. | Rekomendacja | Obszar | Uzasadnienie | Adresaci |
|---|---|---|---|---|
| | | | niezbędna jest wiedza i umiejętności związane z zarządzaniem projektami badawczo-rozwojowymi oraz kompetencje w obszarze inżynierii systemów, w dużej mierze sprowadzającej się do zarządzania wiedzą techniczną związaną z opracowaniem i implementacją systemu. Należy także pamiętać, że wiele rozwiązań, które rozwijane są na potrzeby wysoko wyspecjalizowanych sektorów takich jak sektor kosmiczny, znajduje często w długiej perspektywie zastosowanie w innych obszarach. | |
| 6 | **Wsparcie transferu technologii** w celu wdrażania innowacyjnych rozwiązań | Innowacyjność gospodarki / Komercjalizacja B+R | Rekomendacja jest pochodną badań obszarów technologicznych i zastosowania technologii w różnych produktach. Zarówno twórcy innowacji jak i eksperci zewnętrzni konsultowani, z którymi konsultowane były wyniki badań, zwracali uwagę na wysoki potencjał umiejętności związanych z transferem technologii na rynek.<br><br>Potencjał naukowy i badawczy polskich kadr jest relatywnie wysoki w porównaniu do zasobów materialnych (laboratoria, infrastruktura badawcza). Wciąż jednak odczuwalny jest brak kompetencji w zakresie urynkowienia technologii, tworzenia produktów i skalowania działalności.<br><br>Istotną kwestią, która wpłynie na długoterminowy rozwój trendów oraz technologii w Polsce jest zatrzymanie odpływu specjalistów oraz stymulowanie napływu wysoko wykwalifikowanych kadr. Dotyczy to zwłaszcza ekspertów w dziedzinach technologicznych związanych ze zidentyfikowanymi trendami rozwojowymi oraz technologicznymi. Niezwykle istotne w świetle powyższych rekomendacji jest także zwrócenie uwagi na kompetencje związane z zarządzaniem projektami technologicznymi zwłaszcza w wymiarze ich wdrożenia i komercjalizacji. | • minister ds. rozwoju,<br>• minister ds. przedsiębiorczości,<br>• instytucje otoczenia biznesu, w szczególności centra transferu technologii |
| 7 | **Popularyzacja rozwiązań innowacyjnych wśród konsumentów** | Edukacja | Rekomendacja wynika wprost z badań przeprowadzonych wśród konsumentów. Upowszechnienie rozwiązań technologicznych, jak i ich dalszy intensywny rozwój jest warunkowany także przez gotowość odbiorców do ich stosowania.<br><br>W celu wsparcia budowy systemowego podejścia do technologii w Polsce wciąż niezbędne jest dalsze kształcenie konsumentów oraz prowadzenie odpowiednich działań informacyjnych w celu budowania postaw zaufania oraz przełamywania uprzedzeń i nieuzasadnionych obaw przed postępem technologicznym. Działanie to dotyczy wszystkich zidentyfikowanych trendów i powinno mieć charakter ciągły. W tym celu niezbędne jest także | • Podmioty prowadzące i realizujące politykę rozwoju, zarówno na poziomie centralnym, samorządowym, pozarządowym, jak i w sektorze prywatnym |

| Lp. | Rekomendacja | Obszar | Uzasadnienie | Adresaci |
|---|---|---|---|---|
| | | | budowanie zaufania do instytucji publicznych, jako rzetelnych informatorów i godnych zaufania partnerów w tworzeniu i wykorzystywaniu najnowszych technologii. Rekomendacja wynika bezpośrednio z potrzeb szeroko formułowanych przez twórców innowacji. Potrzeby te wskazywane były również przez niektórych odbiorców innowacji. | |
| 8 | **Opracowanie spójnych programów zachęt** dla przedsiębiorców i konsumentów do wdrażania nowych rozwiązań technologicznych, czy prośrodowiskowych | Programowanie / planowanie rozwoju | Uczestnicy badań terenowych zwracali szczególną uwagę, że rozwój i adaptacja nowych technologii jest wyjątkowo trudna gdy nie są one bezpośrednio związane z korzyścią ekonomiczną bądź istotnym ułatwieniem życia dla konsumentów. W praktyce oznacza to, że technologie ważne z punktu widzenia realizacji strategicznych celów wymagają wsparcia w celu ich upowszechnienia.<br><br>W Polsce istotne jest zapewnienie możliwości wdrażania i rozwijania technologii na jak najniższym poziomie. Zarówno w zakresie rolnictwa, które w Polsce jest rozdrobnione, jak i w przypadku OZE czy elektromobilności powinny zostać przygotowane programy wspierające adopcję nowoczesnych technologii przez użytkowników indywidualnych. Jednocześnie działania te powinny być połączone z szerszym planem budowania ekosystemu GOZ, w którym pojedynczy uczestnicy zostaną włączeni w poszczególne segmenty gospodarki opartej na ponownym wykorzystywaniu zasobów. Ten aspekt wskazywany był jednogłośnie przez wielu konsumentów – odbiorców innowacji, jak i innowatorów. | • Podmioty prowadzące politykę rozwoju zarówno na poziomie centralnym, jak i samorządowym |
| 9 | **Wsparcie regulacyjne** w obszarach intensywnego rozwoju technologii | Prawo | Rekomendacja związana jest z upowszechnieniem technologii, ale także z likwidowaniem barier dla ich rozwoju.<br><br>Należy również zwrócić uwagę na konieczność zapewnienia wysokiej jakości regulacji w obszarze technologii. O ich jakości zdecyduje w dużej mierze czytelność, łatwość stosowania, potencjał stymulacji inwestycji oraz szerokość i skuteczność konsultacji społecznych. Ta rekomendacja wynika z potrzeb zidentyfikowanych podczas badań (wywiadów) prowadzonych z twórcami innowacji. | • Podmioty, którym przysługuje inicjatywa ustawodawcza |

# 11. Podsumowanie



Wzrastająca złożoność procesów globalnych prowadzi do coraz ściślejszego przenikania się trendów. O ile podstawowe obszary, które wymagają rozwoju są znane (np. zielone technologie, technologie cyfrowe, zmodernizowane rolnictwo, rozwój medycyny) to **jednym z najważniejszych elementów wpływających na dalszy rozwój społeczno-gospodarczy może być umiejętne wykorzystywanie synergii między technologiami i sprawne aplikowanie nowych rozwiązań na szeroką skalę**. W toku analizy zostało wyróżnionych oraz opisanych **5 megatrendów, 9 trendów rozwojowych oraz 20 trendów technologicznych**.

Jednym z wniosków, który nasuwał się podczas prowadzonych prac badawczych – zarówno analizy desk research, jak i badań terenowych, jest fakt, że każde opracowanie zawierające zestawienie megatrendów, trendów rozwojowych jest owocem prac eksperckich oraz przyjętego podejścia (polegającego m.in. na odpowiednim dostosowaniu optyki badań). Globalne zjawiska, mogą wymykać się liniowej analizie i wymagają złożonych metod badawczych, które są wobec siebie komplementarne. Identyfikacja listy lub klasyfikacji trendów jest wypadkową zrealizowanych badań i przyjętego podejścia. Wynika stąd, że prezentowana lista nigdy nie będzie zamknięta lub kompletna. W zmiennym otoczeniu społeczno-gospodarczym dynamicznie kształtujące się potrzeby będą definiowały prędkość oraz kierunki rozwoju technologii.

W toku prac, podjęto decyzję o szerokim zaangażowaniu przedstawicieli różnych środowisk (przedsiębiorców, naukowców, konsumentów innowacji), realizując tym samym cel komplementarności opinii i weryfikowalności poszczególnych wyników prac. Zaangażowanie ekspertów, którzy na co dzień zajmują się badaniem i prognozowaniem trendów w gospodarce, społeczeństwach czy polityce, umożliwiło potwierdzenie poprawności przeprowadzonych prac i opracowanego zestawienia megatrendów i trendów rozwojowych.

Podczas prac warsztatowych angażujących szerokie grono uczestników, zespół projektowy przeprowadził dalsze badania w celu odniesienia megatrendów, trendów rozwojowych i technologicznych przede wszystkim do polskiej gospodarki. Punktem wyjścia była analiza dokumentów programowych i strategicznych, zarówno polskich jak i organizacji międzynarodowych, których Polska jest członkiem. W trakcie warsztatów potwierdzono prezentowaną listę trendów, pogłębiono ich charakterystykę oraz uzyskano wiele kluczowych informacji w zakresie stanu oraz przyszłości trendów w Polsce.

Zgodnie z przedstawionymi rekomendacjami w Polsce dużym potencjałem wykazuje się rozwój technologii cyfrowych. Wynika to z kilku czynników – wysoka liczba specjalistów oraz poziom ich wykształcenia, wysoki próg wejścia w zakresie pozostałych technologii, głównie opartych o „hardware" i zaawansowane materiały oraz kapitałochłonność badań wskazują na obszar aplikacji oraz software jako perspektywiczny. Dla tego zakresu rozwiązań zdecydowanie istotniejsza jest jakość wiedzy niż infrastruktury badawczo-naukowej, która w Polsce odbiega od wiodących światowych standardów. Istotnym brakiem w tym zakresie, który dotyczy zwłaszcza AI jest brak dużych, krajowych firm, które pracując na własnych danych mogłyby szkolić rozwiązania oparte o big data. Niemniej aplikacje mają wysoki potencjał w zakresie przenikania innych trendów, który powinien zostać maksymalnie wykorzystany. Istotne jest także tworzenie interdyscyplinarnych zespołów między ośrodkami badawczymi, biznesem, uniwersytetami i administracją. Umiejętność sprawnego zarządzania projektami technologicznymi jest nie mniej ważna w procesie wdrażania i skalowania działalności niż sam proces technologiczny. Dopiero to pozwoli na wytworzenie zaawansowanych rozwiązań, zastosowanie ich w kraju i ich rozwój w skali globalnej. W czasie prac badawczych i warsztatowych niejednokrotnie podkreślana była rola zaangażowania administracji poprzez różnego rodzaju zachęty finansowe (podatkowe lub grantowe) oraz legislacyjne w długoterminowym i skutecznym wdrażaniu technologii.

W trakcie badań wielokrotnie podkreślana była **waga dynamicznej sytuacji geopolitycznej**, która wywiera coraz głębszy wpływ na rozwój technologii, gospodarkę oraz życie codzienne. Należy pamiętać, że przedstawione analizy mają nie tylko stanowić podstawę poprawnej identyfikacji trendów, które umożliwią wzrost gospodarczy. Mają one także pomóc w uświadomieniu chaotycznej dynamiki procesów globalnych i **przygotować decydentów na sytuacje nieprzewidywalne**. W tym kontekście warto pamiętać, że w obliczu niepewności dzięki zjawisku przenikania się trendów możliwe jest dostosowywanie zastosowań technologii zgodnie z ich szerokimi obszarami interakcji. Za przykład niech posłużą technologie kosmiczne, gdzie

rozwiązania z dziedziny mechaniki oraz obrazowania pomagają w badaniach nad chorobami cywilizacyjnymi jak Alzheimer. Stworzenie systemu, który wspiera takie szerokie i dynamiczne zastosowania może być istotnym czynnikiem sukcesu. Z faktu tego wynika także, że warto próbować grupować technologie w interdyscyplinarny sposób. Umożliwi to wykorzystanie ich pełnego potencjału i może prowadzić do odkrycia nieznanych dotąd zastosowań.

**Prace projektowe zostały w większości zrealizowane przed 24.02.2022 r.**, czyli dniem wybuchu wojny w Ukrainie. Od tego momentu wszelkie działania dotyczące przyszłości rozwoju technologii są w jeszcze większej mierze podporządkowane rozwojowi czynników geopolitycznych.

Pomimo faktu, że żyjemy w świecie coraz szybciej rozwijającym nową wiedzę i pogłębiającym starą, nie możemy zapominać, że wielowektorowa dynamika procesu globalnego ma tendencje do kreowania sytuacji nieprzewidywalnych. Nie chodzi tu jedynie o coraz częstsze katastrofy klimatyczne, ale o krytyczne wyzwania, które nie mogą zostać trafnie przewidziane. Rozpoczynając realizację prac badawczych w ramach projektu jako wzory takich sytuacji podawaliśmy pandemię COVID-19 czy Brexit, które stanowiły przykłady wyzwań, przed którymi stają współczesne, globalne społeczeństwa. Raport końcowy, podsumowujący zrealizowane prace zostaje przedłożony w drugim tygodniu trwania wojny w Ukrainie, której wybuchu jeszcze niedawno nikt nie przewidywał. Wydarzenia te pokazują z jaką skalą niepewności i zmienności trzeba się mierzyć, także planując politykę rozwojową państwa. Umiejętność prawidłowej oceny sytuacji, elastyczności i dalszego rozwoju zadecyduje o skali przyszłego bezpieczeństwa.