

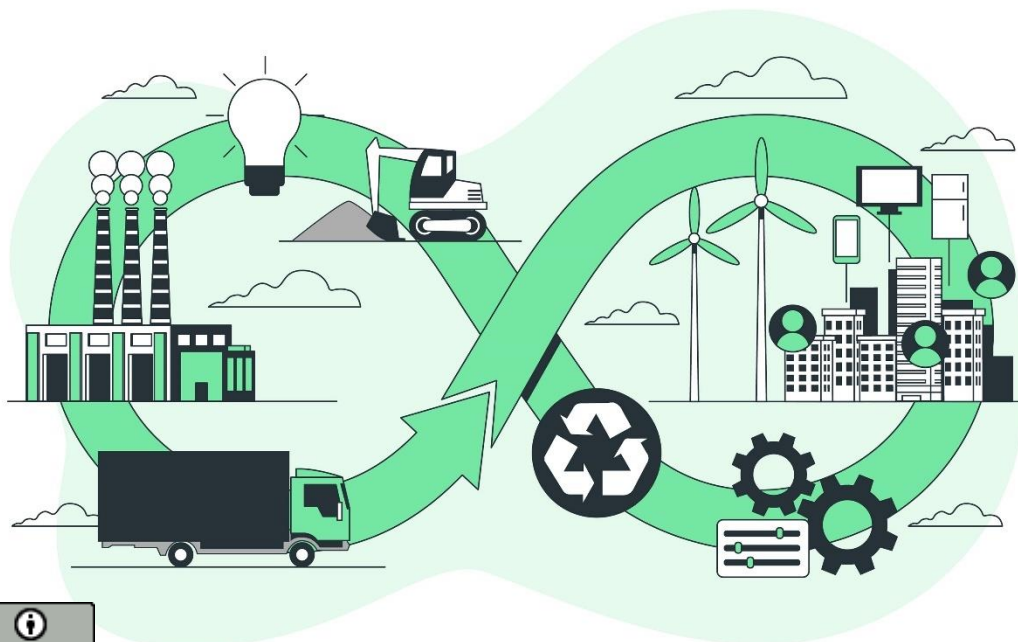


# FReINDs

## RAMY SYMBIOZY CYFROWEJ

Raport badawczy dotyczący cyfrowej symbiozy przemysłowej

Pakiet roboczy nr 2



Ta praca jest dostępna na licencji [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Sfinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Unia Europejska ani EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności.



# SPIS TREŚCI

|                                                                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Wprowadzenie do raportu .....                                                                                 | 5         |
| <b>CZĘŚĆ I: ANALIZA DANYCH - RAMY TEORETYCZNE I KLUCZOWE POJĘCIA</b> .....                                    | <b>7</b>  |
| <b>1 O Symbiozie Przemysłowej</b> .....                                                                       | <b>7</b>  |
| 1.1 Kluczowe cechy symbiozy przemysłowej .....                                                                | 7         |
| 1.2 Różnice w stosunku do tradycyjnego zarządzania odpadami .....                                             | 8         |
| 1.3 Strategie wdrażania symbiozy przemysłowej, wyzwania i kwestie do rozważenia .....                         | 9         |
| <b>2 Przykłady symbiozy przemysłowej</b> .....                                                                | <b>11</b> |
| 2.1 Dobre praktyki i wnioski .....                                                                            | 11        |
| 2.1.1 Przykłady przedstawione w literaturze naukowej .....                                                    | 11        |
| 2.1.2 Przykłady symbiozy przemysłowej w MŚP .....                                                             | 12        |
| 2.1.3 Przykłady symbiozy przemysłowej zidentyfikowane w ramach różnych projektów finansowanych przez UE ..... | 13        |
| 2.1.4 Przykłady dostarczone przez generator łańcucha wartości wspierany przez AI prywatnej firmy .....        | 15        |
| 2.2 Kluczowe wnioski i rekomendacje .....                                                                     | 15        |
| <b>3 O technologiach cyfrowych w symbiozie przemysłowej</b> .....                                             | <b>16</b> |
| 3.1 Wzmacnianie symbiozy przemysłowej poprzez narzędzia cyfrowe .....                                         | 17        |
| 3.1.1 Narzędzia matchmakingowe .....                                                                          | 17        |
| 3.1.2 Platformy online .....                                                                                  | 17        |
| 3.1.3 Inteligentne systemy zarządzania .....                                                                  | 17        |
| 3.1.4 Inżynieria ontologii .....                                                                              | 18        |
| 3.1.5 Platformy cyfrowe Przemysłu 4.0 .....                                                                   | 18        |
| 3.1.6 Technologia blockchain .....                                                                            | 18        |
| 3.1.7 Cyfrowe bliźniaki .....                                                                                 | 18        |
| 3.2 Innowacje cyfrowe napędzające symbiozę przemysłową: Praktyczne studia przypadków .....                    | 19        |
| 3.2.1 Platforma SymbioSyS .....                                                                               | 19        |
| 3.2.2 FLOW2 .....                                                                                             | 19        |
| 3.2.3 InduSym .....                                                                                           | 19        |
| 3.2.4 SHAREBOX .....                                                                                          | 19        |
| 3.2.5 e-Symbiosis .....                                                                                       | 20        |
| 3.2.6 Platforma Symbiosis (ENEA) .....                                                                        | 20        |
| 3.2.7 E-Simbioza .....                                                                                        | 20        |
| 3.2.8 Value Chain Generator (VCG.AI) .....                                                                    | 21        |
| 3.3 Przeshkody we wdrażaniu .....                                                                             | 21        |
| 3.4 Kluczowe wnioski i rekomendacje .....                                                                     | 23        |
| <b>4 Źródła</b> .....                                                                                         | <b>24</b> |
| <b>Część II: Analiza ilościowa – badanie ankietowe przedsiębiorstw w pięciu krajach</b> .....                 | <b>30</b> |
| <b>1 Wprowadzenie</b> .....                                                                                   | <b>30</b> |
| <b>2 Cele analizy</b> .....                                                                                   | <b>31</b> |
| <b>3 Metodologia</b> .....                                                                                    | <b>31</b> |
| <b>4 Wyniki i interpretacja</b> .....                                                                         | <b>32</b> |
| 4.1 Świadomość i znajomość symbiozy przemysłowej (IS) .....                                                   | 32        |
| 4.2 Postrzegana ważność zrównoważonego rozwoju .....                                                          | 32        |



|                                                                                                      |                                                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3                                                                                                  | Zainteresowanie nauką i uczestnictwem .....                                                                                                                        | 33        |
| 4.4                                                                                                  | Zasoby i odpady .....                                                                                                                                              | 34        |
| 4.5                                                                                                  | Bariery w uczestnictwie w inicjatywach symbiozy przemysłowej.....                                                                                                  | 34        |
| 4.6                                                                                                  | Potrzeby w zakresie wiedzy i wsparcia.....                                                                                                                         | 35        |
| 4.7                                                                                                  | Świadomość prawna i wyzwania.....                                                                                                                                  | 36        |
| 4.8                                                                                                  | Narzędzia cyfrowe i ich adopcja.....                                                                                                                               | 37        |
| 4.9                                                                                                  | Czynniki i determinanty gotowości organizacji do symbiozy przemysłowej .....                                                                                       | 38        |
| <b>5</b>                                                                                             | <b>Dyskusja, ograniczenia i dalsze badania .....</b>                                                                                                               | <b>39</b> |
| <b>6</b>                                                                                             | <b>Źródła.....</b>                                                                                                                                                 | <b>41</b> |
| <b>Część III: Analiza jakościowa – wnioski tematyczne z wywiadów częściowo ustrukturyzowanych ..</b> |                                                                                                                                                                    | <b>42</b> |
| <b>1</b>                                                                                             | <b>Wprowadzenie.....</b>                                                                                                                                           | <b>42</b> |
| <b>2</b>                                                                                             | <b>Pytania badawcze .....</b>                                                                                                                                      | <b>43</b> |
| <b>3</b>                                                                                             | <b>Metodologia .....</b>                                                                                                                                           | <b>43</b> |
| <b>4</b>                                                                                             | <b>Wyniki analizy tematycznej .....</b>                                                                                                                            | <b>43</b> |
| 4.1                                                                                                  | Temat 1: Bariery i praktyczne wyzwania .....                                                                                                                       | 43        |
| 4.2                                                                                                  | Temat 2: Innowacje i myślenie strategiczne.....                                                                                                                    | 45        |
| 4.3                                                                                                  | Temat 3: Zaangażowanie i działania lokalne .....                                                                                                                   | 46        |
| 4.4                                                                                                  | Temat 4: Praktyczne doświadczenia i informacje zwrotne od przypadków .....                                                                                         | 47        |
| 4.5                                                                                                  | Temat 5: Platformy i projektowanie ekosystemów .....                                                                                                               | 49        |
| 4.6                                                                                                  | Temat 6: Pełna integracja cyfrowa i automatyzacja .....                                                                                                            | 50        |
| <b>5</b>                                                                                             | <b>Odpowiedzi na pytania badawcze.....</b>                                                                                                                         | <b>52</b> |
| 5.1                                                                                                  | PB1: Jaki jest obecny poziom świadomości i zrozumienia cyfrowej symbiozy przemysłowej wśród MŚP i instytucji?.....                                                 | 52        |
| 5.2                                                                                                  | PB2: Jakie korzyści i możliwości uczestnicy wiążą z wdrażaniem rozwiązań cyfrowej symbiozy przemysłowej?.....                                                      | 53        |
| 5.3                                                                                                  | PB3: Jakie bariery lub wyzwania utrudniają adopcję praktyk cyfrowej symbiozy przemysłowej w MŚP?.....                                                              | 54        |
| 5.4                                                                                                  | PB4: Jakiego rodzaju szkolenia lub wsparcia potrzebują uczestnicy, aby skutecznie zaangażować się w rozwiązania cyfrowej symbiozy przemysłowej? .....              | 55        |
| 5.5                                                                                                  | PB5: Jak uczestnicy postrzegają rolę platform cyfrowych w ułatwianiu współpracy cyrkularnej i współdzielenia zasobów? .....                                        | 57        |
| 5.6                                                                                                  | PB6: Jakie rekomendacje polityczne lub zmiany systemowe sugerują uczestnicy, aby promować cyfrową symbiozę przemysłową na poziomie lokalnym lub regionalnym? ..... | 58        |
| <b>6</b>                                                                                             | <b>Dyskusja .....</b>                                                                                                                                              | <b>59</b> |
| <b>7</b>                                                                                             | <b>Wnioski, ograniczenia i przyszłe badania .....</b>                                                                                                              | <b>61</b> |
| <b>8</b>                                                                                             | <b>Źródła.....</b>                                                                                                                                                 | <b>61</b> |
| <b>Część IV: Studia przypadków – przykłady symbiozy przemysłowej w praktyce.....</b>                 |                                                                                                                                                                    | <b>62</b> |
| <b>1</b>                                                                                             | <b>Od sieci rybackich do mody – Jak AquafilSLO wdraża gospodarkę cyrkularną .....</b>                                                                              | <b>62</b> |
| <b>2</b>                                                                                             | <b>Od butelek do krzeseł – Strategia zrównoważonego projektowania Donar .....</b>                                                                                  | <b>63</b> |
| <b>3</b>                                                                                             | <b>Od inwazyjnych chwastów do notesów – Cyrkularna innowacja Ljubljany .....</b>                                                                                   | <b>65</b> |
| <b>4</b>                                                                                             | <b>Przekształcanie odpadów w energię: Cyrkularne podejście Balticovo do zarządzania obornikiem drobiowym na Łotwie.....</b>                                        | <b>66</b> |
| <b>5</b>                                                                                             | <b>Przekształcanie odpadów tekstylnych i papieru z recyklingu w ekologiczne materiały budowlane .....</b>                                                          | <b>68</b> |



|          |                                                                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6        | Tworzenie wartości z resztek: Zamknięty system biogazu i rolnictwa Agrofirma Tērvete .....          | 70        |
| 7        | Przekształcanie odpadów w rozwój: Cyrkularny model Getliņi EKO dla upraw szklarniowych .            | 72        |
| 8        | Przekształcanie ścieków w wartość: Cyrkularny model dzielnicy garbarskiej w Toskanii .....          | 74        |
| 9        | Przekształcanie odpadów w zasoby: Symbiosis Hub of Manfredonia .....                                | 75        |
| 10       | Papier bez odpadów: Cyrkularne pętle w dzielnicy papierniczej Lucca .....                           | 77        |
| 11       | Zakorzenione w naturze: Jak Sylveco rozwija gospodarkę cyrkularną w polskiej pielęgnacji skóry      | 79        |
| 12       | Przekształcanie odpadów w zasoby: Podejście Derewenda do gospodarki cyrkularnej .....               | 81        |
| 13       | Zamykanie obiegu: Jak Dobis pionieruje gospodarkę cyrkularną w opakowaniach papierowych .....       | 83        |
|          | <b>Końcowe Wnioski .....</b>                                                                        | <b>86</b> |
| <b>1</b> | <b>Synteza wyników .....</b>                                                                        | <b>86</b> |
| 1.1      | Świadomość i zrozumienie symbiozy przemysłowej (IS) oraz cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) ..... | 86        |
| 1.2      | Korzyści i możliwości .....                                                                         | 86        |
| 1.3      | Barieri i wyzwania .....                                                                            | 86        |
| 1.4      | Platformy i narzędzia cyfrowe .....                                                                 | 86        |
| 1.5      | Budowanie zdolności i potrzeby szkoleniowe .....                                                    | 87        |
| 1.6      | Wsparcie polityczne i ekosystemowe .....                                                            | 87        |
| <b>2</b> | <b>Wnioski i implikacje dla praktyki .....</b>                                                      | <b>87</b> |
| 2.1      | Wnioski .....                                                                                       | 87        |
| 2.2      | Implikacje dla praktyki .....                                                                       | 88        |
| 2.2.1    | <i>Dla MŚP i firm .....</i>                                                                         | <i>88</i> |
| 2.2.2    | <i>Dla twórców platform .....</i>                                                                   | <i>88</i> |
| 2.2.3    | <i>Dla decydentów politycznych i władz publicznych .....</i>                                        | <i>88</i> |
| 2.2.4    | <i>Dla dostawców szkoleń i instytucji wspierających .....</i>                                       | <i>88</i> |
| <b>3</b> | <b>Punkty blokujące i plan działań dla wdrożenia cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) .....</b>     | <b>88</b> |
| 3.1      | Punkty blokujące .....                                                                              | 88        |
| 3.2      | Plan działania .....                                                                                | 90        |



# WPROWADZENIE DO RAPORTU

Niniejszy raport przedstawia wszechstronną, wielometodową analizę stanu, potencjału i wyzwań związanych z **cyfrową symbiozą przemysłową** (*Digital Industrial Symbiosis – DIS*), ze szczególnym uwzględnieniem doświadczeń i gotowości małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) w Europie. Opierając się na uzupełniających się źródłach danych – analizie danych, ankiecie międzynarodowej, wywiadach częściowo ustrukturyzowanych oraz studiach przypadków – raport dostarcza solidnych, opartych na dowodach podstaw dla strategicznego podejmowania decyzji, rekomendacji polityk oraz przyszłych badań.

## **Część I: Analiza danych – ramy teoretyczne i kluczowe pojęcia**

Analiza danych syntetyzuje aktualną literaturę naukową, wyniki projektów finansowanych przez UE oraz praktyki stosowane w rzeczywistości w zakresie symbiozy przemysłowej (*Industrial Symbiosis – IS*) i cyfrowej gospodarki o obiegu zamkniętym. Stanowią one podstawę koncepcyjną symbiozy przemysłowej, określając jej charakterystyczne cechy, korzyści oraz integrację z technologiami cyfrowymi. Mapują również powstające narzędzia cyfrowe – takie jak platformy matchmakingowe, systemy planowania oparte na sztucznej inteligencji, blockchain i cyfrowe bliźniaki – oraz oceniają ich rolę w ułatwianiu współdzielenia zasobów i tworzenia symbiotycznych partnerstw. Ponadto w tej sekcji zidentyfikowano czynniki umożliwiające i bariery we wdrażaniu IS zarówno w dużych przedsiębiorstwach, jak i MŚP, ze szczególnym uwzględnieniem zarządzania, wsparcia politycznego i innowacji technologicznych.

## **Część II: Analiza ilościowa – badanie ankietowe przedsiębiorstw w pięciu krajach**

Druga część przedstawia wyniki ustrukturyzowanej ankiety przeprowadzonej wśród 78 organizacji ze Słowenii, Włoch, Łotwy, Polski i Norwegii. Badanie dotyczyło świadomości przedsiębiorstw, gotowości cyfrowej, wykorzystania zasobów oraz zainteresowania praktykami związanymi z symbiozą przemysłową. Analiza pozwoliła określić poziom znajomości symbiozy przemysłowej/cyfrowej symbiozy przemysłowej, postrzegane korzyści, bariery, potrzeby szkoleniowe oraz czynniki instytucjonalne wpływające na zaangażowanie. Wyniki statystyczne pokazują, że świadomość silnie koreluje z gotowością, a kompetencje cyfrowe znacząco wpływają na chęć udziału w inicjatywach symbiozy przemysłowej. Różnice między krajami uwiadcniają wpływ kontekstu, a specyficzne wyzwania MŚP (ograniczone możliwości, brak wsparcia) podkreślają potrzebę dostosowanych interwencji.

## **Część III: Analiza jakościowa – wnioski tematyczne z wywiadów częściowo ustrukturyzowanych**

Trzecia część opiera się na analizie tematycznej 16 pogłębionych wywiadów z przedstawicielami MŚP, instytucji publicznych oraz ekspertami ze Słowenii, Polski, Włoch, Łotwy i Norwegii. Ta jakościowa perspektywa wzbogaca wyniki statystyczne,



dostarczając kontekstowych spostrzeżeń na temat doświadczeń, intencji strategicznych, frustracji technologicznych i lokalnych eksperymentów. Wyłania się sześć kluczowych tematów: (1) bariery i wyzwania, (2) innowacje i transformacja strategiczna, (3) działania lokalne i zaangażowanie, (4) doświadczenia użytkowników (UX) i projektowanie narzędzi, (5) platformy i rozwój ekosystemu, and (6) Integracja cyfrowa i automatyzacja. Wnioski te stanowią cenne wskazówki dla udoskonalania cyfrowych narzędzi IS, modeli zarządzania i działań wzmacniających kompetencje.

#### **Część IV: Studia przypadków – przykłady symbiozy przemysłowej w praktyce**

Ta sekcja prezentuje rzeczywiste przykłady symbiozy przemysłowej (IS) w różnych sektorach i regionach. Każdy przypadek pokazuje, jak firmy i społeczności przekształcają odpady w wartość, wdrażają zasady gospodarki o obiegu zamkniętym oraz wykorzystują innowacje i współpracę na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Struktura każdego studium obejmuje podsumowanie, kontekst, rozwiązanie, wpływ, kluczowe wnioski i punkty dyskusyjne. Przykłady te ilustrują praktyczne korzyści IS – od redukcji emisji po oszczędności kosztów i nowe modele biznesowe. Dostarczają one możliwych do powielenia rozwiązań dla MŚP, decydentów politycznych i innowatorów wdrażających strategię obiegu zamkniętego.

#### **OSTATNIA CZĘŚĆ: WNIOSKI I IMPLIKACJE DLA PRAKTYKI**

Końcowa część raportu syntetyzuje wyniki badań dokumentacyjnych, ankiety, wywiadów i studiów przypadków, podkreślając kluczowe wzorce, luki i praktyczne wnioski. Potwierdza, że choć świadomość symbiozy przemysłowej (IS) i cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) rośnie, pozostaje nierównomierna – szczególnie wśród MŚP. Mimo niskiej znajomości tematu, przedsiębiorstwa dostrzegają potencjalne korzyści, takie jak oszczędności kosztów, innowacje i korzyści środowiskowe.

Jednak bariery systemowe – takie jak brak regulacji, słaba interoperacyjność platform, ograniczone umiejętności cyfrowe i niska jakość danych – nadal utrudniają postęp. Wszystkie źródła danych podkreślają pilną potrzebę ukierunkowanych szkoleń, budowania kompetencji i bardziej sprzyjającego środowiska politycznego.

Raport kończy się rekomendacjami skierowanymi do MŚP, twórców platform, decydentów politycznych i dostawców szkoleń. Wzywa do integracji cyfrowej symbiozy przemysłowej w planowaniu strategicznym, poprawy użyteczności narzędzi cyfrowych, inwestycji w publiczną infrastrukturę cyfrową oraz opracowania praktycznych materiałów szkoleniowych, aby zniwelować luki w wiedzy na temat cyfryzacji i gospodarki obiegu zamkniętego.

W ostatniej sekcji przedstawiono listę tzw. *blokujących punktów (blocking points)* wraz z planami działań mających na celu ich rozwiązanie.





# CZĘŚĆ I: ANALIZA DANYCH- RAMY TEORETYCZNE I KLUCZOWE POJĘCIA

## 1 O Symbiozie Przemysłowej

Symbioza przemysłowa (IS) to podejście oparte na współpracy, w ramach którego branże wymieniają się zasobami, takimi jak produkty uboczne, energia i woda, w celu zwiększenia efektywności wykorzystania zasobów i zmniejszenia wpływu na środowisko. W przeciwieństwie do tradycyjnej gospodarki odpadami, która koncentruje się głównie na utylizacji, Symbioza przemysłowa kładzie nacisk na ponowne wykorzystanie i recykling materiałów w sieciach przemysłowych, przyczyniając się do powstania gospodarki o obiegu zamkniętym. Podejście to nie tylko kieruje odpady ze składowisk, ale także tworzy wartość ekonomiczną z materiałów odpadowych, zmniejsza emisję gazów cieplarnianych i obniża zużycie materiałów pierwotnych. Koncepcja symbiozy przemysłowej wykracza poza zarządzanie odpadami, obejmując optymalizację zasobów, efektywność energetyczną i współpracę przemysłową, co czyni ją podstawową strategią osiągania celów zrównoważonego rozwoju w nowoczesnych gałęziach przemysłu. W miarę jak branże coraz bardziej doceniają korzyści płynące z symbiozy przemysłowej, rośnie potrzeba zrozumienia jej kluczowych cech, zastosowań, wyzwań i roli technologii cyfrowych w jej wdrażaniu.

### 1.1 Kluczowe cechy symbiozy przemysłowej

Symbioza przemysłowa zmniejsza ilość **odpadów**, umożliwiając odzyskiwanie i ponowne wykorzystanie zasobów, które w przeciwnym razie zostałyby zutylizowane. Proces ten redukuje odpady przemysłowe i zapotrzebowanie na wydobywanie nowych surowców, przyczyniając się do bardziej zrównoważonego systemu produkcji (Biswas & John, 2022; Patricio i in., 2022).

Jedną z kluczowych cech **symbiozy przemysłowej** jest **współdzielenie zasobów i efektywność**, w ramach której branże wymieniają się fizycznymi zasobami, takimi jak produkty uboczne, woda czy energia, aby zoptymalizować ich wykorzystanie i zminimalizować odpady (Ulusoy i in., 2024; „Ekologia przemysłowa”, 2022). Taka wymiana sprzyja tworzeniu bardziej zrównoważonej sieci przemysłowej, zapewniając, że materiały, które normalnie trafiłyby na wysypisko, zostają ponownie wykorzystane, co wspiera ochronę środowiska.

**Korzyści ekonomiczne i środowiskowe** odgrywają kluczową rolę w symbiozie przemysłowej, ponieważ przedsiębiorstwa zaangażowane w symbiotyczną wymianę mogą znacząco obniżyć koszty związane z energią, transportem i logistyką. Ponadto symbioza przemysłowa pomaga firmom **efektywniej spełniać wymogi środowiskowe**, jednocześnie zmniejszając zanieczyszczenie i zużycie wody przemysłowej (Ulusoy i in., 2024; Mirata i in., 2024).

Kolejnym fundamentalnym aspektem symbiozy przemysłowej jest jej **integracja z gospodarką o obiegu zamkniętym (GOZ)**, co czyni ją kluczowym mechanizmem w przejściu od gospodarki linearnej do cyrkularnej. Symbioza przemysłowa promuje zrównoważone wzorce produkcji i konsumpcji, zapewniając ciągłe ponowne wykorzystanie materiałów wtórnych zamiast ich utylizacji, zwiększając tym samym zrównoważony rozwój przemysłu (Nyakudya i in., 2023; Nyakudya i in., 2022)).

Ponadto symbioza przemysłowa opiera się na **sieciach współpracy**, które wymagają, aby przedsiębiorstwa działały wspólnie – często w bliskiej odległości geograficznej – w celu wspólnego zarządzania odpadami i wykorzystaniem zasobów. Ta współpraca przynosi obopólne korzyści i zwiększa stabilność operacyjną, szczególnie w regionach o ograniczonym dostępie do surowców ("Industrial Symbiosis: Novel Supply Networks for the Circular Economy," 2022; Nyakudya i in., 2022).

Symbioza przemysłowa obejmuje **różnorodne synergie**, które pozwalają branżom optymalizować wykorzystanie zasobów i minimalizować odpady dzięki różnym formom współpracy:

- **Synergie nieorganicznych produktów ubocznych** – polegają na wymianie materiałów, takich jak złom metalowy, żużel czy chemiczne produkty uboczne, które mogą być wykorzystane przez inną branżę zamiast trafić na wysypisko.
- **Synergie mediów** – koncentrują się na współdzieleniu zasobów, takich jak nadmiar ciepła, para wodna czy woda między partnerami przemysłowymi, co zmniejsza zużycie energii i poprawia ogólną efektywność.
- **Synergie łańcucha dostaw lub wzajemności** – integrują firmy w ramach sieci produkcyjnej, umożliwiając im współdzielenie logistyki, transportu lub opakowań w celu usprawnienia operacji i obniżenia kosztów. Te synergie zapewniają, że przemysłowe produkty uboczne są efektywnie wykorzystywane w różnych zastosowaniach, wspierając zrównoważony rozwój i wzrost gospodarczy przy jednoczesnym ograniczaniu wpływu na środowisko („Ekologia przemysłowa”, 2022).
- **Synergie substytucji** – polegają na wykorzystaniu strumieni resztkowych jednej firmy (np. odpadów lub produktów ubocznych) jako surowców dla procesów innego przedsiębiorstwa. Przykładowo, sąsiedni zakład może wykorzystywać nadmiar ciepła z jednej instalacji, zmniejszając zużycie energii i promując efektywność zasobów (Boquera & Marcos, 2023).
- **Synergie genezy** – odnoszą się do tworzenia nowych działalności lub przedsięwzięć specjalnie zaprojektowanych do wykorzystania strumieni resztkowych istniejących branż. Na przykład utworzenie nowego przedsiębiorstwa przetwarzającego odpady na wartościowe produkty jest przykładem synergii genezy (Boquera & Marcos, 2023).

## 1.2 Różnice w stosunku do tradycyjnego zarządzania odpadami

Symbioza przemysłowa znacząco różni się od tradycyjnego zarządzania odpadami, które koncentruje się głównie na utylizacji odpadów, a nie na ich ponownym wykorzystaniu. Skupienie się na **ponownym użyciu i recyklingu** stanowi kluczową





różnicę, ponieważ tradycyjne zarządzanie odpadami priorytetowo traktuje składowanie na wysypiskach. Symbioza przemysłowa kładzie nacisk na ponowne wykorzystanie materiałów i recykling w ramach sieci przemysłowych, co zmniejsza zapotrzebowanie na wydobycie pierwotnych surowców (Patricio i in., 2022; Kumar, 2022).

Kolejną istotną różnicą jest **proaktywne zarządzanie zasobami**, w ramach którego przedsiębiorstwa w sieci symbiozy przemysłowej aktywnie poszukują możliwości tworzenia synergii, pozwalających na przekształcenie odpadów w zasoby, zamiast traktowania ich wyłącznie jako produktów ubocznych przeznaczonych do utylizacji (Mirata i in., 2024; Petrova, 2022).

Co więcej, symbioza przemysłowa przyczynia się do **tworzenia wartości ekonomicznej i społecznej**, ponieważ nie tylko rozwiązuje problemy środowiskowe, ale także generuje wartość ekonomiczną poprzez redukcję kosztów produkcji, sprzyja tworzeniu zielonych miejsc pracy oraz wspiera lokalne społeczności dzięki zrównoważonym praktykom przemysłowym (Petrova, 2022).

Symbioza przemysłowa jest również **zintegrowana z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym**, zapewniając, że przedsiębiorstwa maksymalizują zrównoważone wykorzystanie zasobów i minimalizują wpływ na środowisko. W przeciwieństwie do tego, tradycyjne zarządzanie odpadami często nie uwzględnia holistycznego podejścia do zrównoważonego rozwoju ("Industrial Symbiosis: Novel Supply Networks for the Circular Economy," 2022; Nyakudya i in., 2023).

### 1.3 Strategie wdrażania symbiozy przemysłowej, wyzwania i kwestie do rozważenia

Aby skutecznie wdrożyć symbiozę przemysłową, przedsiębiorstwa i decydenci polityczni muszą przyjąć ustrukturyzowane ramy, wykorzystać zaawansowane narzędzia cyfrowe oraz rozwiązać specyficzne dla branży wyzwania.

Opracowano różne ramy i modele mające na celu wsparcie przemysłu w tworzeniu efektywnych relacji symbiotycznych. Na przykład **ramy wartości biznesowej** oceniają korzyści ekonomiczne i środowiskowe inicjatyw związanych z symbiozą przemysłową, uwzględniając jednocześnie potencjalne kompromisy. Pomagają one przedsiębiorstwom zrównoważyć oszczędności kosztów, generowanie przychodów i cele zrównoważonego rozwoju, zapewniając, że wymiana symbiotyczna pozytywnie przyczynia się do długoterminowych strategii biznesowych (Mirata i in., 2024; Belykh, 2023).

Z kolei modele opisujące powstawanie i **ewolucję łańcuchów symbiotycznych** pomagają przemysłowi przejść od tradycyjnych liniowych modeli produkcji do współpracujących sieci współdzielenia zasobów. Modele te ułatwiają identyfikację klastrów przemysłowych, które mogą skorzystać na symbiozie przemysłowej, oraz określają najlepsze praktyki wspierające współpracę między firmami.



Zaawansowane **narzędzia cyfrowe** odgrywają kluczową rolę w ułatwianiu wymiany symbiotycznej poprzez optymalizację alokacji zasobów i minimalizację odpadów. Algorytmy sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego analizują dane dotyczące strumieni odpadów, stężeń materiałów i cen rynkowych, aby identyfikować opłacalne wymiany materiałowe, odkrywając tym samym nowe możliwości ekonomiczne i ekologiczne (Makropoulos i in., 2024). Cyfrowe platformy matchmakingowe pomagają przedsiębiorstwom znaleźć odpowiednich partnerów do wymiany zasobów, redukując koszty transakcyjne i poprawiając efektywność łańcucha dostaw. Dodatkowo technologia blockchain zapewnia przejrzystość i możliwość śledzenia transakcji w ramach symbiozy przemysłowej, łagodząc obawy związane z bezpieczeństwem danych i zgodnością z przepisami.

Mimo swojego potencjału, symbioza przemysłowa wiąże się z wieloma wyzwaniami, które należy rozwiązać. Jednym z głównych wyzwań jest **integracja symbiozy przemysłowej z istniejącymi procesami przemysłowymi**. Wiele przedsiębiorstw działa w ramach sztywnych systemów produkcyjnych, które wymagają znaczących modyfikacji, aby umożliwić wymianę symbiotyczną. To wyzwanie wymaga inwestycji w elastyczne technologie produkcyjne oraz przeprojektowanie procesów, aby umożliwić płynne współdzielenie zasobów.

Kolejną istotną barierą jest **konieczność poprawy współpracy i zaufania** między przedsiębiorstwami. Wiele firm niechętnie udostępnia dane o zasobach ze względu na obawy dotyczące utraty przewagi konkurencyjnej. Wdrożenie bezpiecznych ram udostępniania danych i systemów weryfikacji stron trzecich może złagodzić te obawy i zwiększyć przejrzystość w sieciach symbiozy przemysłowej. Ponadto **niespójności regulacyjne** w różnych regionach mogą utrudniać adopcję praktyk symbiozy przemysłowej, co wymaga opracowania ustandaryzowanych polityk i zachęt zachęcających do uczestnictwa.

**Specyficzne dla danego sektora zastosowania symbiozy przemysłowej** pokazują jej wszechstronność i potencjał do napędzania zrównoważonego rozwoju w różnych branżach. Na przykład w sektorze rolno-spożywczym podczas przetwarzania żywności powstają znaczne ilości organicznych produktów ubocznych. Włączając te produkty uboczne do systemów eko-przemysłowych, branże mogą zwiększyć odzysk materiałów i energii, zmniejszając ilość odpadów, jednocześnie tworząc nowe źródła przychodów dla przedsiębiorstw rolnych (Hamam i in., 2023). W sektorze produkcyjnym symbioza przemysłowa umożliwia ponowne wykorzystanie pozostałości produkcyjnych, takich jak złom metalowy lub odpady z tworzyw sztucznych, w surowce dla innych gałęzi przemysłu, zmniejszając w ten sposób zależność od zasobów pierwotnych. Sektor energetyczny również czerpie korzyści z symbiozy przemysłowej poprzez systemy odzyskiwania ciepła i energii, w których ciepło odpadowe z jednego zakładu przemysłowego jest wykorzystywane do zasilania sąsiednich zakładów produkcyjnych, poprawiając ogólną efektywność energetyczną.

Sprostanie tym wyzwaniom związanym z wdrażaniem przy jednoczesnym wykorzystaniu narzędzi cyfrowych i dostosowanych ram będzie kluczem do



powszechnego przyjęcia symbiozy przemysłowej. Branże mogą przejść na bardziej zrównoważone i zasobooszczędne modele produkcji poprzez wspieranie silniejszej współpracy, standaryzację podejść regulacyjnych i inwestowanie w innowacyjne rozwiązania cyfrowe.

## 2 Przykłady symbiozy przemysłowej

### 2.1 Dobre praktyki i wnioski

#### 2.1.1 Przykłady przedstawione w literaturze naukowej

W literaturze naukowej można znaleźć liczne przykłady udanego wdrożenia symbiozy przemysłowej w różnych sektorach.

Jednym z najlepiej udokumentowanych przypadków jest **Kalundborg w Danii**, gdzie wiele przedsiębiorstw uczestniczy w systemowej wymianie zasobów. Model Symbiozy Kalundborg pokazuje, jak przemysłowe odpady i nadwyżki materiałów mogą zostać przekształcone w cenne surowce. Na przykład nadmiar ciepła z elektrowni jest wykorzystywany przez hodowlę ryb do utrzymania optymalnej temperatury wody, a producent płyt gipsowo-kartonowych przetwarza gips pochodzący z elektrociepłowni. Dodatkowo oczyszczone ścieki z zakładu farmaceutycznego są kierowane do ponownego wykorzystania w systemach chłodzenia, tworząc zamknięty ekosystem przemysłowy, który minimalizuje odpady i zwiększa efektywność wykorzystania zasobów (Ulusoy i in., 2024).

Podobnie efektywny model funkcjonuje w **Ekologicznym Parku Przemysłowym Śmiłowo w Polsce**, szczególnie w sektorze rolno-spożywczym. Park specjalizuje się w przetwarzaniu odpadów z produkcji mięsnej na wartościowe produkty wtórne, takie jak biopaliwo z mączki mięsno-kostnej i nawozy. Dzięki innowacyjnym technologiom przetwórczym zakład znacząco redukuje emisję CO<sub>2</sub>, jednocześnie wytwarzając znaczne ilości bioenergii. Rocznie przetwarza około 300 000 ton odpadów mięsnych, produkując 110 000 ton biopaliwa i wytwarzając około 460 000 GJ bioenergii. To nie tylko przyczynia się do zrównoważonej gospodarki odpadami, ale także zwiększa samowystarczalność energetyczną, zmniejszając zależność od nieodnawialnych źródeł energii (Kowalski i in., 2023).

**Hiszpański przemysł ceramiczny**, który wytwarza 95% krajowej ceramiki, również wdraża zasady symbiozy przemysłowej, wykorzystując odpady jako surowce, co jest zgodne z modelami gospodarki o obiegu zamkniętym (Castellet-Viciano i in., 2022). W sektorze tym z powodzeniem integruje się recyklingowane szkło, osady ceramiczne i odpady budowlane do produkcji płytek ceramicznych, zmniejszając zależność od surowców pierwotnych i ograniczając wpływ na środowisko (Castellet-Viciano i in., 2022). Ponadto innowacje w zakresie odzysku ciepła odpadowego i systemów recykulacji wody poprawiły efektywność energetyczną, zminimalizowały emisje i obniżyły koszty produkcji. Te osiągnięcia pokazują, jak symbioza przemysłowa może napędzać zrównoważony rozwój przy jednoczesnym utrzymaniu konkurencyjności przemysłu.



Kolejnym godnym uwagi przykładem jest **rosyjski sektor naftowo-gazowy**, gdzie symbioza przemysłowa jest stosowana do zagospodarowania gazu towarzyszącego (APG). Zamiast spalać APG – co przyczynia się do degradacji środowiska – przedsiębiorstwa przetwarzają i wykorzystują go do tworzenia wartości ekonomicznej (Mironova i in., 2023). Firmy w tym sektorze rozwinęły technologie reiniekcji gazu oraz konwersji gazu do cieczy (GTL), aby wychwytywać i ponownie wykorzystywać APG, zmniejszając emisje i maksymalizując efektywność energetyczną. Wychwycony gaz jest albo wtłaczany z powrotem do złóż w celu zwiększenia wydobycia ropy, albo przetwarzany na cenne paliwa ciekłe i petrochemikalia. Ponadto współpraca między firmami naftowymi a przemysłem petrochemicznym umożliwiła przekształcanie APG w surowce do produkcji chemicznej, minimalizując odpady i sprzyjając współpracy międzysektorowej. To podejście jest zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym, ponieważ zapewnia ciągłe ponowne wykorzystanie produktów ubocznych, zmniejszając zależność od pierwotnych paliw kopalnych i redukując ślad środowiskowy przemysłu.

**W Brazylii, sieć rolnicza** wdraża symbiozę przemysłową, przekształcając odpady w nawozy, co zwiększa wydajność upraw, zmniejsza ilość odpadów trafiających na składowiska i wspiera lokalną gospodarkę (Sahu, 2023). Te przykłady pokazują różnorodne zastosowania symbiozy przemysłowej w różnych branżach i regionach, demonstrując jej potencjał w poprawie zrównoważonego rozwoju i efektywności ekonomicznej.

### 2.1.2 Przykłady symbiozy przemysłowej w MŚP

Symbioza przemysłowa wśród małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) to obszar rosnącego zainteresowania, szczególnie w regionach, gdzie optymalizacja zasobów i redukcja odpadów są kluczowe. Koncepcja ta obejmuje współpracę różnych branż w celu wykorzystania wzajemnych produktów ubocznych, co minimalizuje odpady i zwiększa zrównoważony rozwój. Na świecie istnieje wiele przykładów, które pokazują, jak MŚP angażują się w symbiozę przemysłową, aby osiągnąć te cele. Poniżej przedstawiono kilka znaczących przykładów symbiozy przemysłowej wśród MŚP, z uwzględnieniem ich strategii i rezultatów.

W **Muzaffarnagar w Indiach** klaster papierni, cukrowni i innych produkcyjnych MŚP uczestniczy w symbiozie przemysłowej poprzez wymianę produktów ubocznych. Na przykład odpady z cukrowni są wykorzystywane jako surowiec w papierniach, co zmniejsza ilość odpadów i poprawia efektywność zasobów (Chattopadhyay et al., 2016). Silne więzi społeczne wśród właścicieli firm ułatwiają te wymiany, pokazując znaczenie sieci społecznych w umożliwianiu symbiozy przemysłowej (Chattopadhyay et al., 2016).

**Rusayl Industrial Estate, Oman.** MŚP w Rusayl Industrial Estate badają możliwości wymiany odpadów. Skupiają się na opracowaniu modelu zarządzania odpadami wspierającego symbiozę przemysłową, którego celem jest oszczędzanie zasobów, zmniejszenie zanieczyszczeń i zwiększenie korzyści ekonomicznych (Al-Harrasi et al.,

2017). Wykonalność tych wymian jest oceniana poprzez analizę ekonomiczną, zapewniając, że relacje symbiotyczne są opłacalne finansowo (Al-Harrasi et al., 2017).

**Wykorzystanie rachunkowości kosztów przepływu materiałów (MFCA).** Metoda MFCA jest stosowana do projektowania symbiozy przemysłowej wśród MŚP poprzez analizę przepływów materiałów, energii i kosztów. Podejście to pomaga MŚP skutecznie ocenić ich efektywność środowiskową i planować wymiany symbiotyczne (Astuti et al., 2018). MFCA zostało wykorzystane do oceny i poprawy wyników klastrów MŚP, pokazując jego użyteczność w ułatwianiu symbiozy przemysłowej (Astuti et al., 2018). Chociaż MFCA nie jest jeszcze powszechnie stosowane wśród MŚP, jego potencjał w zakresie oszczędności kosztów i poprawy zrównoważenia czyni go atrakcyjnym narzędziem. Zwiększona świadomość, rozwój technologiczny i wsparcie polityczne to kluczowe czynniki, które mogą zwiększyć jego adopcję w sektorze MŚP.

Chociaż powyższe przykłady pokazują udane przypadki symbiozy przemysłowej wśród MŚP, wciąż istnieją wyzwania, takie jak potrzeba solidnych ram regulacyjnych i zachęt ekonomicznych, aby zachęcić do uczestnictwa. Ponadto integracja lokalnych zasobów i rynków jest kluczowa dla zrównoważenia tych systemów symbiotycznych (Ristola & Mirata, 2007). Rozwój modeli i platform symbiozy przemysłowej, jak w tych przypadkach, dostarcza cennych wskazówek, jak przezwyciężyć te wyzwania i promować zrównoważone praktyki przemysłowe.

Symbioza przemysłowa jest podstawowym elementem gospodarki obiegu zamkniętego. Podkreśla współpracę i strategiczne wykorzystanie zasobów w celu minimalizacji odpadów, optymalizacji efektywności energetycznej i promowania długoterminowego zrównoważenia. Poprzez wspieranie współpracy międzybranżowej, symbioza przemysłowa przekształca tradycyjne systemy produkcji i zarządzania odpadami w połączone, efektywne sieci zasobów.

### *2.1.3 Przykłady symbiozy przemysłowej zidentyfikowane w ramach różnych projektów finansowanych przez UE*

W Europie i poza nią wiele inicjatyw finansowanych przez UE skutecznie zademonstrowało efektywność symbiozy przemysłowej, przynosząc znaczące korzyści środowiskowe i ekonomiczne. Projekty te pokazują, jak przemysł może ponownie wykorzystywać produkty uboczne, dzielić się zasobami energii i tworzyć zamknięte cykle produkcyjne.

Poniższe akapity przedstawiają wzorcowe praktyki ze Słowenii, Finlandii, Włoch i Wielkiej Brytanii, oferując wgląd w ich podejścia, wyniki i szersze efekty. Te studia przypadków ilustrują, jak ukierunkowane wsparcie polityczne, innowacyjna integracja technologiczna i współpraca międzysektorowa mogą napędzać skuteczne wdrażanie symbiozy przemysłowej.

**Donar, Słowenia: Zrównoważona produkcja mebli:** Donar jest przykładem symbiozy przemysłowej, wykorzystując recyklingowany politereftalan etylenu (PET) i filc poliestrowy (PES), przekształcając odpady w zrównoważone meble. Proces ten





zmniejsza zużycie pierwotnych surowców o 15 ton rocznie, jednocześnie produkując nagradzane produkty, takie jak krzesła NicoLess i ChatLoop. Współpraca z firmami recyklingowymi zapewnia stały dopływ surowców, podkreślając efektywność zasobów i odpowiedzialność środowiskową (Europejska Platforma Interesariuszy Gospodarki Obiegu Zamkniętego, 2024).

**AquafilSLO, Słowenia: Ponowne wykorzystanie ciepła dla efektywności energetycznej.** AquafilSLO demonstruje symbiozę przemysłową, ponownie wykorzystując nadmiar energii cieplnej z procesów produkcji włókien syntetycznych. Energia ta jest używana do ogrzewania obiektów, takich jak Vodno mesto Atlantis i HELLA Saturnus Slovenija, co skutkuje redukcją emisji CO<sub>2</sub> o około 3500 ton rocznie. Partnerstwa z lokalnymi organizacjami podkreślają skalowalność i ekonomiczną wykonalność modeli współdzielenia energii (AquafilSLO, 2024).

**Miasto Lublana, Słowenia: Recykling inwazyjnych roślin.** W innowacyjnym podejściu Lublana przekształca japoński rdestowiec, inwazyjną roślinę, w produkty z papieru pochodzącego z recyklingu. Inicjatywa ta łagodzi wpływ na środowisko i wspiera współpracę z lokalnymi instytucjami, takimi jak Instytut Celulozy i Papieru, tworząc zrównoważone alternatywy dla konwencjonalnego papieru (European Circular Economy Stakeholder Platform, 2024).

**Klaster Symbiozy Przemysłowej Kemi-Tornio, Finlandia.** Inicjatywa Kemi-Tornio integruje branże, takie jak leśnictwo, górnictwo i energetyka, w celu ponownego wykorzystania produktów ubocznych przemysłowych do produkcji bioenergii i materiałów, takich jak odzyskane metale. To regionalne podejście tworzy nowe rynki dla wtórnych surowców, jednocześnie zmniejszając emisje CO<sub>2</sub> i generując roczną wartość 200 milionów euro (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).

**LABIO Ltd.: Biogaz z bioodpadów, Finlandia.** LABIO Ltd., największy producent biogazu w Finlandii, przekształca miejskie i przemysłowe bioodpady w biogaz i kompost. Wykorzystanie ciepła odpadowego z procesów kompostowania zwiększa efektywność energetyczną, a partnerstwa z podmiotami publicznymi i prywatnymi podkreślają zrównoważenie i ekonomiczną opłacalność projektu (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).

**Fiński System Symbiozy Przemysłowej (FISS)** FISS ułatwia symbiozę przemysłową, łącząc regionalnych aktorów poprzez warsztaty i bazę danych SYNERGie®. Inicjatywa zaangażowała ponad 700 firm, stworzyła 2500 możliwości synergii oraz promowała efektywność zasobów i nowe przedsięwzięcia biznesowe (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).

**Recykling odpadów z natrysku termicznego na ceramikę, Włochy.** W regionie Emilia-Romagna odpady z procesu powlekania cyrkonem są przekształcane w fryty i szkliwa ceramiczne. Inicjatywa ta zmniejsza koszty surowców i energii dla producentów ceramiki, obniżając koszty produkcji nawet o 40%. Wspólne wysiłki podkreślają możliwość przeniesienia takich praktyk na inne regiony (Interreg Europe Policy Learning Platform, 2024).



**International Synergies Limited (ISL), Wielka Brytania.** ISL jest pionierem symbiozy przemysłowej na świecie dzięki Narodowemu Programowi Symbiozy Przemysłowej (NISP®). Wykorzystując platformę SYNERGie®, ISL umożliwia dopasowanie zasobów, redukuje emisje węglowe i wspiera strategię net-zero. Ich projekty pozwoliły zaoszczędzić 42 miliony ton ekwiwalentu CO<sub>2</sub> w samej Anglii, pokazując transformacyjny potencjał symbiozy przemysłowej na skalę globalną (International Synergies Limited, 2024).

#### *2.1.4 Przykłady dostarczone przez generator łańcucha wartości wspierany przez AI prywatnej firmy*

Narzędzie VCG.AI odegrało kluczową rolę w promowaniu inicjatyw gospodarki obiegu zamkniętego w różnych regionach i branżach. Ich studia przypadków pokazują praktyczne zastosowania Value Chain Generator® w przekształcaniu odpadów w cenne zasoby i wspieraniu zrównoważonych modeli biznesowych (zob. [vcg.ai](https://vcg.ai)).

**Przekształcanie bioodpadów spożywczych w biznes cyrkularny w Macedonii Północnej.** W Macedonii Północnej sektory rolnictwa i przetwórstwa spożywczego generują znaczne ilości organicznej biomasy, która pozostaje niewykorzystana. VCG.AI współpracowało z Izbą Gospodarczą Macedonii Północnej (ECM), aby zidentyfikować kluczowe strumienie odpadów, takie jak wyłoki winogronowe i odpady z produkcji pomidorów. Dzięki analizie VCG.AI zaproponowano ekonomicznie opłacalne procesy konwersji, które przekształcają te odpady w produkty o wysokiej wartości, takie jak pektyny, polifenole i likopen, pożądane w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym. Inicjatywa ta promuje zrównoważone praktyki i otwiera nowe źródła przychodów dla lokalnych firm.

**Rozwój łańcuchów wartości dla biorafinerii w sześciu regionach UE.** Wiodące organizacje z sześciu regionów europejskich współpracowały z VCG.AI, aby rozwijać łańcuchy wartości dla biorafinerii. Wykorzystując Value Chain Generator®, współpraca miała na celu identyfikację i ustanowienie zrównoważonych łańcuchów wartości, które przekształcają biomasę w cenne produkty. Projekt ten podkreśla znaczenie współpracy regionalnej i roli narzędzi cyfrowych w przyspieszaniu przejścia na cyrkularną bioekonomię.

**Prowadzenie regionalnych firm w kierunku cyrkularności: WFG Heilbronn, Niemcy.** W Heilbronn w Niemczech VCG.AI współpracowało z regionalną agencją rozwoju gospodarczego, WFG Heilbronn, aby wspierać lokalne firmy w kierunku praktyk gospodarki obiegu zamkniętego i neutralności węglowej. Wykorzystując Value Chain Generator®, zidentyfikowano możliwości dla firm do wdrażania strategii cyrkularnych, co zwiększa zrównoważenie i konkurencyjność w regionie.

## **2.2 Kluczowe wnioski i rekomendacje**

Skuteczne wdrażanie symbiozy przemysłowej (IS) opiera się na solidnych ramach współpracy, integracji technologicznej oraz wspierających politykach. Partnerstwa



między przemysłem, rządem i instytucjami akademickimi są kluczowe dla optymalizacji wykorzystania zasobów i promowania innowacji. Narzędzia cyfrowe, takie jak SYNERGie®, oraz dostosowane warsztaty usprawniają dopasowywanie i monitorowanie zasobów, umożliwiając skalowalność i adaptację w różnych branżach i regionach.

Zachęty rządowe i finansowanie odgrywają istotną rolę we wspieraniu inicjatyw symbiozy przemysłowej. Projekty takie jak LABIO Ltd. czy Fiński System Symbiozy Przemysłowej (FISS) podkreślają znaczenie partnerstw publiczno-prywatnych w tworzeniu zrównoważonych ekosystemów przemysłowych. Współprace te pokazują, jak dostosowane podejścia mogą być skutecznie stosowane w różnych sektorach i regionach, maksymalizując ich wpływ.

Podkreślone najlepsze praktyki ilustrują transformacyjny potencjał symbiozy przemysłowej w rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym. Poprzez redukcję odpadów, oszczędzanie zasobów i wspieranie współpracy, inicjatywy te ustanawiają wzorce dla zrównoważonego rozwoju i innowacji przemysłowych. Wnioski płynące z tych studiów przypadków stanowią mapę drogową dla interesariuszy do wdrażania skutecznych strategii symbiozy przemysłowej w ich kontekstach.

Jednak sukces symbiozy przemysłowej wymaga przezwyciężenia barier finansowych, technologicznych, regulacyjnych i społecznych. Adopcja technologii cyfrowych może znacząco usprawnić cyfrową symbiozę przemysłową (DIS), ułatwiając wymianę zasobów i podejmowanie decyzji. Ciągłe wsparcie polityczne, współpraca przemysłowa i innowacje technologiczne będą kluczowe dla pełnego wykorzystania potencjału symbiozy przemysłowej na skalę globalną.

Podsumowując, integracja ram współpracy, narzędzi technologicznych i wspierających polityk jest niezbędna dla skutecznego wdrażania symbiozy przemysłowej. Ucząc się z istniejących najlepszych praktyk i adresując obecne wyzwania, interesariusze mogą skutecznie dążyć do bardziej zrównoważonej i zasobooszczędnej przyszłości przemysłowej.

### 3 O technologiach cyfrowych w symbiozie przemysłowej

Technologie cyfrowe znacząco usprawniają symbiozę przemysłową (IS), ułatwiając identyfikację i optymalizację możliwości symbiotycznych (Makropoulos i in., 2024), umożliwiając wymianę informacji w czasie rzeczywistym (Akrivou i in., b.d.) oraz wspierając małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP) poprzez platformy takie jak e-Symbiosis (Cecelja i in., 2015). Sprzyjają także rozwojowi ekosystemów cyfrowej symbiozy przemysłowej (DISE), zwiększając adopcję wśród użytkowników (Kosmol & Leyh, 2021) oraz wykorzystując technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT) do tworzenia bardziej zasobooszczędnych systemów produkcyjnych (Grant i in., 2010).



Chociaż technologie cyfrowe znacząco wzbogacają symbiozę przemysłową, wyzwania związane z dostępnością danych i integracją systemów nadal istnieją. Przewyciężenie tych barier wymaga ciągłych innowacji oraz współpracy między przemysłem, twórcami technologii i decydentami politycznymi. Potencjał narzędzi cyfrowych do transformacji symbiozy przemysłowej jest ogromny, ale jego pełne wykorzystanie wymaga rozwiązania tych wyzwań oraz promowania kultury współpracy i otwartości na nowe technologie.

Technologie cyfrowe znacząco wzmacniają symbiozę przemysłową, ułatwiając wymianę zasobów, optymalizując zarządzanie odpadami i promując zrównoważony rozwój w różnych branżach. Postępy te są widoczne w kilku kluczowych zastosowaniach:

### 3.1 Wzmacnianie symbiozy przemysłowej poprzez narzędzia cyfrowe

#### 3.1.1 *Narzędzia matchmakingowe*

Zaawansowane platformy cyfrowe są zaprojektowane, aby **identyfikować i kwantyfikować potencjał symbiotyczny między branżami**. Narzędzia te proponują opłacalne wymiany materiałów, analizując dane dotyczące objętości strumieni odpadów, składu materiałów i wartości rynkowych. Wykorzystują algorytmy do oceny korzyści ekonomicznych i środowiskowych, odkrywając potencjalne powiązania między producentami odpadów a odbiorcami zasobów. Na przykład nowoczesne narzędzie cyfrowe przedstawione przez Makropoulos et al. (2024) precyzyjnie określa możliwości symbiotyczne między branżami generującymi płynne strumienie odpadów, kładąc nacisk na najbardziej dochodowe połączenia międzysektorowe.

#### 3.1.2 *Platformy online*

Platformy cyfrowe wspierają symbiozę przemysłową, **łączyć branże z różnych regionów**. Wykorzystują inteligentne systemy do rekomendowania synergii, usprawniając proces decyzyjny. Rozwiązują również wyzwania, takie jak dostępność danych i niechęć do korzystania z materiałów wtórnych. Silva i in. (2022) podkreślają rolę takich platform w promowaniu zrównoważonego rozwoju i efektywności ekonomicznej.

Narzędzie SymbioSyS, przedstawione przez Álvarez i Ruiz-Puente (2017), wykorzystuje systemy ICT-web do promowania zrównoważonego wykorzystania zasobów i ułatwiania nawiązywania kontaktów między firmami. Wspiera wykrywanie synergii i dostarcza studia wykonalności, poprawiając wizualizację i mapowanie możliwości symbiozy przemysłowej.

#### 3.1.3 *Inteligentne systemy zarządzania*

Platformy wykorzystujące istniejące modele wiedzy o symbiozie przemysłowej i analizujące potencjalne sieci są kluczowe dla **odkrywania nowych synergii i optymalizacji wymiany materiałów**. Chatzidimitriou i in. (2021) omawiają inteligentne



platformy zarządzania, które wspierają identyfikację i wdrażanie relacji symbiotycznych.

#### 3.1.4 Inżynieria ontologii

Projekt e-Symbiosis wykorzystuje inżynierię ontologii do modelowania przepływów symbiozy przemysłowej i tworzenia usług dopasowujących. To podejście łączy wiedzę ekspertów z danymi uczestników, **tworząc systematyczne rozwiązania dla sieci symbiozy przemysłowej**, szczególnie korzystne dla małych i średnich przedsiębiorstw. Cecelja i in. (2015) szczegółowo opisują, jak ta metoda wzmacnia odkrywanie i realizację możliwości symbiotycznych.

#### 3.1.5 Platformy cyfrowe Przemysłu 4.0

Platformy cyfrowe Przemysłu 4.0 wspierają zrównoważony rozwój środowiskowy **poprzez symbiozę przemysłową, ułatwiając współtworzenie wartości i optymalizację zasobów**, zgodnie z modelami biznesowymi opartymi na zrównoważonym rozwoju. Aquilani et al. (2020) badają, jak te platformy umożliwiają efektywną współpracę branż, zwiększając efektywność zasobów.

#### 3.1.6 Technologia blockchain

Blockchain jest badany jako technologia wspierająca Przemysł 4.0 w rozpowszechnianiu praktyk symbiozy przemysłowej. Literatura omawia wstępne podejście dwuetapowe, **podkreślając potencjał blockchainu do ułatwiania bezpiecznych i przejrzystych transakcji w sieciach symbiozy przemysłowej**.

#### 3.1.7 Cyfrowe bliźniaki

Cyfrowy bliźniak to wirtualna reprezentacja fizycznego obiektu, systemu lub procesu, aktualizowana w czasie rzeczywistym danymi odzwierciedlającymi jego rzeczywisty odpowiednik. Ten dynamiczny model **umożliwia symulację, analizę i kontrolę, dostarczając wglądu w wydajność i potencjalne problemy, zanim się pojawią**.

Wykorzystanie cyfrowych bliźniąt wspiera sieci symbiozy przemysłowej, dostarczając ram dla analizy perspektywy użytkownika przed opracowaniem współpracy w łańcuchu dostaw opartych na cyfrowych bliźniakach. To podejście promuje projektowanie cyfrowych bliźniąt z perspektywy użytkownika, zwiększając współpracę i efektywność w sieciach symbiozy przemysłowej.

Konkretne zastosowania:

- Produkcja: W liniach produkcyjnych cyfrowe bliźniaki monitorują stan sprzętu, przewidują awarie i optymalizują operacje, redukując przestoje i koszty utrzymania.
- Planowanie miejskie: Miasta tworzą cyfrowe bliźniaki środowisk miejskich, aby symulować ruch uliczny, zużycie energii i rozwój infrastruktury, wspierając efektywne planowanie i zarządzanie zasobami.
- Handel detaliczny: Detaliści, tacy jak Walmart, wykorzystują cyfrowe bliźniaki do optymalizacji układów sklepów i poprawy doświadczeń klientów poprzez symulację różnych konfiguracji przed wprowadzeniem zmian fizycznych.



- Opieka zdrowotna: Cyfrowe bliźniaki urządzeń medycznych lub nawet ludzkich organów mogą wspierać planowanie leczenia, predykcyjną diagnostykę i lepsze wyniki dla pacjentów.

### 3.2 Innowacje cyfrowe napędzające symbiozę przemysłową: Praktyczne studia przypadków

Technologie cyfrowe wspierają symbiozę przemysłową (IS), łącząc przedsiębiorstwa, optymalizując wymianę odpadów i usprawniając podejmowanie decyzji dzięki analityce danych (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017; Silva i in., 2022). Ułatwiają wymianę zasobów, takich jak materiały, energia i informacje, między branżami, promując zrównoważony rozwój i efektywność ekonomiczną. Narzędzia te zwiększają przejrzystość, efektywność i śledzenie w ekosystemach przemysłowych. Poniżej przedstawiono przegląd kilku znaczących platform:

#### 3.2.1 Platforma SymbioSyS

Opracowana przez Uniwersytet w Kantabrii, narzędzie SymbioSyS wspiera wykrywanie synergii w ramach symbiozy przemysłowej między firmami. Umożliwia identyfikację i wizualizację potencjalnych współprac opartych na wymianie odpadów i współdzieleniu zasobów. Platforma wspiera zbieranie danych, mapowanie zasobów oraz identyfikację synergii, promując zrównoważone praktyki gospodarki o obiegu zamkniętym. Platforma jest dostępna pod adresem: <https://symbiosys.unican.es/>.

#### 3.2.2 FLOW2

FLOW2 to platforma online, która umożliwia firmom współpracę poprzez wymianę reszkowych strumieni i materiałów. Ułatwiając współdzielenie niewykorzystanych zasobów, firmy mogą pozyskiwać materiały po niższych kosztach, bez zużywania nowych surowców, co promuje symbiozę przemysłową i przyczynia się do gospodarki o obiegu zamkniętym. Platforma jest dostępna pod adresem: <https://www.floow2.com/en.html>.

#### 3.2.3 InduSym

InduSym wspiera zarządzanie obszarami przemysłowymi, ułatwiając cyrkularne połączenia energii, wody i materiałów między regionalnymi firmami. Poprzez zbieranie danych o reszkowych strumieniach w obszarach przemysłowych, InduSym identyfikuje możliwości współpracy oraz doradza i wspiera projekty zorientowane na obszar, aby rozwijać gospodarkę o obiegu zamkniętym. Platforma jest dostępna pod adresem: <https://www.indusym.nl/>.

#### 3.2.4 SHAREBOX

SHAREBOX to platforma online zaprojektowana, aby umożliwić symbiozę przemysłową nowej generacji. Zapewnia bezpieczne środowisko dla firm do zarządzania współdzielonymi zasobami, w tym materiałami, energią i usługami. Platforma oferuje informacje w czasie rzeczywistym i narzędzia decyzyjne, ułatwiające elastyczne





zarządzanie i optymalizację współdzielenia zasobów przemysłowych. Platforma jest dostępna pod adresem: <https://sharebox-project.eu/>. (zobacz także [aspire2050.eu](https://aspire2050.eu))

### 3.2.5 e-Symbiosis

Platforma e-Symbiosis to narzędzie internetowe, które umożliwia użytkownikom uczestnictwo w działaniach symbiozy przemysłowej w celu poprawy efektywności zasobów i zrównoważonego rozwoju. Ułatwia wymianę niewykorzystanych zasobów między firmami, przyczyniając się do realizacji gospodarki o obiegu zamkniętym. Platforma jest dostępna pod adresem <http://esymbiosis.clmsuk.com/> (zobacz także [researchgate.net](https://researchgate.net)). Wykorzystuje technologię do wspierania symbiozy przemysłowej wśród MŚP, stosując inżynierię ontologii do modelowania przepływów symbiotycznych. Systematyzuje rozwój usług dopasowujących, umożliwiając MŚP odkrywanie i wdrażanie innowacyjnych rozwiązań symbiotycznych (Cecelja i in., 2015). Platforma została zweryfikowana na podstawie rzeczywistych danych, pokazując swój potencjał do wzmacniania sieci symbiozy przemysłowej (Cecelja i in., 2015).

### 3.2.6 Platforma Symbiosis (ENEA)

Jest to pierwsza platforma symbiozy przemysłowej we Włoszech. Łączy ponad 80 MŚP, ułatwiając niemal 690 potencjalnych dopasowań zasobów. Platforma pomaga MŚP identyfikować możliwości zastępowania zasobów produktami odpadowymi oraz współdzielenia usług zarządzania odpadami (Cutaia i in., 2015). Inicjatywa podkreśla rolę ram regulacyjnych i uczestnictwa interesariuszy w skutecznym wdrażaniu symbiozy przemysłowej (Cutaia i in., 2015).

Opracowana przez ENEA, Włoską Narodową Agencję ds. Nowych Technologii, Energii i Zrównoważonego Rozwoju Gospodarczego, platforma Symbiosis ma na celu łączenie podaży i popytu na zasoby, aktywując transfery między firmami. Posiada strukturę ekspercką do identyfikacji potencjalnych rozwiązań symbiozy przemysłowej, kompleksowy system informacyjny opisujący dostępne zasoby oraz sieć łączącą różnych interesariuszy. Cele platformy obejmują poprawę waloryzacji odpadów, ułatwianie terytorialnego zarządzania odpadami przemysłowymi oraz promowanie schematów symbiozy przemysłowej. Platforma jest dostępna pod adresem: <http://www.industrialsymbiosis.it/piattaforma>. (zobacz także [interregeurope.eu](https://interregeurope.eu))

### 3.2.7 E-Simbioza

E-Simbioza to inicjatywa mająca na celu torowanie drogi do gospodarki o obiegu zamkniętym poprzez symbiozę przemysłową w Słowenii. Dostarcza wglądu w poziom zrozumienia i wdrażania symbiozy przemysłowej w regionie, promując wymianę niewykorzystanych zasobów między firmami w celu zwiększenia zrównoważonego rozwoju. Platforma jest dostępna pod adresem <http://esimbioza.fis.unm.si/>. (zobacz także [researchgate.net](https://researchgate.net))

### 3.2.8 Value Chain Generator (VCG.AI)

Anteja ECG to międzynarodowa firma konsultingowa z siedzibą w Lublanie, Słowenia, posiadająca dodatkowe biura w Nairobi, Kenia; Stuttgarcie, Niemcy oraz Bostonie, USA. Założona w 2005 roku, firma specjalizuje się w zrównoważonym rozwoju, koncentrując się na projektowaniu i wdrażaniu strategii innowacji oraz modeli biznesowych opartych na gospodarce cyrkularnej, między innymi na optymalizacji łańcuchów wartości i maksymalizacji efektywności zasobów. Anteja opracowała kilka cyfrowych rozwiązań promujących zrównoważony rozwój i przejrzystość w łańcuchach wartości.

Platforma Value Chain Generator (VCG.AI) wykorzystuje sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe, aby łączyć firmy z różnych sektorów i krajów w cyrkularne i odporne łańcuchy wartości. Kolejne rozwiązanie, phy2app, to cyfrowe narzędzie do zapewniania przejrzystości i śledzenia, które pomaga wschodnioafrykańskim przedsiębiorstwom rolnym nawiązywać bezpośrednie relacje handlowe z regionalnymi i globalnymi nabywcami. Ponadto INATrace to open-source'owy system śledzenia oparty na technologii blockchain, który promuje zaufanie i bezpieczeństwo między partnerami handlowymi oraz zwiększa efektywność łańcucha dostaw. Cyfrowe narzędzia są dostępne na stronie: <https://anteja-ecg.com/>.

Poniższa tabela kategoryzuje różne inicjatywy symbiozy przemysłowej na podstawie stosowanych narzędzi i technologii cyfrowych:

| Inicjatywa                           | Narzędzia<br>matchmakingo<br>we | Platformy<br>online | Inteligentne<br>systemy<br>zarządzania | Inżynieria<br>ontologii | Platformy<br>cyfrowe<br>Przemysłu<br>4.0 | Technologia<br>blockchain | Cyfrowe<br>bliźniaki |
|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Platforma<br>SymbioSys               | ✓                               | ✓                   | ✓                                      | ✓                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| FLOW2                                | ✓                               | ✓                   | ✗                                      | ✗                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| InduSym                              | ✓                               | ✓                   | ✓                                      | ✗                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| SHAREBOX                             | ✓                               | ✓                   | ✓                                      | ✗                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| e-Symbiosis                          | ✓                               | ✓                   | ✓                                      | ✓                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| Platforma<br>Symbiosis<br>(Enea)     | ✓                               | ✓                   | ✓                                      | ✗                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| E-Simbioza                           | ✓                               | ✓                   | ✗                                      | ✗                       | ✗                                        | ✗                         | ✗                    |
| Value Chain<br>Generator<br>(VCG.AI) | ✓                               | ✓                   | ✓                                      | ✗                       | ✓                                        | ✓                         | ✗                    |

### 3.3 Przeszkody we wdrażaniu

Chociaż platformy opisane w poprzedniej sekcji odegrały istotną rolę w symbiozie przemysłowej, niektóre z nich zakończyły działalność z powodu wyzwań związanych z zarządzaniem, ograniczeniami finansowymi oraz ograniczoną adopcją przez użytkowników.

Kluczowe wyzwania we wdrażaniu cyfrowych narzędzi symbiozy przemysłowej obejmują problemy z zarządzaniem i polityką, trudności we współpracy wynikające z braku zaufania, niepewności ekonomiczne i rynkowe wpływające na rentowność symbiozy przemysłowej, bariery techniczne i logistyczne związane z integracją



rozwiązań cyfrowych z istniejącymi procesami, a także obawy społeczne i środowiskowe, w tym zgodność z regulacjami oraz akceptacja społeczna (Michellini & Mattelin-Pierrard, 2023).

**Problemy z zarządzaniem i polityką** stanowią znaczące wyzwanie dla cyfrowej symbiozy przemysłowej, ponieważ niespójne regulacje i brak wyraźnego wsparcia rządowego mogą powodować niepewność dla firm chcących przyjąć praktyki symbiozy przemysłowej. Wiele branż boryka się z trudnościami w poruszaniu się po złożonych politykach środowiskowych, które mogą różnić się w zależności od regionu, co utrudnia ustanowienie standardowych podejść do wymiany zasobów i ponownego wykorzystania odpadów.

**Wyzwania we współpracy**, szczególnie brak zaufania między partnerami przemysłowymi, dodatkowo utrudniają adopcję symbiozy przemysłowej. Wiele firm niechętnie dzieli się poufnymi danymi dotyczącymi strumieni odpadów i produktów ubocznych, obawiając się potencjalnych zagrożeń dla ich przewagi konkurencyjnej. Utworzenie przejrzystych kanałów komunikacji i bezpiecznych ram dzielenia się danymi może pomóc złagodzić te obawy i wspierać silniejsze współpracy między branżami.

**Niepewności ekonomiczne i rynkowe** odgrywają kluczową rolę we wdrażaniu symbiozy przemysłowej, ponieważ branże mogą wahać się przed inwestowaniem w nowe narzędzia cyfrowe bez wyraźnych zachęt finansowych lub potwierdzonej rentowności. Wahania kosztów surowców i usług zarządzania odpadami mogą wpływać na opłacalność wymian w ramach symbiozy przemysłowej, co czyni niezbędnym opracowanie solidnych modeli biznesowych, które podkreślają długoterminowe korzyści ekonomiczne.

**Barierę techniczne i logistyczne** również są znaczące, ponieważ integracja rozwiązań cyfrowych z istniejącymi procesami przemysłowymi często wymaga znaczących modernizacji infrastruktury. Wiele firm, zwłaszcza MŚP, nie posiada wystarczającej wiedzy technicznej ani zasobów finansowych, aby skutecznie wdrożyć zaawansowane narzędzia cyfrowe do dopasowywania i monitorowania. Rozwiązanie tych luk poprzez ukierunkowane programy wsparcia i inicjatywy szkoleniowe może przyspieszyć adopcję cyfrowej symbiozy przemysłowej.

**Obawy społeczne i środowiskowe** również muszą być wzięte pod uwagę, w tym zgodność z regulacjami i akceptacja społeczna. Niektóre społeczności mogą sprzeciwiać się inicjatywom symbiozy przemysłowej z powodu postrzeganych ryzyk środowiskowych, takich jak zwiększone zanieczyszczenie lub praktyki ponownego wykorzystania odpadów, które mogą wpływać na zdrowie publiczne. Wzmocnienie zaangażowania interesariuszy i zapewnienie przejrzystych procesów decyzyjnych może pomóc budować zaufanie społeczne i promować szerszą akceptację inicjatyw symbiozy przemysłowej.

Podsumowując, symbioza przemysłowa stanowi obiecującą drogę do zrównoważonego rozwoju przemysłowego poprzez integrację zasad gospodarki



cyrkularnej. Jednak jej skuteczne wdrożenie wymaga przezwyciężenia barier finansowych, technologicznych, regulacyjnych i społecznych. Adopcja technologii cyfrowych może znacząco usprawnić symbiozę przemysłową, ułatwiając wymianę zasobów i podejmowanie decyzji. Ciągłe wsparcie polityczne, współpraca przemysłowa i innowacje technologiczne będą kluczowe dla pełnego wykorzystania potencjału symbiozy przemysłowej na skalę globalną.

### 3.4 Kluczowe wnioski i rekomendacje

Integracja technologii cyfrowych z symbiozą przemysłową (IS) wykazała znaczący potencjał w zwiększaniu efektywności zasobów i zrównoważonego rozwoju w różnych branżach. Zaawansowane platformy cyfrowe, takie jak narzędzia matchmakingowe, analizują dane dotyczące strumieni odpadów i składu materiałów, aby identyfikować opłacalne wymiany między branżami. Na przykład narzędzia opracowane przez Makropoulos i in. (2024) koncentrują się na płynnych strumieniach odpadów, wskazując na dochodowe połączenia międzysektorowe. Platformy online dodatkowo wspierają symbiozę przemysłową, łącząc branże w różnych regionach, wykorzystując inteligentne systemy do rekomendowania synergii oraz rozwiązując wyzwania, takie jak dostępność danych i niechęć do korzystania z materiałów wtórnych. Narzędzie SymbioSyS, przedstawione przez Álvareza i Ruiz-Puente (2017), jest tego przykładem, promując zrównoważone wykorzystanie zasobów i networking między firmami za pośrednictwem systemów ICT-web.

Inteligentne systemy zarządzania wykorzystują istniejącą wiedzę o symbiozie przemysłowej do modelowania i analizy potencjalnych sieci, co jest kluczowe dla odkrywania nowych synergii i optymalizacji wymiany materiałów. Chatzidimitriou i in. (2021) omawiają platformy wspierające identyfikację i wdrażanie relacji symbiotycznych. Inżynieria ontologii, zastosowana w projekcie e-Symbiosis, modeluje przepływy symbiozy przemysłowej i rozwija usługi dopasowujące, łącząc wiedzę ekspertów z danymi uczestników, aby tworzyć systematyczne rozwiązania, szczególnie korzystne dla małych i średnich przedsiębiorstw (Cecelja i in., 2015).

Platformy cyfrowe Przemysłu 4.0 wspierają zrównoważony rozwój środowiskowy poprzez symbiozę przemysłową, ułatwiając współtworzenie wartości i optymalizację zasobów, zgodnie z modelami biznesowymi opartymi na zrównoważonym rozwoju. Aquilani i in. (2020) badają, jak te platformy umożliwiają efektywną współpracę, zwiększając efektywność zasobów. Technologia blockchain jest również badana jako technologia wspierająca Przemysł 4.0 w rozpowszechnianiu praktyk symbiozy przemysłowej, oferując bezpieczne i przejrzyste transakcje w sieciach symbiozy przemysłowej. Ponadto cyfrowe bliźniaki — wirtualne reprezentacje fizycznych systemów aktualizowane danymi w czasie rzeczywistym — dostarczają wglądu w wydajność i potencjalne problemy, zanim się pojawią. Wykorzystanie cyfrowych bliźniaków wspiera sieci symbiozy przemysłowej, oferując ramy do analizy perspektywy użytkownika przed opracowaniem współpracy w łańcuchach dostaw opartych na cyfrowych bliźniakach, zwiększając tym samym efektywność i współpracę.



Praktyczne zastosowania tych cyfrowych innowacji są widoczne w różnych sektorach. W produkcji cyfrowe bliźniaki monitorują stan sprzętu, przewidują awarie i optymalizują operacje, redukując przestoje i koszty utrzymania. Planowanie miejskie wykorzystuje cyfrowe bliźniaki do symulacji ruchu ulicznego, zużycia energii i rozwoju infrastruktury, wspierając efektywne zarządzanie zasobami. Detaliści, tacy jak Walmart, stosują cyfrowe bliźniaki do optymalizacji układów sklepów i poprawy doświadczeń klientów poprzez symulację różnych konfiguracji przed wprowadzeniem zmian fizycznych. W opiece zdrowotnej cyfrowe bliźniaki urządzeń medycznych lub nawet ludzkich organów wspierają planowanie leczenia, predykcyjną diagnostykę i lepsze wyniki dla pacjentów.

Pomimo tych postępów, kilka wyzwań utrudnia powszechne przyjęcie cyfrowych narzędzi symbiozy przemysłowej. Problemy z zarządzaniem i polityką, w tym niespójne regulacje i brak wyraźnego wsparcia rządowego, powodują niepewność dla firm rozważających praktyki symbiozy przemysłowej (Michellini & Mattelin-Pierrard, 2023). Wyzwania we współpracy wynikają z braku zaufania między partnerami przemysłowymi, ponieważ firmy mogą niechętnie dzielić się poufnymi danymi dotyczącymi strumieni odpadów i produktów ubocznych, obawiając się potencjalnych zagrożeń dla ich przewagi konkurencyjnej. Niepewności ekonomiczne i rynkowe również odgrywają kluczową rolę, ponieważ branże mogą wahać się przed inwestowaniem w nowe narzędzia cyfrowe bez wyraźnych zachęt finansowych lub potwierdzonej rentowności. Bariery techniczne i logistyczne są znaczące, ponieważ integracja rozwiązań cyfrowych z istniejącymi procesami przemysłowymi często wymaga znaczących modernizacji infrastruktury. Wiele firm, zwłaszcza MŚP, nie posiada wystarczającej wiedzy technicznej ani zasobów finansowych, aby skutecznie wdrożyć zaawansowane cyfrowe narzędzia do dopasowywania i monitorowania. Obawy społeczne i środowiskowe również muszą być wzięte pod uwagę, w tym zgodność z regulacjami i akceptacja społeczna. Niektóre społeczności mogą sprzeciwiać się inicjatywom symbiozy przemysłowej z powodu postrzeganych ryzyk środowiskowych, takich jak zwiększone zanieczyszczenie lub praktyki ponownego wykorzystania odpadów, które mogą wpływać na zdrowie publiczne.

Aby przezwyciężyć te wyzwania, kluczowe jest ustanowienie standardowych regulacji, zapewnienie zachęt finansowych oraz rozwój solidnej infrastruktury cyfrowej. Wzmocnienie zaangażowania interesariuszy i zapewnienie przejrzystych procesów decyzyjnych może pomóc budować zaufanie społeczne i promować szerszą akceptację inicjatyw symbiozy przemysłowej. Ciągłe wsparcie polityczne, współpraca przemysłowa i innowacje technologiczne będą kluczowe dla pełnego wykorzystania potencjału symbiozy przemysłowej na skalę globalną.

## 4 Źródła

*A comprehensive review of industrial symbiosis.* (2019).  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>





*A Review of Industrial Symbiosis in Influencing Green Manufacturing.* (2022).  
<https://doi.org/10.1109/icmimt55556.2022.9845273>

Akrivou, C., Łękańska-Andrinopoulou, L., Manousiadis, C., Tsimiklis, G., Oikonomopoulou, V., Papadaki, S., Krokida, M., & Amditis, A. (n.d.). Industrial symbiosis marketplace concept for waste valorisation pathways. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234911005>

Albu, A. (2017). *Industrial Symbiosis: An Innovative Tool for Promoting Green Growth* (pp. 1–29). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45081-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45081-0_1)

Al-Harrasi, A., Abu Qasida, A., Al-Qassabi, H., & Shamsuzzoha, A. (2017). *Study of the Possibility to Industrial Symbiosis within Selected Omani SMEs*. 2017. <https://journals.library.ryerson.ca/index.php/icta/article/view/57>

Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Development of the Tool SymbioSyS to Support the Transition Towards a Circular Economy Based on Industrial Symbiosis Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1521–1530. <https://doi.org/10.1007/S12649-016-9748-1>

AquafilSLO. (2024). *Example of a Good Practice in Slovenia*.

Aquilani, B., Piccarozzi, M., Silvestri, C., & Gatti, C. (2020). *Achieving Environmental Sustainability Through Industry 4.0 Tools: The Case of the “Symbiosis” Digital Platform* (pp. 513–539). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1419-1.CH003>

Astuti, R. S. D., & Astuti, A. D. (2018). *Preliminary Design of Industrial Symbiosis of Smes Using Material Flow Cost Accounting (MFCA) Method*. 31, 04008. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/20183104008>

Barile, S., Bassano, C., D'Amore, R., Piciocchi, P., Saviano, M., & Vito, P. (2021). Insights of Digital Transformation Processes in Industrial Symbiosis from the Viable Systems Approach (vSa). *Sustainability*, 13(17), 9696. <https://doi.org/10.3390/SU13179696>

Bauchat Grant, G., Seager, T. P., Massard, G., & Nies, L. (2010). Information and Communication Technology for Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 14(5), 740–753. <https://doi.org/10.1111/J.1530-9290.2010.00273.X>

Boquera, P., & Marcos, Á. (2023). *Industrial Symbiosis Guideline*. AIDIMME. Retrieved from <https://iproduce-project.eu/industrial-symbiosis-guideline/>

Castellet-Viciano, L., Hernández-Chover, V., Bellver-Domingo, Á., & Hernández-Sancho, F. (2022). Industrial Symbiosis: A Mechanism to Guarantee the Implementation of Circular Economy Practices. *Sustainability*, 14(23), 15872. <https://doi.org/10.3390/su142315872>



Cecelja, F., Raafat, T., Trokanas, N., Innes, S., Smith, M., Yang, A., Zorgios, Y., Korkofygas, A., & Kokossis, A. C. (2015). *e-Symbiosis: technology-enabled support for industrial symbiosis targeting SMEs and innovation*. <https://epubs.surrey.ac.uk/804145/>

Chatterjee, A., Brehm, C., & Layton, A. (2021). Evaluating benefits of ecologically-inspired nested architectures for industrial symbiosis. *Resources Conservation and Recycling*, 167, 105423. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.105423>

Chattopadhyay, S., Kumar, N., Fine, C. H., & Olivetti, E. (2016). *Industrial Symbiosis Among Small and Medium Scale Enterprises: Case of Muzaffarnagar, India* (pp. 173–177). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48768-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48768-7_25)

Chatzidimitriou, T., Gentimis, T., Michalopoulos, C., Kokossis, A. C., & Dalamagas, T. (2021). *Intelligent Management Platform for Material Exchange Optimization and Industrial Symbiosis* (Vol. 50, pp. 761–766). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88506-5.50119-4>

Cui, H., & Liu, C. (2017). *Applying industrial symbiosis to chemical industry: A literature review*. 1864, 020090. <https://doi.org/10.1063/1.4992907>

Cutaia, L., Luciano, A., Barberio, G., Sbaffoni, S., Mancuso, E., Scagliarino, C., & La Monica, M. (2015). The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(7), 1521–1533. <https://doi.org/10.30638/EEMJ.2015.164>

Dolgova, O., & Nikitaeva, A. (2023). Industrial Symbiosis as a Way to Solve Environmental Problems in Regions (on the Example of the Russian Black Sea Area). *BIO Web of Conferences*, 63, 03007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236303007>

Duan, Y. (2005). Symbiosis Model: the Strategic Choice of SMEs. *Journal of Yunnan University of Finance and Economics*.

European Circular Economy Stakeholder Platform. (2024). *CEstakeholderEU - European Circular Economy Stakeholder Platform*.

Evans, S., Benedetti, M., & Holgado Granados, M. (2017). *Library of Industrial Symbiosis case studies and linked exchanges*. <https://doi.org/10.17863/CAM.12608>

Ferreira, I., Godina, R., & Carvalho, H. (2020). Waste Valorization through Additive Manufacturing in an Industrial Symbiosis Setting. *Sustainability*, 13(1), 234. <https://doi.org/10.3390/SU13010234>

Golev, A. (2012). *Application of Industrial Ecology Principles for Enhanced Resource Efficiency in Heavy Industrial Areas*. <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:306125>

Haq, H. M. K. U., Välisuo, P., & Niemi, S. (2021). Modelling Sustainable Industrial Symbiosis. *Energies*, 14(4), 1172. <https://doi.org/10.3390/EN14041172>



Hariyani, D., Hariyani, P., Mishra, S., & Sharma, M. K. (2024). Leveraging digital technologies for advancing circular economy practices and enhancing life cycle analysis: A systematic literature review. *Waste Management Bulletin*.  
<https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.06.007>

*Industrial Ecology*. (2022). 167–190. <https://doi.org/10.1002/9781119721079.ch6>

*Industrial Symbiosis: Novel Supply Networks for the Circular Economy* (pp. 29–48). (2022). Emerald Publishing Limited eBooks. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-544-620221002>

International Synergies Limited. (2024). *International Synergies Limited (ISL)*.

Interreg Europe Policy Learning Platform. (2024). *Interreg Europe Policy Learning Platform*.

Isenmann, R. (2009). *Bringing together Environmental Informatics and Industrial Ecology – The role of ICT in industrial symbiosis projects*. 213–216.  
<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/26314>

Isenmann, R., & Chernykh, K. (2009). *The role of ICT in industrial symbiosis projects – Environmental ICT applications for eco-industrial development*. 223–234.  
<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/26316>

Islam, K., Rahman, Md. F., & Islam, K. N. (2016). Industrial Symbiosis: A Review on Uncovering Approaches, Opportunities, Barriers and Policies. *Social Science Research Network*. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2767107](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2767107)

Kosmol, L., & Leyh, C. (2021). *A Conceptual Design for Digital Industrial Symbiosis Ecosystems* (pp. 362–374). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82405-1\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82405-1_35)

Kosmol, L., & Otto, L. (2020). Implementation Barriers of Industrial Symbiosis: A Systematic Review. *Hawaii International Conference on System Sciences*, 1–9.  
<https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.741>

Kowalski, Z., Kulczycka, J., Makara, A., Mondello, G., & Salomone, R. (2023). Industrial Symbiosis for Sustainable Management of Meat Waste: The Case of Śmítőwo Eco-Industrial Park, Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 5162. <https://doi.org/10.3390/ijerph20065162>

Kumar, U. (2022). *Industrial Symbiosis: An Exploration of the Potential of Sustainable Waste Management in the UAE*. <https://doi.org/10.18502/aqf.0189>

Makropoulos, C., Kritikos, N.-A., & Pantazis, C. (2024). Matchmaking for industrial symbiosis: a digital tool for the identification, quantification and optimisation of symbiotic potential in industrial ecosystems. *Frontiers in Chemical Engineering*, 6.  
<https://doi.org/10.3389/fceng.2024.1363888>



Michellini, L., & Mattelin-Pierrard, C. (2023). *Exploring Industrial Symbiosis: an analysis of current critical issues to identify technologies and digital opportunities*.  
<https://doi.org/10.26481/mup.2302.14>

Mirata, M., Lindfors, A., & Kambanou, M. L. (2024). A business value framework for industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.13545>

Mironova, D. Yu., Baranov, I. V., Kapustin, D. S., Kozhukhov, Y. V., & Svinkin, I. A. (2023). Application of industrial symbiosis concept to oil and gas sector on example of associated petroleum gas processing. *Oil and Gas Business*, 21(3), 220–231.  
<https://doi.org/10.17122/ngdelo-2023-3-220-231>

Models of industrial symbiosis formation. (2023). *Upravlenie*, 11(1), 51–63.  
<https://doi.org/10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63>

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2018). *Environmental, Economic, and Social Impact of Industrial Symbiosis: Methods and Indicators Review* (pp. 157–165). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4_15)

Nikitaeva, A. (2023). Digital Technologies and Circular Value Chains for Sustainable Development. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, 169–179.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7_14)

Nyakudya, P., Madushele, N., & Madyira, D. M. (2022). A Review of Industrial Symbiosis in Influencing Green Manufacturing. 80–84.  
<https://doi.org/10.1109/ICMIMT55556.2022.9845273>

Nyakudya, P., Madushele, N., & Madyira, D. M. (2023). *Industrial Symbiosis: A Panacea to Industrial Waste Management Challenges in Harare*. 238–243.  
<https://doi.org/10.1109/icmimt59138.2023.10201222>

Patricio, J., Kalmykova, Y., Rosado, L., Cohen, J., Westin, A., & Gil, J. (2022). Method for identifying industrial symbiosis opportunities. *Resources Conservation and Recycling*, 185, 106437. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106437>

Perillo, G. (2024). Digital and Circular Economy Models. *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences*, 10(2), 061–062. <https://doi.org/10.17352/2455-488x.000085>

Petrova, V. (2022). <i>Industrial symbiosis in raw material sector as an overarching solution in circular economy, 3(3), 61–65. <https://doi.org/10.58903/c16182120>

Rahman, Md. F., Islam, K., & Islam, K. N. (2016). *Industrial Symbiosis: A Review on Uncovering Approaches, Opportunities, Barriers and Policies*. 2(1), 011–019.  
<https://doi.org/10.17352/2455-488X.000009>



Ristola, P., & Mirata, M. (2007). Industrial symbiosis for more sustainable, localised industrial systems. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 4, 184–205. <https://doi.org/10.1504/PIE.2007.015186>

Sahu, R. K. (2023). Industrial Symbiosis: Expanding Waste Reuse in a Brazilian Network of Agricultural Companies. *Sustainability and Climate Change*, 16(1), 36–47. <https://doi.org/10.1089/scc.2022.0099>

Silva, M., Carvalho, T., Gehrke Castagna, A., do Rocio Strauhs, F., & Piekarski, C. M. (2022). The role of online platforms to enable the process of industrial symbiosis: An analysis of tools available in the market. *Cleaner Production Letters*, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2022.100021>

The concept of industrial symbiosis: experience of application in various countries and prospects for implementation in Russia on the example of the Pskov region. (2022). *Naučný Žurnal NIU ITMO*. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2022-16-2-129-141>

Ulusoy, K., Doğan-Sağlamtimur, N., Çiner, F., Sternik, A., & Sekula, P. (2024). Industrial Symbiosis Practices: A Case Study of Türkiye and Denmark. *Environmental Research & Technology*. <https://doi.org/10.35208/ert.1271679>

Vladimirova, D., & Miller, K. (2020). *Enablers and barriers for industrial symbiosis : Lessons learnt from twenty-five case studies* (pp. 305–314). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429346347-33>

Weenen, H. (1999). *Design for sustainable development : practical examples of SMEs*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Office for Official Publications of European Communities. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA40777083>





# CZĘŚĆ II: ANALIZA ILOŚCIOWA – BADANIE ANKIETOWE PRZEDSIĘBIORSTW W PIĘCIU KRAJACH

## 1 Wprowadzenie

Symbioza przemysłowa (IS) jest powszechnie uznawana za kluczową strategię w przejściu na gospodarkę o obiegu zamkniętym. Polega na współpracy między organizacjami w zakresie wymiany zasobów, energii, informacji i logistyki, mając na celu redukcję odpadów, poprawę efektywności zasobów oraz generowanie wzajemnych korzyści ekonomicznych i środowiskowych (Chertow, 2007; Paquin & Howard-Grenville, 2013). Poprzez tworzenie sieci wzajemnie powiązanych firm, które ponownie wykorzystują swoje produkty uboczne i niewykorzystane zasoby, symbioza przemysłowa ułatwia przejście od liniowych modeli produkcji do bardziej zrównoważonych i regeneracyjnych systemów.

W ostatnich latach integracja technologii cyfrowych — takich jak platformy online, sztuczna inteligencja (AI), Internet Rzeczy (IoT) czy blockchain — stała się potężnym narzędziem wspierającym symbiozę przemysłową. Technologie te umożliwiają identyfikację potencjalnych partnerów symbiotycznych, śledzenie przepływów materiałów w czasie rzeczywistym, zwiększają przejrzystość danych oraz automatyzują procesy kontraktowe i zgodnościowe (Yazan i in., 2021; Makropoulos i in., 2024). Na przykład platformy cyfrowe mogą dopasowywać firmy o komplementarnych profilach odpadów i zasobów, podczas gdy blockchain może zapewnić śledzenie i zaufanie w wymianach, szczególnie w złożonych łańcuchach dostaw.

Niniejszy raport przedstawia wyniki ilościowego badania ankietowego przeprowadzonego wśród firm w pięciu krajach europejskich (Włochy, Łotwa, Norwegia, Polska i Słowenia), mającego na celu ocenę ich świadomości, gotowości i zainteresowania symbiozą przemysłową oraz cyfrowymi narzędziami wspierającymi jej wdrażanie. Analiza jest kontekstualizowana przez teoretyczne spostrzeżenia płynące z przeglądu literatury *Digital Industrial Symbiosis: Literature Review* (2025), który syntetyzuje ostatnie postępy w badaniach nad symbiozą przemysłową, transformacją cyfrową i przejściem na zrównoważony rozwój. Raport opiera się na rosnącej literaturze, która wzywa do współpracy międzysektorowej, innowacji cyfrowych oraz wspierających środowisk politycznych, aby w pełni wykorzystać potencjał symbiozy przemysłowej w Europie i poza nią (Bocken i in., 2022; Patricio i in., 2022; Micheline & Mattelin-Pierrard, 2023).

## 2 Cele analizy

Głównymi celami analizy było ocenienie świadomości i gotowości firm do wdrażania symbiozy przemysłowej (IS), ich zainteresowania narzędziami cyfrowymi oraz identyfikacja postrzeganych korzyści, wyzwań i barier. Raport dodatkowo ocenia wpływ umiejętności cyfrowych, doświadczenia praktycznego, czynników instytucjonalnych oraz intensywności współpracy na zachowanie firm w kontekście symbiozy przemysłowej.

## 3 Metodologia

Niniejsze badanie jakościowe opiera się na kwestionariuszu ankietowym opracowanym w ramach projektu. Dane zostały zebrane online za pomocą narzędzia do przeprowadzania ankiet 1KA w okresie od 17 grudnia 2024 r. do 19 marca 2025 r. Analiza opiera się na ustrukturyzowanym kwestionariuszu rozestanym do firm we Włoszech, na Łotwie, w Norwegii, Polsce i Słowenii. Kwestionariusz zawierał pytania dotyczące charakterystyki firm, świadomości i gotowości do symbiozy przemysłowej, korzystania z narzędzi cyfrowych, doświadczeń praktycznych, praktyk współpracy oraz barier we wdrażaniu. Dane zostały przetworzone przy użyciu statystyki opisowej, korelacji Spearmana, testu Kruskala-Wallisa oraz testu chi-kwadrat.

Próba składa się z 78 ważnych odpowiedzi, reprezentujących różnorodne sektory przemysłu. Tradycyjne branże są dobrze reprezentowane, z 19% respondentów z sektora produkcyjnego, 21% z sektora rolno-spożywczego oraz 22% z sektora technologicznego. Warto zauważyć, że 38% respondentów wybrało kategorię „Inne”, co wskazuje na szeroki wachlarz sektorów, w tym doradztwo biznesowe, administrację publiczną, usługi finansowe, badania i rozwój, biotechnologię, zarządzanie odpadami, budownictwo oraz edukację. Sugeruje to, że symbioza przemysłowa obejmuje nie tylko podstawowe sektory produkcyjne, ale także szeroką gamę branż wspierających i opartych na wiedzy.

Z perspektywy wielkości organizacji, próba składa się głównie z mniejszych podmiotów. Mikroprzedsiębiorstwa (1–9 pracowników) stanowią największą grupę, odpowiadając za 44% respondentów, a następnie małe przedsiębiorstwa (10–49 pracowników) z 28%. Średnie organizacje (50–249 pracowników) reprezentują 18%, natomiast duże organizacje (250+ pracowników) są najmniej reprezentowane, stanowiąc 10%. Wskazuje to, że próba jest w dużej mierze zorientowana na mikro i małe organizacje.

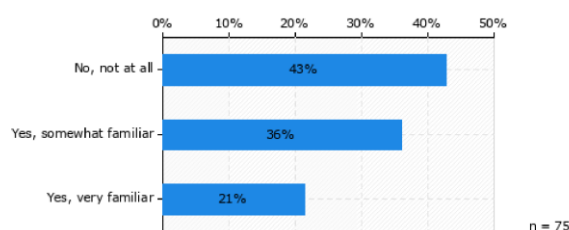
Z perspektywy lokalizacji siedzib organizacji, próba obejmuje podmioty z pięciu głównych krajów, przy czym większość ma siedzibę w Słowenii (29%, uwzględniając jedną odpowiedź „Inne” wskazującą Austrię, ale odnoszącą się do organizacji słoweńskiej). Następnie są Włochy (22%), Łotwa (21%) i Polska (21%), natomiast Norwegia stanowi 8% próby. Ogólnie rzecz biorąc, organizacje są równomiernie rozłożone w tych krajach, z niewielką przewagą podmiotów z siedzibą w Słowenii.

## 4 Wyniki i interpretacja

### 4.1 Świadomość i znajomość symbiozy przemysłowej (IS)

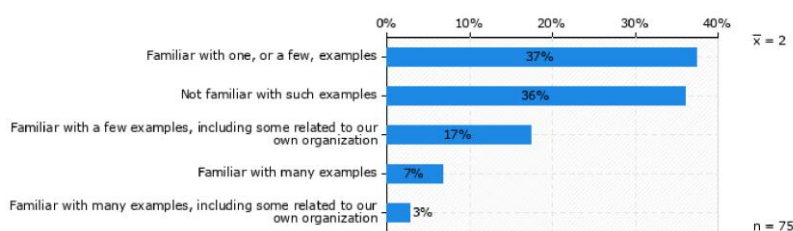
43% respondentów zadeklarowało brak świadomości na temat koncepcji symbiozy przemysłowej (IS), podczas gdy 36% było w pewnym stopniu zaznajomionych, a tylko 21% oceniło się jako bardzo zaznajomionych. Średnia świadomość wyniosła 1,8 na 3 (odchylenie standardowe = 0,8), co wskazuje na ograniczoną znajomość w całej próbie.

Rysunek 1: Wiedza na temat koncepcji symbiozy przemysłowej



Zapytani o cyfrową symbiozę przemysłową — gdzie technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT) są wykorzystywane do identyfikacji możliwości współdzielenia zasobów — tylko 20% respondentów знаło przykłady związane z ich własną organizacją, podczas gdy 36% zadeklarowało brak znajomości jakichkolwiek przykładów. Średni wynik wyniósł 2,0 na 5 (odchylenie standardowe = 1,0), co sugeruje, że cyfrowa symbioza przemysłowa jest wciąż stosunkowo nowym lub nieznanym konceptem dla wielu.

Rysunek 2: Znajomość przykładów cyfrowej symbiozy przemysłowej

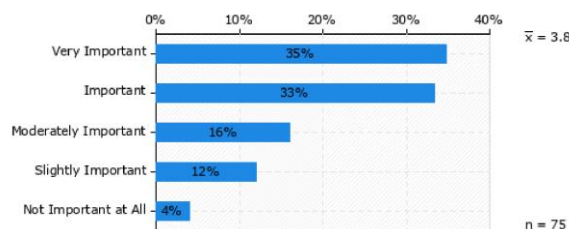


### 4.2 Postrzegana ważność zrównoważonego rozwoju

Zrównoważony rozwój i efektywność zasobów są postrzegane jako kluczowe dla konkurencyjności i rentowności przez większość ankietowanych organizacji. Łącznie 68% oceniło te czynniki jako „ważne” lub „bardzo ważne”, przy średniej ocenie 3,8 na

5 (SD = 1,2). Odzwierciedla to silne ogólne poparcie dla zrównoważonych praktyk biznesowych.

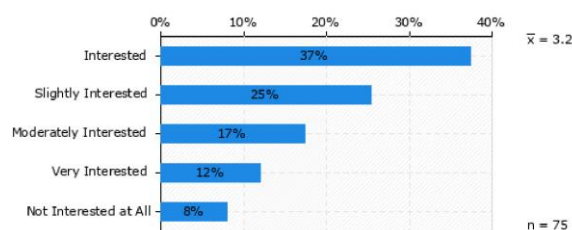
Rysunek 1: Ważność zrównoważonego rozwoju i efektywności zasobów



### 4.3 Zainteresowanie nauką i uczestnictwem

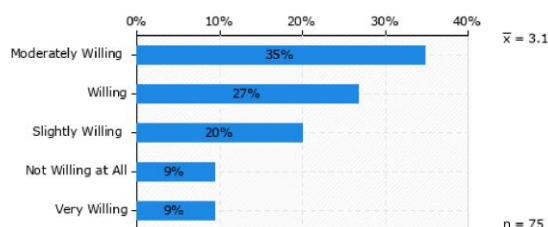
Pomimo zróżnicowanego poziomu znajomości, istnieje znaczne zainteresowanie pogłębianiem wiedzy na temat symbiozy przemysłowej. Prawie połowa respondentów (49%) zadeklarowała, że są zainteresowani lub bardzo zainteresowani tym, jak współdzielenie zasobów mogłoby przynieść korzyści ich firmie (średnia 3,2/5).

Rysunek 2: Zainteresowanie nauką o współdzieleniu zasobów



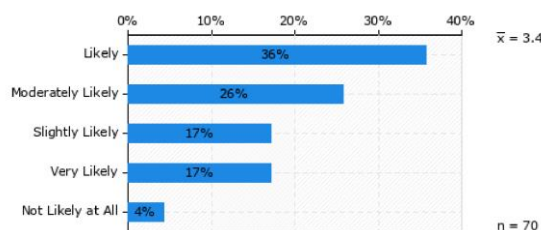
Podobnie, 62% wyraziło umiarkowaną lub wysoką gotowość do udziału w inicjatywach cyfrowej symbiozy przemysłowej, przy średnim wyniku 3,1 (SD = 1,1).

Rysunek 3: Gotowość do uczestnictwa w inicjatywach cyfrowej symbiozy przemysłowej



Zapytani o prawdopodobieństwo rozważenia współdzielenia zasobów, gdyby mogło to obniżyć koszty lub stworzyć wartość, 53% odpowiedziało pozytywnie (prawdopodobne lub bardzo prawdopodobne), przy średniej 3,4 na 5 (SD = 1,1).

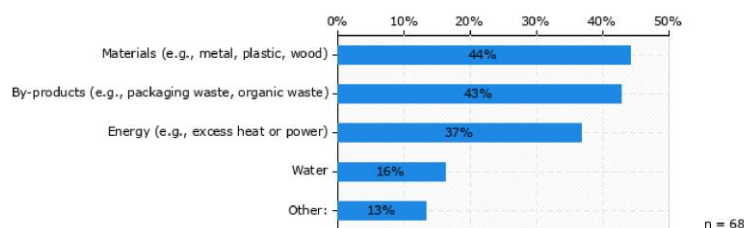
Rysunek 4: Prawdopodobieństwo rozważenia współdzielenia lub ponownego wykorzystania zasobów



#### 4.4 Zasoby i odpady

Najczęstsze rodzaje odpadów lub pozostałych zasobów, z którymi borykają się organizacje, obejmują materiały takie jak metal, plastik lub drewno (44%), produkty uboczne, takie jak opakowania lub odpady organiczne (43%), oraz energię (37%). Mniejsza liczba organizacji wskazała wodę (16%) lub inne zasoby (13%) jako znaczące produkty odpadowe.

Rysunek 5: Obecnie wytwarzane zasoby lub materiały



#### 4.5 Bariery w uczestnictwie w inicjatywach symbiozy przemysłowej

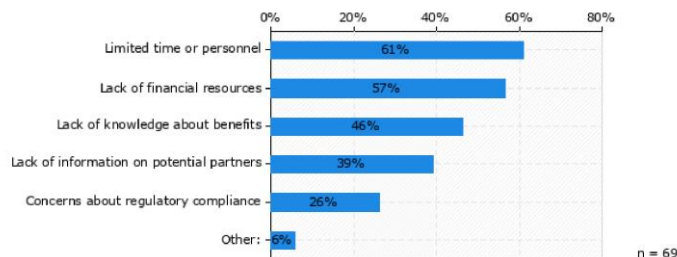
Główne zidentyfikowane bariery to:

- Ograniczony czas lub personel (61%)
- Brak zasobów finansowych (57%)
- Brak wiedzy o korzyściach (46%)
- Brak informacji o potencjalnych partnerach (39%)
- Obawy dotyczące zgodności z przepisami (26%)

Wskazuje to, że zarówno ograniczenia zasobów, jak i luki informacyjne odgrywają znaczącą rolę w utrudnianiu zaangażowania.

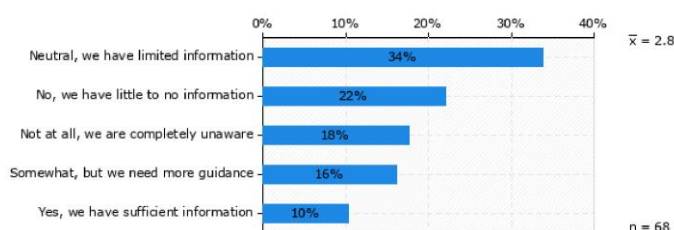
Rysunek 6: Przeszkody w uczestnictwie w inicjatywach symbiozy przemysłowej i gospodarki cyrkularnej





## 4.6 Potrzeby w zakresie wiedzy i wsparcia

Rysunek 7: Wystarczająca ilość informacji do podejmowania decyzji o zrównoważonych praktykach

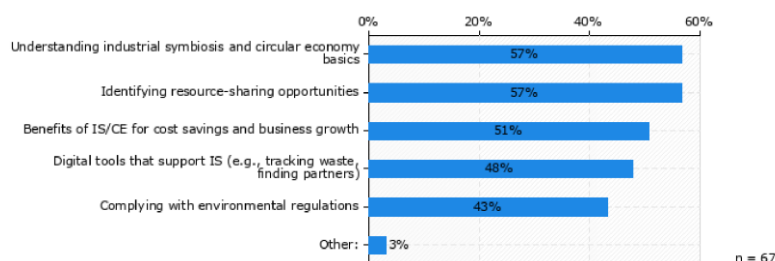


Tylko 10% respondentów uważało, że posiada wystarczające informacje, aby podejmować decyzje dotyczące symbiozy przemysłowej lub praktyk gospodarki cyrkularnej (CE), podczas gdy 74% wskazało, że ma ograniczone lub żadne informacje (średnia 2,8/5).

Zainteresowanie szkoleniami było wysokie w następujących obszarach:

- Podstawy symbiozy przemysłowej i gospodarki cyrkularnej (57%)
- Identyfikacja możliwości współdzielenia (57%)
- Korzyści w zakresie oszczędności kosztów i wzrostu (51%)
- Zgodność z regulacjami środowiskowymi (43%)
- Narzędzia cyfrowe dla symbiozy przemysłowej (48%)

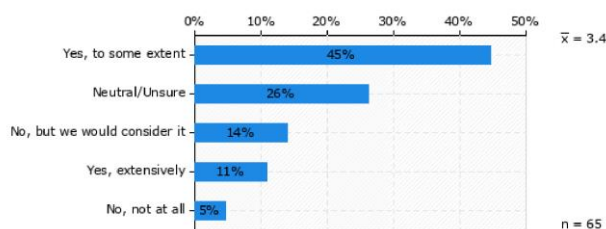
Rysunek 8: Korzyści płynące ze szkoleń lub wsparcia w zakresie symbiozy przemysłowej lub gospodarki cyrkularnej



Zapytani, czy jasne i uproszczone wytyczne dotyczące zrównoważonego rozwoju i współdzielenia zasobów zwiększyłyby prawdopodobieństwo uczestnictwa ich

organizacji, większość respondentów (56%) odpowiedziała pozytywnie. Konkretnie, 45% wskazało, że byłoby bardziej skłonne do uczestnictwa „w pewnym stopniu”, a 11% powiedziało „tak, w znacznym stopniu”. Kolejne 26% było neutralnych lub niepewnych, a 18% wyraziło pewien poziom wahania, przy czym tylko 5% stwierdziło jednoznacznie, że jasne wytyczne nie wpłynęłyby na ich uczestnictwo. Wyniki te sugerują, że dostępne i praktyczne wsparcie może odegrać kluczową rolę w zachęcaniu do szerszego zaangażowania.

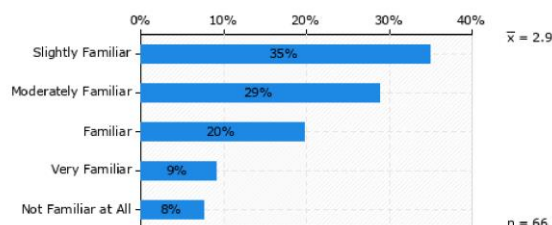
**Rysunek 9: Prawdopodobieństwo uczestnictwa w inicjatywach symbiozy przemysłowej w przypadku uproszczonych wytycznych dotyczących zrównoważonego rozwoju i współdzielenia zasobów**



## 4.7 Świadomość prawna i wyzwania

Znajomość wymogów prawnych dotyczących zrównoważonego rozwoju była umiarkowana (średnia 2,9/5). Tylko 29% oceniło siebie jako zaznajomionych lub bardzo zaznajomionych.

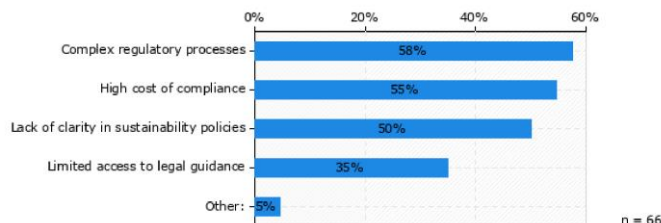
**Rysunek 10: Znajomość wymogów prawnych dotyczących redukcji odpadów, współdzielenia zasobów lub zrównoważonego rozwoju**



Powszechne wyzwania obejmowały:

- Złożone procesy regulacyjne (58%)
- Wysokie koszty zgodności (55%)
- Brak jasności w politykach zrównoważonego rozwoju (50%)
- Ograniczony dostęp do porad prawnych (35%)

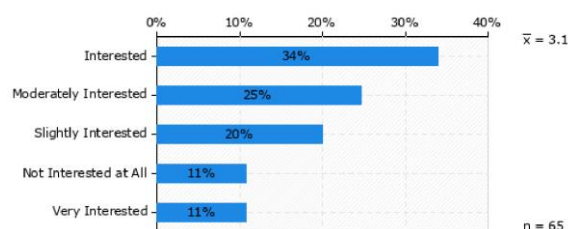
**Rysunek 11: Wyzwania w przyjmowaniu zrównoważonych praktyk**



## 4.8 Narzędzia cyfrowe i ich adopcja

Zainteresowanie narzędziami cyfrowymi do zarządzania odpadami i ich redukcji było umiarkowane (średnia 3,1/5), przy czym 45% respondentów wskazało, że są zainteresowani lub bardzo zainteresowani.

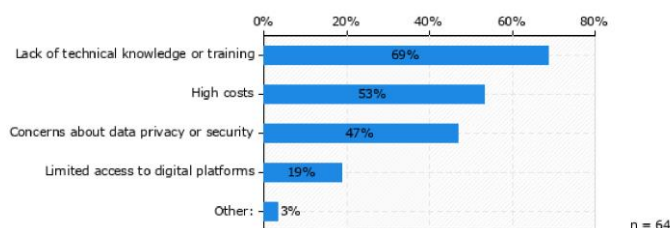
Rysunek 12: Zainteresowanie narzędziami cyfrowymi



Jednak adopcja jest utrudniona przez:

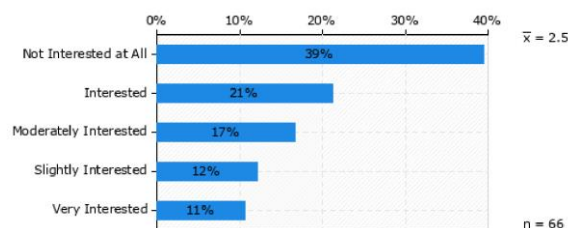
- Brak wiedzy technicznej lub szkoleń (69%)
- Wysokie koszty (53%)
- Obawy dotyczące prywatności danych (47%)
- Ograniczony dostęp do platform (19%)

Rysunek 13: Wyzwania w adopcji narzędzi cyfrowych



Respondenci wyrazili wyraźne zainteresowanie otrzymaniem szkoleń lub wsparcia w tematach symbiozy przemysłowej i gospodarki cyrkularnej. Jednak zapytani bezpośrednio o zainteresowanie szkoleniami dotyczącymi cyfrowej symbiozy przemysłowej i jej potencjału rynkowego, odpowiedzi były bardziej zróżnicowane: 39% nie było w ogóle zainteresowanych, podczas gdy 32% wykazało umiarkowane do wysokiego zainteresowania (średnia 2,5/5).

Rysunek 14: Zainteresowanie otrzymaniem dodatkowych informacji lub szkoleń na temat cyfrowej symbiozy przemysłowej i jej potencjału rynkowego



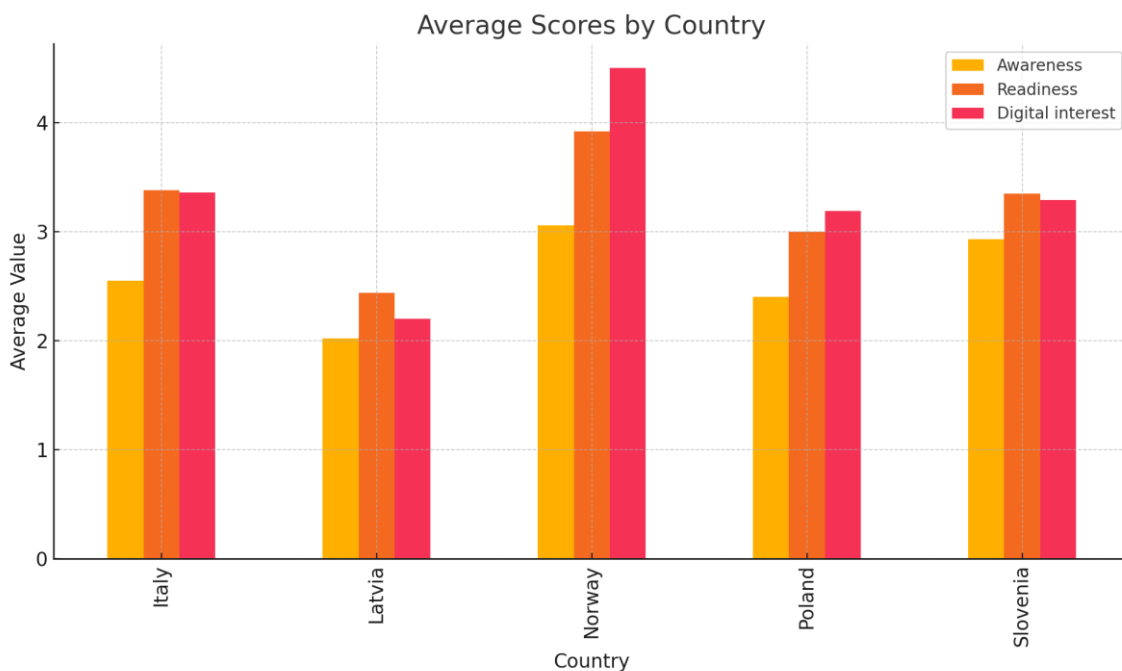
## 4.9 Czynniki i determinanty gotowości organizacji do symbiozy przemysłowej

Analiza wykazała silną pozytywną korelację między świadomością a gotowością do zaangażowania w symbiozę przemysłową (IS) ( $r = 0,546$ ,  $p < 0,001$ ), co sugeruje, że firmy posiadające większą wiedzę są bardziej skłonne do współpracy. Test Kruskala-Wallisa wskazał istotne różnice w świadomości między krajami ( $H = 14,72$ ,  $p = 0,0053$ ). Różnice w gotowości były marginalnie istotne ( $\chi^2 = 15,31$ ,  $p = 0,053$ ). Norwegia osiągnęła najwyższe wyniki w zakresie świadomości (3,06), gotowości (3,92) oraz zainteresowania narzędziami cyfrowymi (4,50), podczas gdy Łotwa miała najniższe wyniki.

Zainteresowanie narzędziami cyfrowymi (pytanie P24) nie było znacząco powiązane z wielkością firmy ( $p = 0,24$ ) ani sektorem ( $p = 0,83$ ), ale zaobserwowano istotne różnice między krajami ( $H = 18,45$ ,  $p = 0,001$ ). Firmy już stosujące praktyki symbiozy przemysłowej (pytanie P12) lub współpracujące z innymi (pytanie P13) wykazywały wyższą gotowość (np.  $r = 0,23$  dla wymiany materiałów).

Kompetencje cyfrowe (pytanie P16) oraz korzystanie z narzędzi IT (pytanie P17) również były pozytywnie powiązane z gotowością (korelacje do  $r = 0,34$ ), co wskazuje, że umiejętności cyfrowe są kluczowe dla wdrożenia symbiozy przemysłowej. Co ciekawe, bariery takie jak wysokie koszty (pytanie P25a), brak wiedzy technicznej (pytanie P25b) oraz obawy dotyczące bezpieczeństwa danych (pytanie P25d) nie były negatywnie skorelowane z gotowością. Wręcz przeciwnie, wykazywały pozytywne korelacje, co sugeruje, że bardziej doświadczone firmy są bardziej świadome tych wyzwań. Rozpoznane korzyści (pytanie Q22) miały najsilniejszą korelację z gotowością ( $r = 0,37$ ).

Rysunek 15: Porównanie między krajami partnerskimi FReINDs



Rysunek 15 przedstawia średnie wyniki dla świadomości, gotowości oraz zainteresowania narzędziami cyfrowymi według kraju.

## 5 Dyskusja, ograniczenia i dalsze badania

Wyniki badania potwierdzają kilka teoretycznych założeń dotyczących symbiozy przemysłowej (IS). Silna pozytywna korelacja między świadomością a gotowością do zaangażowania w IS ( $r = 0,546$ ,  $p < 0,001$ ) jest zgodna z wcześniejszymi badaniami, które podkreślają kluczową rolę wiedzy i znajomości w redukcji niepewności oraz wspieraniu współpracy międzyorganizacyjnej (Ulusoy i in., 2024; Patricio i in., 2022). Firmy dobrze poinformowane wydają się znacznie bardziej otwarte na współpracę i praktyki współdzielenia zasobów, co podkreśla znaczenie działań podnoszących świadomość i ukierunkowanych kampanii informacyjnych.

Znacząca korelacja między kompetencjami cyfrowymi a gotowością potwierdza twierdzenia, że digitalizacja, a w szczególności technologie Przemysłu 4.0, są kluczowymi czynnikami umożliwiającymi symbiozę przemysłową (Makropoulos i in., 2024). Warto zauważyć, że korzystanie z narzędzi cyfrowych (np. platform do dopasowywania partnerów i śledzenia zasobów) oraz biegłość cyfrowa (np. świadomość praktyk prawnych i zrównoważonego rozwoju) były pozytywnie powiązane z gotowością firm do uczestnictwa w symbiozie przemysłowej, co sugeruje, że dojrzałość cyfrowa jest niezbędnym warunkiem realizacji strategii symbiozy przemysłowej.

Różnice między krajami w zakresie świadomości, gotowości i zainteresowania cyfrowego dodatkowo podkreślają znaczenie kontekstu narodowego i instytucjonalnego. Na przykład organizacje norweskie osiągnęły najwyższe wyniki we





wszystkich trzech wskaźnikach, podczas gdy organizacje łotewskie miały najniższe. Wyniki te są zgodne z badaniami podkreślającymi wpływ struktur wsparcia instytucjonalnego, polityk krajowych i gotowości kulturowej na adopcję symbiozy przemysłowej (Michelini & Mattelin-Pierrard, 2023). Dlatego mogą być potrzebne dostosowane interwencje krajowe lub regionalne, aby wspierać symbiozę przemysłową w krajach, gdzie świadomość i gotowość są niższe.

Co ciekawe, postrzegane bariery, takie jak wysokie koszty, brak wiedzy technicznej czy obawy dotyczące prywatności danych — często wskazywane jako odstraszające — nie były negatywnie powiązane z gotowością. Wręcz przeciwnie, bariery te wykazywały słabe, ale pozytywne korelacje z gotowością, co sugeruje, że organizacje z większym doświadczeniem w symbiozie przemysłowej lub cyfrowych praktykach zrównoważonego rozwoju są bardziej świadome związanych z nimi złożoności. Oznacza to, że wyższy poziom zaangażowania wiąże się ze zwiększoną świadomością rzeczywistych wyzwań, a taka świadomość niekoniecznie zmniejsza chęć uczestnictwa.

Najsilniejsza korelacja z gotowością dotyczyła rozpoznania konkretnych korzyści płynących z symbiozy przemysłowej i praktyk gospodarki cyrkularnej ( $r = 0,37$ ). To odkrycie potwierdza ideę, że kiedy organizacje dostrzegają wyraźny przypadek biznesowy — poprzez oszczędności kosztów, wzrost efektywności lub przewagę konkurencyjną — są bardziej skłonne do zaangażowania się w inicjatywy symbiozy przemysłowej.

Chociaż wyniki te dostarczają cennych spostrzeżeń, badanie ma również kilka ograniczeń. Po pierwsze, wielkość próby ( $N=78$ ) jest stosunkowo niewielka, a liczba respondentów z każdego kraju może nie w pełni odzwierciedlać zmienność na poziomie krajowym. Po drugie, poleganie na danych zgłaszanych samodzielnie wprowadza możliwość błędu, w tym nadmiernego raportowania praktyk zrównoważonego rozwoju lub gotowości. Po trzecie, przekrojowy charakter badania ogranicza możliwość wyciągania wniosków przyczynowo-skutkowych dotyczących relacji między świadomością, gotowością a zaangażowaniem cyfrowym.

Aby przewyżżyć te ograniczenia, przyszłe badania mogłyby przyjąć projekty długoterminowe, które śledzą zmiany w zaangażowaniu w symbiozę przemysłową w czasie i badają ścieżki przyczynowe. Rozszerzenie zakresu geograficznego na bardziej zróżnicowany zestaw krajów również zwiększyłoby uogólnialność wyników. Dodatkowo, włączenie metod jakościowych — takich jak wywiady lub studia przypadków — mogłoby dostarczyć głębszych spostrzeżeń na temat motywacji organizacji, barier kontekstowych i najlepszych praktyk wdrażania symbiozy przemysłowej w różnych środowiskach.

Na koniec, istnieje wyraźna potrzeba dalszej oceny narzędzi cyfrowych wspierających symbiozę przemysłową. Porównawcze badania różnych platform i rozwiązań ICT mogłyby pomóc określić, co działa najlepiej w różnych sektorach lub kontekstach organizacyjnych. Ponadto przyszłe badania powinny zbadać rolę zachęt politycznych, ram regulacyjnych i usług wsparcia w przyspieszaniu przyjmowania



symbiozy przemysłowej i upowszechnianiu modeli biznesowych opartych na gospodarce cyrkularnej.

## 6 Źródła

Bocken, N. M. P., Ritala, P., Albareda, L., & Verburg, R. (2022). Business model innovation for the circular economy: Growing opportunities for IS through digitalisation. *Journal of Cleaner Production*, 367, 132901. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132901>

Chertow, M. R. (2007). "Uncovering" industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1150>

Makropoulos, C., Cecelja, F., & Yang, A. (2024). Digital transformation of industrial symbiosis: Tools and implementation pathways. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.13567> (DOI placeholder if not yet available)

Michellini, G., & Mattelin-Pierrard, M. (2023). Institutional support for industrial symbiosis in Europe. *Sustainability*, 15(6), 2152. <https://doi.org/10.3390/su15062152>

Paquin, R. L., & Howard-Grenville, J. (2013). Blind dates and arranged marriages: Longitudinal processes of network orchestration. *Organization Studies*, 34(11), 1623–1653. <https://doi.org/10.1177/0170840613495330>

Patricio, J., Ferreira, M. S., & Costa, I. (2022). The benefits and barriers of industrial symbiosis: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 368, 132725. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132725>

Ulusoy, A., Demirel, E., & Ciftci, M. (2024). Drivers of circular economy and IS adoption among SMEs. *Resources, Conservation & Recycling*, 198, 106123. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106123>

Yazan, D. M., Romano, V. A., & Albino, V. (2021). The role of digital technologies in supporting industrial symbiosis: A systematic review. *Resources, Conservation & Recycling*, 164, 105190. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105190>



# CZĘŚĆ III: ANALIZA JAKOŚCIOWA – WNIOSKI TEMATYCZNE Z WYWIADÓW CZĘŚCIOWO USTRUKTURYZOWANYCH

## 1 Wprowadzenie

Ta część raportu przedstawia dogłębną analizę tematyczną 16 częściowo ustrukturyzowanych wywiadów przeprowadzonych z MŚP, instytucjami publicznymi oraz ekspertami branżowymi zaangażowanymi w cyfrową symbiozę przemysłową (DIS) i praktyki gospodarki cyrkularnej. Wywiady zostały przeprowadzone między październikiem 2023 a lutym 2025 roku w ramach działań projektu Erasmus+, badającego potencjał skalowania cyfrowej symbiozy przemysłowej w Europie.

Rozmówcy reprezentują zróżnicowany przekrój interesariuszy ze Słowenii, Polski, Włoch i Norwegii, obejmujący zarówno początkujących, jak i zaawansowanych aktorów w tej dziedzinie. Próbkę norweska w szczególności obejmuje organizacje z sektora budowlanego i rozwoju miejskiego, odzwierciedlając silny krajowy nacisk na innowacje w ponownym wykorzystaniu i transformację cyfrową w środowisku zbudowanym. Odpowiedzi z krajów Europy Środkowej i Południowej obejmują różnorodne perspektywy od MŚP, konsultantów ds. zrównoważonego rozwoju, twórców platform i liderów inicjatyw cyrkularnych.

Na podstawie tych danych jakościowych, wspieranych przez teoretyczne spostrzeżenia z analizy danych przeprowadzonych w ramach projektu FReINDs (luty 2025), raport bada możliwości, bariery i potrzeby w zakresie budowania zdolności związane z wdrażaniem cyfrowej symbiozy przemysłowej w rzeczywistych kontekstach. Szczególną uwagę poświęcono integracji narzędzi cyfrowych, takich jak platformy, systemy śledzenia i sztuczna inteligencja, w procesach współpracy cyrkularnej — ze szczególnym uwzględnieniem budownictwa, logistyki ponownego wykorzystania i koordynacji międzyorganizacyjnej.

Celem jest dostarczenie praktycznych i istotnych dla polityki wniosków, które mogą wspierać szersze przyjmowanie zasad symbiozy przemysłowej zgodnych z innowacjami cyfrowymi, zrównoważonym rozwojem środowiskowym i transformacją systemową. Dzięki swojemu wielokrajowemu zakresowi i międzysektorowym spostrzeżeniom, raport przyczynia się do głębszego zrozumienia, jak cyfrowa symbioza przemysłowa rozwija się w praktyce — oraz co jest potrzebne, aby wspierać jego skuteczne, inkluzywne i skalowalne wdrożenie.



## 2 Pytania badawcze

PB1. Jaki jest obecny poziom świadomości i zrozumienia cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) wśród MŚP i instytucji?

PB2. Jakie korzyści i możliwości uczestnicy wiążą z wdrażaniem rozwiązań cyfrowej symbiozy przemysłowej?

PB3. Jakie bariery lub wyzwania utrudniają adopcję praktyk cyfrowej symbiozy przemysłowej w MŚP?

PB4. Jakiego rodzaju szkolenia lub wsparcia potrzebują uczestnicy, aby skutecznie zaangażować się w rozwiązania cyfrowej symbiozy przemysłowej?

PB5. Jak uczestnicy postrzegają rolę platform cyfrowych w ułatwianiu współpracy cyrkularnej i współdzielenia zasobów?

PB6. Jakie rekomendacje polityczne lub zmiany systemowe sugerują uczestnicy, aby promować cyfrową symbiozę przemysłową na poziomie lokalnym lub regionalnym?

## 3 Metodologia

Analiza została przeprowadzona na podstawie odpowiedzi jakościowych od 10 przedstawicieli MŚP i instytucji z Europy — 1 wywiad ze Słowenii, 2 wywiady z Włoch, 4 wywiady z Polski i 3 wywiady z Łotwy, uzupełnione sześcioma wywiadami eksperckimi z norweskiego sektora budowlanego. Zastosowano podejście mieszane, łącząc ręczne kodowanie i automatyczne modelowanie tematyczne (TF-IDF + NMF) w celu wyodrębnienia tematów i dominujących kodów. Cytaty zostały wybrane i przetłumaczone na język angielski. Wyniki są kontekstualizowane z najnowszą literaturą teoretyczną na temat symbiozy przemysłowej i technologii cyfrowych (Raport Analizy Danych, luty 2025).

## 4 Wyniki analizy tematycznej

Z danych wyodrębniono sześć nadrzędnych tematów. Każdy temat jest opisany poniżej, wraz z kluczowymi angielskimi słowami (kodami) i wybranymi fragmentami wywiadów.

### 4.1 Temat 1: Bariery i praktyczne wyzwania

Ten temat obejmuje strukturalne, techniczne i organizacyjne bariery ograniczające adopcję i skalowanie cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) w różnych sektorach. Powtarzającym się problemem wśród rozmówców jest **brak zdecydowanych ram regulacyjnych**, które nakazywałyby lub zachęcałyby do ponownego wykorzystania materiałów, zwłaszcza w sektorze budowlanym. Bez obowiązków prawnych wiele firm

nie widzi powodu, by inwestować w rozwiązania cyrkularne lub platformy dzielenia się danymi.

Dodatkowo, uczestnicy często zwracali uwagę na **fragmentaryzację istniejących infrastruktur** — zarówno fizycznych, jak i cyfrowych. Wiele systemów ponownego wykorzystania jest nadal zlokalizowanych, brak im łączności lub działają ręcznie, co utrudnia ich integrację z szerszymi ekosystemami cyfrowej symbiozy przemysłowej. **Brak interoperacyjności między narzędziami** (np. platformami ponownego wykorzystania a oprogramowaniem do planowania budowlanego, jak BIM) prowadzi do nieefektywności i dublowania wysiłków.

**Jakość danych i śledzenie** również pojawiają się jako kluczowe obawy. Niektórzy aktorzy zgłaszali, że dostępne inwentarze materiałów są niekompletne, źle sklasyfikowane lub szybko się dezaktualizują, co czyni planowanie ponownego wykorzystania niewiarygodnym. Wpływa to bezpośrednio na zaufanie i procesy decyzyjne firm próbujących zaangażować się w cyfrową symbiozę przemysłową.

**Barieri związane z kosztami** są szczególnie trudne dla MŚP, które często nie mają elastyczności finansowej, by inwestować w nieprzetestowane lub złożone rozwiązania. Początkowy koszt narzędzi cyfrowych, w połączeniu z niepewnością co do zwrotu z inwestycji, zniechęca do eksperymentowania.

**Złożoność logistyczna** to kolejny ważny temat, szczególnie w budownictwie i produkcji. Transport, przechowywanie i koordynacja ponownego wykorzystania materiałów wymagają nowych przepływów pracy i często nowych partnerstw, które są trudne do wdrożenia bez wsparcia systemowego.

Temat 1 odzwierciedla, jak **wzajemnie powiązane ograniczenia techniczne, ekonomiczne i instytucjonalne** działają jako inhibitory cyfrowej symbiozy przemysłowej. Rozwiązanie tych barier wymaga wielowarstwowej odpowiedzi, obejmującej reformę polityki, standaryzację technologiczną, budowanie zdolności i współdzielone infrastruktury cyfrowe.

#### Kluczowe słowa (kody):

- bariery, ponowne wykorzystanie, brak regulacji, mapowanie, jakość danych, koszty, integracja, logistyka, planowanie, niezawodność

#### Przykładowe cytaty:

- "Mandat do ponownego wykorzystania jeszcze nie istnieje. Bez niego wiele podmiotów nie chce w nim uczestniczyć." — Asplan Viak (Norwegia)
- "Jakość danych na istniejących platformach jest bardzo niespójna, co wpływa na planowanie." — Resirqel (Norwegia)
- "Wykorzystalibyśmy więcej materiałów, gdyby istniały standardy i stabilne systemy." — Respondent ankiety (MŚP)





- "Logistyka to ogromna bariera. Koordynacja ponownego wykorzystania na wielu placach budowy jest czasochłonna bez odpowiedniego wsparcia cyfrowego." — Sirkulær Ressurssentral (Norwegia)

## 4.2 Temat 2: Innowacje i myślenie strategiczne

Ten temat podkreśla **przyszłościowy, kreatywny i transformacyjny potencjał** cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS). Wielu uczestników postrzega cyfrową symbiozę przemysłową nie tylko jako **rozwiązanie techniczne**, ale jako strategiczny czynnik umożliwiający realizację długoterminowych celów zrównoważonego rozwoju, modeli biznesowych opartych na gospodarce cyrkularnej oraz transformacji organizacyjnej. Rozmówcy podkreślali wartość **ponownego przemyslenia przepływów zasobów**, nie tylko ich optymalizacji — wskazując na możliwości **tworzenia całkowicie nowych usług, produktów lub modeli współpracy** opartych na strumieniach odpadów i współdzielonych danych.

Kluczowe dla tej wizji jest wykorzystanie **cyfrowych narzędzi symulacyjnych i analityki predykcyjnej**, które pozwalają firmom przewidywać potrzeby zasobowe, modelować wpływ na środowisko i skuteczniej planować scenariusze ponownego wykorzystania. Technologie te pomagają przejść od reaktywnego do **proaktywnego podejmowania decyzji**, wspierając bardziej odporne i adaptacyjne operacje.

Uczestnicy powiązali również cyfrową symbiozę przemysłową z **innowacjami współpracującymi**, gdzie cyfrowe współdzielenie informacji między firmami, miastami i instytucjami może odblokować wcześniej ukryte synergie. W tym kontekście kreatywność nie ogranicza się do projektowania produktów, ale obejmuje **myślenie na poziomie systemów**, gdzie firmy wspólnie opracowują rozwiązania dla wspólnych problemów — takich jak zarządzanie nadwyżkami, optymalizacja przestrzeni czy koordynacja logistyki.

Kilku rozmówców omawiało, jak cyfrowa symbioza przemysłowa wpisuje się w ich **długoterminowe strategie transformacji**, zwłaszcza w przejściu na modele biznesowe neutralne pod względem emisji, klimatyczne lub niskoemisyjne. Nacisk na **tworzenie wartości z odpadów** odzwierciedla przejście od myślenia opartego na zgodności do innowacji napędzanych możliwościami.

Ostatecznie, temat ten pozycjonuje cyfrową symbiozę przemysłową jako **katalizator strategicznej reorientacji**, umożliwiając organizacjom włączenie myślenia cyrkularnego do kluczowych procesów planowania i innowacji — szczególnie gdy narzędzia cyfrowe są dostępne, interoperacyjne i dostosowane do potrzeb użytkownika.

### Kluczowe słowa (kody):

- innowacje, pomysły, potencjał, symulacja, współpraca, kreatywność, tworzenie wartości, ponowne przemyslenie, transformacja, długoterminowy

#### Przykładowe cytaty::

- „Narzędzia cyfrowe umożliwiają symulację i przewidywanie. To oszczędza czas i wspiera lepsze decyzje.” — Słoweńskie MŚP
- „Badamy sposoby ponownego przemyslenia wykorzystania odpadów do tworzenia nowych usług.” — Cyrkularne MŚP (ankieta)
- „Postrzegamy cyfrową symbiozę przemysłową jako strategiczną szansę — nie tylko dla zgodności, ale dla innowacji i konkurencyjności.” — FutureBuilt (Norwegia)
- „To nie tylko ponowne wykorzystanie tego, co zostało. Chodzi o postrzeganie odpadów jako zasobu dla innowacji.” — Respondent ankiety (Polska)
- „Używamy danych planistycznych i cyfrowych bliźniąt, aby testować scenariusze ponownego wykorzystania i poprawiać efektywność przed rozpoczęciem budowy.” — Asplan Viak (Norwegia)

### 4.3 Temat 3: Zaangażowanie i działania lokalne

Ten temat podkreśla **aktywne zaangażowanie organizacji w stosowanie zasad cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) poprzez rzeczywiste inicjatywy**, zwłaszcza na poziomie lokalnym i regionalnym. W odróżnieniu od tematów skoncentrowanych na wizji strategicznej lub przyszłym potencjale, ten temat skupia się na tym, co uczestnicy już robią — w tym na **projektach pilotażowych, zamówieniach cyrkularnych, partnerstwach i adopcji narzędzi**.

Wielu rozmówców zgłaszało udział w eksperymentach skoncentrowanych na **ponownym wykorzystaniu lub pilotażach kolaboracyjnych**, często wspieranych przez instytucje publiczne, programy rozwoju regionalnego lub projekty UE. Te wysiłki pokazują, że nawet działania na małą skalę — takie jak digitalizacja inwentarza magazynowego, mapowanie przepływów materiałów lub integracja platform ponownego wykorzystania z planowaniem miejskim — mogą służyć jako potężne środowiska uczenia się i budowania pewności siebie.

Uczestnicy często łączą swoje **zaangażowanie w DIS z celami zrównoważonego rozwoju i klimatycznymi**, zauważając, że udział w ponownym wykorzystaniu jest częścią szerszej misji organizacji dotyczącej odpowiedzialności środowiskowej. Kilka przypadków pokazuje, jak **działania lokalne często są punktem wejścia** do bardziej złożonych systemów cyfrowych. Na przykład MŚP budowlane, które zaczyna od ponownego wykorzystania pozostałych materiałów na miejscu, może ostatecznie wdrożyć oprogramowanie do inwentaryzacji, dołączyć do rynku cyrkularnego lub uczestniczyć w sieciach współpracy w zakresie ponownego wykorzystania.

Temat ten ujawnia również, że **samorządy lokalne, instytucje badawcze i organizacje pozarządowe odgrywają rolę katalizatora** w promowaniu cyfrowej symbiozy przemysłowej, ułatwiając finansowanie pilotaży, wydarzenia matchmakingowe i dostęp do narzędzi. Takie pośredniki często zapewniają kontekst umożliwiający eksperymentowanie, zwłaszcza tam, gdzie opłacalność komercyjna nie jest jeszcze udowodniona.

Ponadto temat podkreśla, że **zaangażowanie jest napędzane czymś więcej niż tylko zgodnością** — rośnie poczucie etycznej odpowiedzialności i nastawienie na innowacje, które motywują do działania. Jednak uczestnicy podkreślają, że skalowanie tych lokalnych wysiłków wymaga stabilnego wsparcia, długoterminowego dostosowania polityki i budowania zdolności cyfrowych dostosowanych do realiów oddolnych

#### Kluczowe słowa (kody):

- ponowne wykorzystanie, uczestnictwo, pilotaże, lokalne, projekty, zrównoważony rozwój, działanie, wsparcie, adopcja, wysiłki

#### Przykładowe cytaty:

- „Jesteśmy już zaangażowani w pilotaż wykorzystujący ponownie użyte materiały. To część naszych celów zrównoważonego rozwoju.” — MŚP budowlane (ankieta)
- „Opracowaliśmy magazyn ponownego wykorzystania i teraz chcemy go zdigitalizować dla lepszej koordynacji.” — Sirkulær Ressurssentral (Norwegia)
- „Cyfrowa symbioza przemysłowa to nie tylko pomysł dla nas. Współpracujemy z miastem, aby ponownie wykorzystać drewno i zintegrować je z naszymi zasobami budowlanymi.” — Laboratorium innowacji cyrkularnych (Norwegia)
- „Zaczęliśmy od małego, ale udział w lokalnym projekcie ponownego wykorzystania pomógł nam zrozumieć wartość danych i śledzenia.” — Respondent ankiety (Włochy)
- „Współpraca z aktorami publicznymi jest kluczowa. Zapewniają infrastrukturę i koordynację potrzebną do skalowania tych wysiłków.” — Stowarzyszenie NHO (Norwegia)

## 4.4 Temat 4: Praktyczne doświadczenia i informacje zwrotne od przypadków

Ten temat obejmuje praktyczną, skoncentrowaną na użytkowniku perspektywę organizacji, które bezpośrednio zaangażowały się w narzędzia i praktyki cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS). Uczestnicy zastanawiają się, co działa, co nie działa i co jest potrzebne, aby poprawić rzeczywistą adopcję. Zamiast omawiać strategię wysokiego poziomu, te spostrzeżenia pochodzą z rzeczywistego doświadczenia korzystania z platform cyfrowych, systemów śledzenia i przepływów pracy ponownego wykorzystania materiałów.

Kluczowym problemem podnoszonym w wywiadach jest **użyteczność**. Wiele narzędzi jest postrzeganych jako technicznie złożonych, wymagających zaawansowanych umiejętności cyfrowych lub wcześniejszego doświadczenia z systemami danych. Stanowi to barierę dla małych lub mniej zaawansowanych technologicznie organizacji, szczególnie MŚP, które mogą nie mieć dedykowanego personelu IT ani zasobów szkoleniowych. W rezultacie **wielu respondentów apeluje o prostsze, bardziej intuicyjne platformy** z przejrzystymi interfejsami i przepływami pracy dostosowanymi do osób niebędących ekspertami.

**Szkolenia i onboarding** pojawiają się jako kluczowe elementy skutecznego wdrożenia cyfrowej symbiozy przemysłowej. Uczestnicy wyrażają silną potrzebę **wizualnych instrukcji krok po kroku**, a także dostępu do **uczenia się opartego na przypadkach**, gdzie rzeczywiste przykłady pokazują, jak podobne organizacje przyjęły narzędzia, rozwiązały problemy logistyczne lub stworzyły przepływy pracy ponownego wykorzystania. Niektórzy respondenci podkreślają również znaczenie **szkoleń specyficznych dla sektora**, szczególnie dla budownictwa, gdzie materiały, regulacje i harmonogramy znacznie się różnią.

Koszty pozostają stałym problemem — nie tylko **finansowy koszt wdrożenia narzędzi cyfrowych**, ale także **ukryte koszty** związane z czasem, zarządzaniem zmianami, szkoleniem personelu i integracją systemów. Niektórzy rozmówcy wyrażali rozczarowanie narzędziami pilotażowymi, które były zbyt sztywne, słabo udokumentowane lub nie przynosiły wymiernych korzyści.

Temat ten obejmuje również informacje zwrotne dotyczące **integracji przepływów pracy** — potrzeba, aby narzędzia cyfrowej symbiozy przemysłowej płynnie wpasowywały się w istniejące planowanie i operacje. Samodzielne aplikacje lub platformy, które nie łączą się z systemami zamówień, planowania logistyki lub inwentarzy materiałów, są często postrzegane bardziej jako obciążenie niż rozwiązanie.

Overall, the theme underlines the importance of **designing DIS tools from the user's point of view**, ensuring they offer real value in daily practice — not just in theory. The voices in this theme remind us that **successful digital transformation is as much about people and processes as it is about technology**.

Ogólnie, temat ten podkreśla znaczenie **projektowania narzędzi cyfrowej symbiozy przemysłowej z perspektywy użytkownika**, zapewniając, że oferują one rzeczywistą wartość w codziennej praktyce — nie tylko w teorii. Głosy w tym temacie przypominają, że **skuteczna transformacja cyfrowa dotyczy zarówno ludzi i procesów, jak i technologii**.

#### Kluczowe słowa (kody):

- użyteczność, narzędzia, szkolenia, koszty, krok po kroku, uczenie się, rzeczywiste przykłady, przepływ pracy, doświadczenie użytkownika, bariery

#### Przykładowe cytaty:

- „Potrzebujemy podstawowych materiałów szkoleniowych. Krok po kroku, najlepiej wizualnych.” — MŚP (ankieta)
- „Użyteczność narzędzi musi się poprawić. Obecnie wymaga zbyt dużej wiedzy technicznej.” — Respondent norweski
- „Próbowaliśmy deski rozdzielczej do ponownego wykorzystania, ale nie łączyła się z naszym systemem zamówień, więc ją porzuciliśmy.” — Firma budowlana (ankieta)

- „Koszty to nie tylko licencje — to czas na szkolenie naszych ludzi i dostosowanie do naszego wewnętrznego przepływu pracy.” — Koordynator ponownego wykorzystania (Norwegia)
- „Najbardziej pomocne było zobaczenie, co zrobiło inne MŚP. Praktyczne przykłady robią całą różnicę.” — Respondent MŚP z Włoch

#### 4.5 Temat 5: Platformy i projektowanie ekosystemów

Ten temat koncentruje się na **centralnej roli platform cyfrowych jako czynników umożliwiających symbiozę przemysłową**, podkreślając znaczenie myślenia na poziomie systemu, integracji i dostępności. Uczestnicy konsekwentnie opisywali platformy jako **kręgosłup współpracy cyrkularnej**, umożliwiający widoczność, koordynację i śledzenie materiałów wielokrotnego użytku między różnymi aktorami i lokalizacjami.

Kluczowym spostrzeżeniem jest to, że platformy są cenione nie tylko za **łączenie podaży i popytu** (matchmaking), ale także za wspieranie **zaufania i przejrzystości** w transakcjach ponownego wykorzystania. Rozmówcy podkreślali, że platformy muszą zawierać **funkcje dokumentacji materiałów, śledzenia pochodzenia i kontroli jakości**, zwłaszcza w sektorach takich jak budownictwo, gdzie zgodność i bezpieczeństwo są najważniejsze.

Respondenci opowiadają się za platformami, które wykraczają poza podstawowe bazy danych — tymi, które integrują rekomendacje wspierane przez sztuczną inteligencję, deski rozdzielcze do podejmowania decyzji i narzędzia analizy cyklu życia. Odzwierciedla to przejście od pasywnych repozytoriów do interaktywnych, inteligentnych ekosystemów zdolnych do ułatwiania współpracy i optymalizacji w czasie rzeczywistym.

**Interoperacyjność** pojawiła się jako kluczowa potrzeba. Wielu uczestników zauważyło, że platformy muszą mieć możliwość **łączenia się z innymi systemami**, w szczególności z systemami planowania i informacji o budynkach (np. BIM), narzędziami zamówień i publicznymi rejestrami danych. Bez takiej integracji nawet dobrze zaprojektowane platformy mogą być niedostatecznie wykorzystywane lub dublować wysiłki.

Powtarzającym się pomysłem jest apel o **publiczne lub półpubliczne modele platform**, wspierane przez rząd, klastry przemysłowe lub konsorcja. Platformy te są postrzegane jako podstawowa infrastruktura dla gospodarki cyrkularnej — podobnie jak drogi czy sieci energetyczne — i powinny być zarządzane w sposób zapewniający **otwarty dostęp, standaryzację danych i długoterminowe utrzymanie**.

Uczestnicy podkreślali również znaczenie projektowania ekosystemów, a nie tylko narzędzi. Obejmuje to uwzględnienie **środowiska prawnego, finansowego i operacyjnego** otaczającego platformę — zapewnienie, że zachęty, regulacje i struktury wsparcia dla użytkowników są zgodne z celami platformy.





Ogólnie, temat ten podkreśla ideę, że **platformy to coś więcej niż rozwiązania techniczne** — to **infrastruktury instytucjonalne i relacyjne**, które mogą umożliwić lub zahamować sukces cyfrowej symbiozy przemysłowej.

#### Kluczowe słowa (kody):

- platforma, ekosystem, śledzenie, matchmaking, integracja, współpraca, monitorowanie, przejrzystość, systemy ponownego wykorzystania, dostęp

#### Przykładowe cytaty:

- „Platformy powinny być publiczne i powiązane z systemami planowania, takimi jak BIM.” — FutureBuilt (Norwegia)
- „Używamy platform z narzędziami śledzenia i sztuczną inteligencją do optymalizacji logistyki ponownego wykorzystania.” — Sirken (Norwegia)
- „Ekosystem ma znaczenie. Platforma to tylko narzędzie, jeśli cały system go nie wspiera.” — Stowarzyszenie NHO (Norwegia)
- „Potrzebujemy jednego punktu wejścia, a nie pięciu różnych platform ponownego wykorzystania, które ze sobą nie współpracują.” — Respondent ankiety (Polska)
- „Dostęp do wiarygodnych danych ponownego wykorzystania jest kluczowy. Bez zaufania do danych nikt nie będzie używał platformy.” — Twórca platformy cyfrowej (ankieta)

## 4.6 Temat 6: Pełna integracja cyfrowa i automatyzacja

Ten temat reprezentuje **najbardziej zaawansowaną technologicznie wizję** cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) wyrażoną przez uczestników. Koncentruje się na wykorzystaniu **najnowocześniejszych technologii cyfrowych** — takich jak sztuczna inteligencja (AI), czujniki, cyfrowe bliźniaki i deski rozdzielcze w czasie rzeczywistym — do **automatyzacji i optymalizacji przepływów materiałów, logistyki i procesów ponownego wykorzystania** na dużą skalę.

Respondenci opisujący ten temat przedstawiają DIS nie jako proces ręczny lub półcyfrowy, ale jako **w pełni zintegrowany, oparty na danych system**. W tym systemie materiały mogą być śledzone nieprzerwanie od dekonstrukcji do ponownego zastosowania, decyzje są wspierane przez inteligentne algorytmy, a **wkład ludzki koncentruje się na strategicznym nadzorze, a nie na szczegółach operacyjnych**.

Kilka organizacji już rozwija lub testuje **platformy wspierane przez sztuczną inteligencję**, które mogą dopasowywać podaż i popyt, przewidywać potencjał ponownego wykorzystania, sugerować logistykę trasowania i wskazywać możliwości interwencji cyrkularnych. Narzędzia te są chwalone za zwiększanie **efektywności, responsywności i jakości decyzji**, szczególnie w środowiskach o dużym wolumenie lub szybkim tempie, takich jak budownictwo czy produkcja.

**Czujniki i technologie IoT** również stają się częścią ekosystemu DIS. Niektórzy uczestnicy wspomnieli o wysiłkach na rzecz wyposażania materiałów lub komponentów w **kody QR** lub **znaczniki RFID**, umożliwiające ich automatyczną identyfikację, rejestrowanie i



śledzenie podczas demontażu, transportu i ponownego wykorzystania. Po połączeniu z systemami chmurowymi lub deskami rozdzielczymi, ta infrastruktura umożliwia **monitorowanie w czasie rzeczywistym inwentarza, dostępności i przepływów**.

Najbardziej wizjonerskie przykłady odnoszą się do wykorzystania **cyfrowych bliźniąt** — wirtualnych replik budynków lub materiałów, które są dynamicznie aktualizowane. Systemy te umożliwiają symulację scenariuszy ponownego wykorzystania, integrację z danymi planistycznymi i prognozowanie wpływu, przenosząc cyfrową symbiozę przemysłową w obszar **predykcyjnego podejmowania decyzji opartego na scenariuszach**.

Skalowalność to powracający temat. Uczestnicy zauważają, że bez automatyzacji i integracji cyfrowej, cyfrowa symbioza przemysłowa pozostaje pracochłonna i trudna do skalowania. Ambicją jest przejście od fragmentarycznych pilotaży do **zautomatyzowanych, systemowych infrastruktur ponownego wykorzystania**, które są osadzone w regionalnych lub krajowych strategiach cyrkularnych.

Jednak temat ten ujawnia również obawy dotyczące **zarządzania danymi, standaryzacji i dostępu technicznego**. Choć technologia istnieje, wiele organizacji wciąż nie ma zdolności lub budżetu, aby wdrożyć te narzędzia. Dlatego pełna integracja cyfrowa jest postrzegana jako cel, do którego należy dążyć — wymagający wspólnych inwestycji, dostosowania polityki i otwartych standardów.

#### **Kluczowe słowa (kody)**

- automatyzacja, AI, czujniki, cyfrowy bliźniak, deski rozdzielcze, czas rzeczywisty, skalowalność, współdzielenie danych, optymalizacja, integracja

#### **Przykładowe cytaty:**

- „Rozwijamy deskę rozdzielczą, aby cyfrowo połączyć inwentarz i logistykę.” — Sirkulær Ressurssentral (Norwegia)
- „Narzędzia AI pomagają nam identyfikować możliwości ponownego wykorzystania, które inaczej byśmy przeoczyli.” — Sirken (Norwegia)
- „W przyszłości mamy nadzieję połączyć czujniki z naszą platformą, aby śledzić przepływ materiałów w czasie rzeczywistym.” — Twórca platformy ponownego wykorzystania (ankieta)
- „Cyfrowe bliźniaki pozwalają nam testować scenariusze ponownego wykorzystania, zanim cokolwiek zostanie zbudowane — to zmienia wszystko.” — Asplan Viak (Norwegia)
- „Automatyzacja to jedyny sposób, aby skalować ponowne wykorzystanie bez ogromnego wzrostu personelu lub czasu.” — Ekspert budownictwa cyrkularnego (Norwegia)

## 5 Odpowiedzi na pytania badawcze

### 5.1 PBI: Jaki jest obecny poziom świadomości i zrozumienia cyfrowej symbiozy przemysłowej wśród MŚP i instytucji?

Analiza pokazuje, że świadomość i zrozumienie cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) rośnie, ale pozostaje nierównomierne i fragmentaryczne w zależności od typu organizacji i regionu. Wśród 16 pytanym podmiotów wyraźnie zarysowała się różnica między instytucjami aktywnie testującymi narzędzia cyfrowej symbiozy przemysłowej a tymi, które wciąż nie znają tego konceptu.

Kilku uczestników — zwłaszcza z dużych firm konsultingowych i wyspecjalizowanych platform ponownego wykorzystania — **wykazuje głębokie zrozumienie koncepcji cyfrowej symbiozy przemysłowej i jej praktycznego wdrożenia**. Na przykład przedstawiciel Asplan Viak (Norwegia) zauważył: „Używamy platform i symulacji do zarządzania ponownym wykorzystaniem w budownictwie — ale wiele MŚP nie widzi, jak narzędzia cyfrowe mogą im pomóc.” To podkreśla cyfrową przepaść nie tylko w użyciu narzędzi, ale także w koncepcyjnym zrozumieniu, czym jest cyfrowa symbioza przemysłowa.

Na drugim końcu spektrum, kilka MŚP stwierdziło, że choć angażują się w ponowne wykorzystanie lub praktyki cyrkularne, **nie znają terminu symbioza przemysłowa ani jego cyfrowych komponentów (DIS)**. Jak wyjaśnił jeden z respondentów z Polski: „Nie znałem tego terminu, ale już próbujemy ponownie wykorzystywać resztki z innymi firmami — po prostu tego tak nie nazywamy.” Sugeruje to, że odpowiednie działania mają miejsce, ale często poza nomenklaturą cyfrowej symbiozy przemysłowej lub bez cyfrowej koordynacji.

Inne MŚP ze Słowenii odzwierciedliło to **częściowe zrozumienie**, stwierdzając: „Pomysł jest bardzo przydatny, ale nasze zrozumienie jest wciąż ograniczone — zwłaszcza w kwestii cyfrowej.” Komentarz ten ilustruje szerszy wzorec: cyfrowa symbioza przemysłowa jest często postrzegana jako abstrakcyjna lub techniczna koncepcja, a wiele mniejszych organizacji nie ma ekspozycji ani zdolności, by zbadać jej strategiczne korzyści.

Ponadto, **świadomość jest kształtowana przez postrzeganą istotność i presję instytucjonalną**. Jedno MŚP zauważyło: „Dopiero zaczynamy badać cyrkularność. Cyfrowa symbioza przemysłowa brzmi interesująco, ale potrzebujemy bardziej konkretnych wskazówek.” Podobnie przedstawiciel stowarzyszenia NHO (Norwegia) podkreślił: „Gdyby rząd tego wymagał, więcej osób zwróciłoby na to uwagę. Na razie jest to dobrowolne, więc wielu nie widzi pilności.”

Wśród wywiadów **widoczna jest wyraźna otwartość i zainteresowanie ideą cyfrowej symbiozy**, szczególnie wśród tych, którzy już pracują nad celami zrównoważonego rozwoju lub projektami zamówień publicznych. Jednak przejście od podstawowej świadomości do świadomego zaangażowania jest wciąż na wczesnym etapie dla

wielu. Bariery obejmują niejasność pojęciową, brak ekspozycji na funkcjonalne narzędzia oraz ograniczone zrozumienie roli integracji danych i platform w ułatwianiu wymiany materiałów.

## 5.2 PB2: Jakie korzyści i możliwości uczestnicy wiążą z wdrażaniem rozwiązań cyfrowej symbiozy przemysłowej?

W trakcie wywiadów uczestnicy wskazali szeroki zakres konkretnych i strategicznych korzyści związanych z wdrażaniem cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS). Korzyści te obejmują efektywność kosztową, zrównoważony rozwój, optymalizację operacyjną i innowacje. Chociaż nacisk różni się w zależności od typu organizacji i poziomu dojrzałości cyfrowej, ogólny ton jest optymistyczny co do długoterminowej wartości adopcji rozwiązań cyfrowej symbiozy przemysłowej.

Jedną z najczęściej wymienianych korzyści jest **redukcja kosztów** — zarówno poprzez minimalizację odpadów, jak i bardziej efektywne wykorzystanie zasobów. Jak wyjaśnił przedstawiciel polskiego MŚP: „Oszczędzamy pieniądze, ponownie wykorzystując pozostałe materiały z poprzednich projektów. Dzięki lepszym narzędziom planowania moglibyśmy pójść jeszcze dalej.” Podobnie respondenci podkreślają, jak narzędzia śledzenia materiałów i prognozowania mogą zmniejszyć nadmierne zamówienia i odpady podczas faz zakupów i budowy.

Kilku rozmówców podkreśliło znaczenie **przejrzystości i przewidywalności** w procesach cyfrowej symbiozy przemysłowej. Na przykład interesariusz z Sirken (Norwegia) opisał, jak „narzędzia AI pomagają nam identyfikować możliwości ponownego wykorzystania, które inaczej byśmy przeoczyli.” Zdolność do cyfrowego mapowania materiałów i prognozowania potencjału ponownego wykorzystania wspiera podejmowanie decyzji oparte na danych, co nie tylko poprawia efektywność, ale także buduje zaufanie między interesariuszami w współdzielonych łańcuchach wartości.

**Optymalizacja logistyki** to kolejny kluczowy obszar możliwości. Jeden z uczestników zauważył: „Planowanie cyfrowe pozwala nam zsynchronizować logistykę ponownego wykorzystania z harmonogramami produkcji, co oszczędza czas i emisje.” To wpisuje się w szersze spojrzenie, że narzędzia cyfrowej symbiozy przemysłowej mogą umożliwić bardziej oszczędne, zrównoważone operacje, szczególnie w połączeniu z geolokalizacją i danymi w czasie rzeczywistym.

Z perspektywy strategicznej uczestnicy wiążą cyfrową symbiozę przemysłową z **nowymi modelami biznesowymi i innowacjami usługowymi**. Respondent ankiety z cyrkularnego MŚP stwierdził: „Badamy sposoby ponownego przemysłowania wykorzystania resztek do tworzenia nowych usług.” Inni widzą potencjał w cyfrowych rynkach, sieciach ponownego wykorzystania i konsultingu projektowania cyrkularnego, gdzie wartość jest tworzona nie z sprzedaży materiałów, ale z organizowania i optymalizacji przepływów.

Co więcej, cyfrowa symbioza przemysłowa jest powiązana z możliwościami symulacyjnymi, które **wspierają proaktywne planowanie i testowanie scenariuszy**. Jak ujął to jedno słoweńskie MŚP: „Narzędzia cyfrowe umożliwiają symulację i przewidywanie. To oszczędza czas i wspiera lepsze decyzje.” Narzędzia te są szczególnie cenne w złożonych projektach budowlanych, gdzie opcje cyrkularne muszą być rozważane w kontekście budżetu i ograniczeń czasowych.

Wywiady odzwierciedlają również rosnące dopasowanie między cyfrową symbiozą przemysłową a celami transformacji organizacyjnej. Dla niektórych cyfrowa symbioza przemysłowa to więcej niż narzędzie — to część ich tożsamości. „Postrzegamy cyfrową symbiozę przemysłową jako strategiczną szansę — nie tylko dla zgodności, ale dla innowacji i konkurencyjności” — wyjaśnił przedstawiciel FutureBuilt (Norwegia).

Podsumowując, uczestnicy wiążą cyfrową symbiozę przemysłową z unikalnym połączeniem wartości środowiskowych, ekonomicznych i technologicznych. Umożliwia organizacjom osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju, redukcję kosztów, odblokowanie kreatywnych możliwości ponownego wykorzystania oraz wzmacnianie współpracy międzysektorowej. Choć niektóre korzyści są już realizowane, wielu widzi jeszcze większy potencjał w miarę dojrzewania narzędzi i ewolucji ekosystemów.

### 5.3 PB3: Jakie bariery lub wyzwania utrudniają adopcję praktyk cyfrowej symbiozy przemysłowej w MŚP?

Chociaż cyfrowa symbioza przemysłowa (DIS) ma znaczący potencjał, jej adopcja pozostaje ograniczona — szczególnie wśród małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP). Wywiady ujawniły szereg powiązanych ze sobą wyzwań, obejmujących luki regulacyjne, ograniczenia finansowe, złożoność techniczną i fragmentację systemową.

Jedną z najczęściej wymienianych przeszkód jest **brak regulacji lub prawnych mandatów dotyczących ponownego wykorzystania i koordynacji cyfrowej**. Bez możliwych do wyegzekwowania polityk lub zasad zamówień cyrkularnych wiele MŚP pozostaje niechętnych do inwestowania w narzędzia lub przepływy pracy zorientowane na ponowne wykorzystanie. Jak zauważył respondent z Asplan Viak (Norwegia): „Mandat ponownego wykorzystania jeszcze nie istnieje. Bez niego wielu aktorów nie chce uczestniczyć.” To odzwierciedla szersze obawy, że dobrowolna adopcja nie nabiera rozpędu w obliczu braku czynników politycznych.

**Ograniczenia finansowe** stanowią kolejną istotną barierę — zarówno pod względem kosztów początkowych, jak i postrzeganego zwrotu z inwestycji. Norweskie MŚP wyjaśniło: „Chcemy spróbować nowych rozwiązań cyfrowych, ale trudno uzasadnić koszt, gdy oszczędności nie są gwarantowane.” Dla wielu mniejszych firm ryzyko przyjęcia nieznanymi i złożonymi technologiami bez wyraźnych zwrotów ekonomicznych jest zbyt wysokie.



**Złożoność i użyteczność obecnych narzędzi** również pojawiły się jako powtarzające się obawy. Kilku uczestników podzieliło się, że dostępne platformy nie są przyjazne dla użytkownika i wymagają wiedzy technicznej, której MŚP często brakuje. Jak ujął to jeden respondent ankiety: „Użyteczność narzędzi musi się poprawić. Obecnie wymaga zbyt dużej wiedzy technicznej.” Brak uproszczonego onboardingu, intuicyjnego projektowania i dokumentacji przyjaznej dla MŚP zniechęca do szerszego użytkowania.

Kolejną krytyczną barierą jest **brak standardowych formatów danych i systemów klasyfikacji**, co utrudnia dzielenie się, porównywanie lub dopasowywanie możliwości ponownego wykorzystania między platformami. Uczestnik z Resirqel (Norwegia) stwierdził: „Jakość danych na istniejących platformach jest bardzo niespójna, co wpływa na planowanie.” Brak zaufania do cyfrowych inwentarzy — czy to z powodu nieaktualnych wpisów, brakujących specyfikacji materiałów czy niezgodności formatów — ogranicza skuteczność narzędzi cyfrowej symbiozy przemysłowej.

Ponadto wiele przepływów pracy ponownego wykorzystania jest nadal ręcznych i odizolowanych, co prowadzi do **wysokich kosztów koordynacji**. Koordynator ponownego wykorzystania z Norwegii podzielił się: „Logistyka to ogromna bariera. Koordynacja ponownego wykorzystania na wielu placach jest czasochłonna bez odpowiedniego wsparcia cyfrowego.” Te operacyjne tarcia utrudniają skalowanie wysiłków ponownego wykorzystania, zwłaszcza gdy materiały muszą być transportowane, przechowywane lub modyfikowane przed ponownym zastosowaniem.

Na koniec, kilku respondentów podkreśliło **fragmentację między systemami i aktorami**, zauważając, że odłączone narzędzia i konkurujące inicjatywy ponownego wykorzystania często wprowadzają zamieszanie zamiast wspierać użytkowników. Jak ujął to jeden polski respondent: „Potrzebujemy jednego punktu wejścia, a nie pięciu różnych platform ponownego wykorzystania, które ze sobą nie współpracują.”

Podsumowując, choć zainteresowanie cyfrową symbiozą przemysłową rośnie, bariery systemowe nadal utrudniają powszechną adopcję — szczególnie wśród MŚP. Pokonanie tych wyzwań wymaga połączenia dostosowania polityki, zachęt finansowych, standaryzacji platform i rozwoju narzędzi skoncentrowanych na użytkowniku, wszystko oparte na specyficznych potrzebach i ograniczeniach mniejszych aktorów.

#### 5.4 PB4: Jakiego rodzaju szkolenia lub wsparcia potrzebują uczestnicy, aby skutecznie zaangażować się w rozwiązania cyfrowej symbiozy przemysłowej?

Jednym z najjasniejszych i najbardziej spójnych wniosków z wywiadów jest to, że skuteczne szkolenia i wsparcie są niezbędnymi warunkami wstępnymi dla zaangażowania MŚP i instytucji w cyfrową symbiozę przemysłową (DIS). Uczestnicy jednogłośnie wyrazili silne pragnienie praktycznych, dostępnych i specyficznych dla



kontekstu szkoleń, dostosowanych do ich istniejących zdolności i codziennych przeptywów pracy.

Powtarzającym się żądaniem są **podstawowe, wizualne i krok po kroku zasoby szkoleniowe**. Pomogłyby one użytkownikom — szczególnie tym w mniejszych organizacjach — zrozumieć nie tylko, jak używać narzędzi cyfrowych, ale dlaczego są one ważne. Jak zauważył jeden respondent MŚP: „Potrzebujemy podstawowych materiałów szkoleniowych. Krok po kroku, najlepiej wizualnych.” To preferencja odzwierciedla fakt, że wielu użytkowników angażujących się w cyfrową symbiozę przemysłową to nie profesjonalści IT, ale personel techniczny lub menedżerowie o ograniczonej cyfrowej biegłości.

Poza użytecznością, uczestnicy poszukują również **szkoleń, które koncentrują się na przypadkach biznesowych i rzeczywistych przykładach**, a nie tylko na instrukcjach technicznych. Kilku respondentów stwierdziło, że byłoby bardziej skłonni do przyjęcia rozwiązań cyfrowych, gdyby mogli zobaczyć, jak inni zrobili to z sukcesem. Jeden uczestnik z Włoch podkreślił: „Najbardziej pomocne było zobaczenie, co zrobiło inne MŚP. Praktyczne przykłady robią całą różnicę.” To wskazuje na znaczenie uczenia się od rówieśników, demonstracji opartych na przypadkach i opowieści w formatach szkoleniowych.

Kolejnym ważnym tematem jest **potrzeba wskazówek specyficznych dla sektora**, szczególnie w budownictwie i produkcji, gdzie typy materiałów, regulacje i przepływy pracy znacznie się różnią. Respondent z Norwegii podzielił się: „Szkolenia powinny być dostosowane do naszej branży. Na razie są zbyt ogólne i nie odzwierciedlają tego, jak rzeczy działają na miejscu.” To podkreśla znaczenie kontekstualizacji edukacji o cyfrowej symbiozie przemysłowej w rzeczywistych środowiskach operacyjnych.

Uczestnicy wzywają również do **szkoleń dotyczących szerszego systemu, nie tylko interfejsów narzędzi**. Obejmuje to naukę interpretacji danych, łączenia planowania ponownego wykorzystania z modelowaniem informacji o budynkach (BIM), poruszania się po ramach prawnych i regulacyjnych oraz koordynacji z wieloma aktorami w sieci symbiozy. Jak ujął to jeden uczestnik ankiety: „Musimy zrozumieć cały system — nie tylko narzędzie, ale także zasady, partnerów i procesy.”

Na koniec, rozmówcy podkreślili **rolę instytucji publicznych, stowarzyszeń branżowych i organizacji badawczych jako umożliwicieli transferu wiedzy**. Ciągłe wsparcie — poprzez infolinie, centra informacyjne, zestawy narzędzi lub regionalne warsztaty — jest postrzegane jako kluczowe dla budowania zdolności, zwłaszcza w obszarach, gdzie wiedza cyfrowa lub cyrkularna wciąż się rozwija.

Podsumowując, uczestnicy nie proszą o więcej narzędzi — proszą o lepsze sposoby zrozumienia i zastosowania tych narzędzi w znaczący, zarządzalny sposób. Skuteczne szkolenie dotyczące cyfrowej symbiozy przemysłowej musi być proste, ale strategiczne, dostępne, ale ambitne, i zawsze oparte na realiach użytkowników i sektorów na pierwszej linii transformacji cyrkularnej.

## 5.5 PB5: Jak uczestnicy postrzegają rolę platform cyfrowych w ułatwianiu współpracy cyrkularnej i współdzielenia zasobów?

Uczestnicy we wszystkich sektorach i krajach konsekwentnie podkreślali, że platformy cyfrowe są kluczowe dla umożliwienia skutecznej cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS). Dalekie od bycia postrzeganymi jako opcjonalne narzędzia, platformy są opisywane jako fundament widoczności, koordynacji i współpracy w systemach cyrkularnych.

Respondenci wyróżnili kilka podstawowych funkcji platform cyfrowych: **śledzenie ponownego wykorzystania, dopasowywanie materiałów i monitorowanie wpływu**. Te zdolności są postrzegane jako kluczowe dla przekształcenia ambicji cyrkularnych w rzeczywistość operacyjną. Jak wyjaśnił przedstawiciel Sirken (Norwegia): „Używamy platform z narzędziami śledzenia i sztuczną inteligencją do optymalizacji logistyki ponownego wykorzystania.” Automatyzując identyfikację dostępnych materiałów i dopasowując je do potencjalnych użytkowników, takie platformy zmniejszają koszty transakcji i umożliwiają szybsze, mądrzejsze podejmowanie decyzji.

Uczestnicy podkreślali również, że platformy nie powinny działać w izolacji. Istnieje silne **wezwanie do integracji z istniejącymi systemami planowania i zarządzania**, szczególnie w budownictwie. Na przykład respondent z FutureBuilt (Norwegia) stwierdził: „Platformy powinny być publiczne i powiązane z systemami planowania, takimi jak BIM.” Ta integracja jest postrzegana jako kluczowa dla włączenia myślenia o ponownym wykorzystaniu do podstawowych przepływów pracy, takich jak projektowanie projektów, zamówienia i pozwolenia.

Powtarzającą się obawą wśród uczestników była **fragmentacja obecnych platform ponownego wykorzystania**. Wielu zauważyło, że rosnąca liczba narzędzi — często opracowywanych dla konkretnych projektów lub regionów — prowadzi do zamieszania i nieefektywności. Polskie MŚP podzieliło się: „Potrzebujemy jednego punktu wejścia, a nie pięciu różnych platform ponownego wykorzystania, które ze sobą nie współpracują.” To podkreśla potrzebę interoperacyjności i koordynacji między systemami, najlepiej kierowanej przez wspólne standardy lub zarządzanie publiczne.

**Zaufanie i przejrzystość również pojawiły się jako kluczowe tematy**. Uczestnicy podkreślali, że aby platformy działały jako ekosystemy, muszą oferować wiarygodne dane, jasną dokumentację i otwarty dostęp. Jeden z twórców zauważył: „Dostęp do wiarygodnych danych ponownego wykorzystania jest kluczowy. Bez zaufania do danych nikt nie będzie używał platformy.” Inni sugerowali, że publiczne lub półpubliczne platformy, wspierane przez rządy lub sojusze branżowe, mają większe szanse na zyskanie popularności wśród grup użytkowników.

Kolejnym ważnym spostrzeżeniem jest to, że **platformy powinny wspierać budowanie ekosystemów, a nie tylko transakcje**. Respondent ze stowarzyszenia NHO (Norwegia) skomentował: „Ekosystem ma znaczenie. Platforma to tylko narzędzie, jeśli cały system go nie wspiera.” Odzwierciedla to pogląd, że platformy muszą być osadzone w

ramach prawnych, strukturach zachęt, sieciach użytkowników i systemach wsparcia instytucjonalnego, aby dostarczać rzeczywisty wpływ cyrkularny.

Podsumowując, uczestnicy postrzegają platformy nie tylko jako czynniki umożliwiające cyfrowe ponowne wykorzystanie, ale także jako strukturalne infrastruktury dla współpracy przemysłowej. Aby odnieść sukces, platformy muszą być zintegrowane, interoperacyjne, godne zaufania i zaprojektowane z myślą o potrzebach użytkowników i dynamice ekosystemu.

## 5.6 PB6: Jakie rekomendacje polityczne lub zmiany systemowe sugerują uczestnicy, aby promować cyfrową symbiozę przemysłową na poziomie lokalnym lub regionalnym?

Uczestnicy dostarczyli szeroki zakres konkretnych, możliwych do wdrożenia rekomendacji politycznych mających na celu usunięcie barier strukturalnych i przyspieszenie przyjmowania cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS). Ich sugestie obejmują mandaty regulacyjne, zachęty ekonomiczne, infrastrukturę cyfrową i reformy zarządzania, odzwierciedlając głęboką świadomość, że zmiana systemowa jest potrzebna, aby umożliwić cyfrową symbiozę przemysłową poza izolowanymi projektami pilotażowymi.

Centralną rekomendacją jest **wprowadzenie prawnych wymogów lub kwot ponownego wykorzystania**, szczególnie w sektorach takich jak budownictwo, gdzie potencjał ponownego wykorzystania jest wysoki, ale niedostatecznie wykorzystywany. Kilku uczestników podkreśliło, że **podejścia dobrowolne są niewystarczające**. Jak zauważył rozmówca z Asplan Viak (Norwegia): „Mandat ponownego wykorzystania jeszcze nie istnieje. Bez niego wielu aktorów nie chce uczestniczyć.” Ustalenie minimalnych procentów ponownego wykorzystania w kodeksach budowlanych lub przetargach publicznych było postrzegane jako potężna dźwignia do napędzania adopcji.

Uczestnicy wezwali również do **rozwoju krajowych lub regionalnych systemów logistycznych**, które mogłyby wspierać operacyjną stronę cyfrowej symbiozy przemysłowej. Obejmowałyby one współdzielony transport, magazynowanie i koordynację odwrotnego łańcucha dostaw, zwłaszcza dla dużych lub łatwo psujących się materiałów. Przedstawiciel Sirkulær Ressurssentral zasugerował: „Potrzebujemy krajowych systemów, które mogą koordynować logistykę i zapewnić, że materiały nie marnują się tylko dlatego, że nikt nie może ich odebrać.” Te systemy pomogłyby wypełnić lukę między dostępnością materiałów a możliwością ponownego wykorzystania.

Kolejnym priorytetowym obszarem jest **standaryzacja dokumentacji cyfrowego ponownego wykorzystania**, w tym **taksonomii dla materiałów, wymagań dotyczących metadanych i protokołów integracji dla platform**. Brak spójnej klasyfikacji był postrzegany jako główna bariera dla skalowania cyfrowej symbiozy przemysłowej. Jak wyjaśnił jeden z twórców platformy: „Nie możemy skalować

ponownego wykorzystania, jeśli każdy aktor używa innej nazwy lub formatu dla tego samego materiału." Uczestnicy wezwali decydentów politycznych do ustanowienia otwartych standardów danych, współtworzonych z przemysłem i gminami.

**Zachęty finansowe** były kolejną powtarzającą się rekomendacją. Respondenci wzywali do grantów, dotacji i ulg podatkowych, aby wspierać modele biznesowe oparte na gospodarce cyrkularnej i inwestycje cyfrowe. Te zachęty obniżyłyby początkowe ryzyko dla MŚP i zachęciłyby do szerszego uczestnictwa. Jeden respondent MŚP stwierdził: „Gdybyśmy mieli finansowanie na adopcję narzędzi i szkolenia, poruszałibyśmy się znacznie szybciej.”

**Polityka podatkowa** pojawiła się jako zaskakujący, ale krytyczny temat. Kilku respondentów wskazało, że obecne ramy podatkowe penalizują ponowne wykorzystanie — na przykład przez opodatkowanie ponownie używanych materiałów, jakby były nowe, lub przez stosowanie pełnego VAT do komponentów wtórnych. Jak wyjaśnił jeden rozmówca: „Potrzebujemy reformy podatkowej, aby ponowne wykorzystanie było ekonomicznie opłacalne — nie może kosztować więcej niż kupowanie nowego.”

Na koniec, uczestnicy podkreślili rolę **zamówień publicznych i przywództwa rządowego**. Nakazanie wymagań cyrkularnych i cyfrowych w projektach publicznych wysłałoby silny sygnał rynkowy. Przedstawiciel stowarzyszenia NHO (Norwegia) zauważył: „Klienci publiczni powinni dawać przykład. Jeśli gminy będą wymagały ponownego wykorzystania i cyfrowej symbiozy przemysłowej, reszta rynku podąży za nimi.”

Podsumowując, uczestnicy wezwali do wielowarstwowego podejścia politycznego, aby wspierać cyfrową symbiozę przemysłową — łączącego jasność regulacyjną, zachęty ekonomiczne, inwestycje w infrastrukturę cyfrową i strategiczną reformę zamówień. Te zmiany systemowe nie tylko zmniejszyłyby obecne bariery, ale także stworzyłyby stabilne warunki rynkowe dla rozkwitu innowacji cyrkularnych.

## 6 Dyskusja

Wyniki tej analizy tematycznej dostarczają silnego empirycznego wsparcia i rozwinięcia dla teoretycznych koncepcji opisanych w Raporcie Analizy Danych (luty 2025). Podkreślają, że przejście od liniowych do cyrkularnych modeli produkcji nie jest wyłącznie wyzwaniem technologicznym, lecz zasadniczo transformacją społeczno-organizacyjną. Cyfrowa symbioza przemysłowa (DIS) jawi się jako kluczowy facilitator w tym procesie — oferując narzędzia, platformy i mechanizmy koordynacji, które czynią współpracę cyrkularną mierzalną, zarządzalną i skalowalną.

Powtarzającym się tematem w wywiadach jest to, że platformy cyfrowej symbiozy przemysłowej pełnią rolę „obiektów granicznych”, jak opisano w literaturze, łącząc luki między różnymi aktorami, takimi jak gminy, MŚP, sieci przemysłowe i dostawcy usług cyfrowych. Platformy te pośredniczą w budowaniu zaufania, przejrzystości i operacyjnej spójności, umożliwiając interesariuszom wizualizację przepływów



zasobów, koordynację wysiłków ponownego wykorzystania oraz monitorowanie wpływu środowiskowego i ekonomicznego. Wywiady potwierdzają jednak, że takie platformy nie mogą działać w izolacji — zależą od wspólnych taksonomii, jasności prawnej i wsparcia instytucjonalnego, co odzwierciedla koncepcję Baasa i Boonsa (2004), że sukces symbiozy przemysłowej zależy w równym stopniu od norm społecznych i struktur zarządzania, co od fizycznych wymian.

Kolejnym spostrzeżeniem potwierdzonym przez dane jest fazowy charakter dojrzałości cyfrowej symbiozy przemysłowej, jak zaproponowano w Raporcie Analizy Danych. Niektórzy aktorzy pozostają na wczesnych, eksperymentalnych etapach — angażując się w nieformalne, doraźne praktyki ponownego wykorzystania bez koordynacji cyfrowej — podczas gdy inni wkraczają w fazę ekosystemu mediowanego przez platformy, gdzie śledzenie w czasie rzeczywistym, dopasowywanie za pomocą AI i integracja z BIM określają ich operacje. Ten etapowy rozwój sugeruje, że ścieżki wdrożenia DIS muszą być elastyczne, adaptacyjne i responsywne na konteksty sektorowe i regionalne.

Co ważne, wywiady uwypuklają trwałe luki między potencjałem a praktyką. Pomimo rosnącego entuzjazmu, wiele MŚP wciąż brakuje cyfrowej biegłości, zasobów finansowych lub zachęt regulacyjnych, aby w pełni zaangażować się w cyfrową symbiozę przemysłową. Odzwierciedla to podwójną asymetrię: jedną między technologicznym potencjałem cyfrowej symbiozy przemysłowej a rzeczywistą zdolnością instytucjonalną, oraz drugą między wczesnymi użytkownikami a opóźnionymi sektorami lub regionami. Te luki nie są tylko techniczne, ale strukturalnie osadzone w obecnych systemach politycznych, ekonomicznych i szkoleniowych.

Jednym z najbardziej uderzających ustaleń jest brak spójnych mechanizmów wyceny ponownie używanych materiałów, co również podkreślono w Raporcie Analizy Danych. Bez jasnych standardów określających, jak wyceniać, oceniać i certyfikować ponownie używane materiały — szczególnie w odniesieniu do nowych materiałów — ekonomiczny argument za ponownym wykorzystaniem pozostaje kruchy. To zniechęca do inwestycji i czyni praktyki cyrkularne podatnymi na wahania warunków rynkowych.

Ponadto dane empiryczne rozwijają ideę platform jako infrastruktury, punkt krótko omówiony w literaturze teoretycznej. Uczestnicy sugerują, że platformy cyfrowej symbiozy przemysłowej powinny być postrzegane i zarządzane nie jako prywatne narzędzia, lecz jako publiczne lub półpubliczne infrastruktury cyfrowe, podobne do dróg, sieci energetycznych czy systemów monitorowania środowiska. Ta rekonceptualizacja miałaby znaczące implikacje dla projektowania platform, modeli finansowania, zasad dostępu i ram zarządzania.

Na koniec, wywiady wprowadzają zniuansowane zrozumienie sprawczości i motywacji w adopcji cyfrowej symbiozy przemysłowej. Podczas gdy niektóre organizacje są napędzane zgodnością lub logiką finansową, inne są motywowane względami etycznymi, środowiskowymi lub reputacyjnymi. To potwierdza, że zaangażowanie w cyfrową symbiozę przemysłową jest wielokierunkowo



motywowane i kulturowo osadzone, wymagając strategii komunikacyjnych, które przemawiają do czegoś więcej niż tylko wartości ekonomicznej.

Podsumowując, ta dyskusja pokazuje, że choć cyfrowa symbioza przemysłowa ma ogromny potencjał transformacyjny, jego realizacja zależy od zintegrowanych strategii obejmujących wymiary techniczne, regulacyjne, instytucjonalne i kulturowe. Spostrzeżenia tutaj oferują solidną podstawę empiryczną dla kształtowania takich strategii.

## 7 Wnioski, ograniczenia i przyszłe badania

Cyfrowa symbioza przemysłowa oferuje znaczące korzyści w zakresie efektywności, innowacji i wydajności środowiskowej. Jednak jej adopcja pozostaje nierównomierna. Bariery systemowe, takie jak niepewność regulacyjna, ograniczona interoperacyjność i cyfrowa biegłość, muszą zostać zaadresowane. Aby w pełni zrealizować potencjał cyfrowej symbiozy przemysłowej, potrzebne są skoordynowane wysiłki między władzami publicznymi, prywatnymi firmami i dostawcami technologii.

Niniejsze badanie opiera się na nielosowej próbie 16 wywiadów i może nie w pełni uchwycić wszystkie różnice regionalne lub sektorowe. Różnorodność językowa i ręczne kodowanie mogą również wprowadzać błędy interpretacyjne. Pomimo tych ograniczeń, wyniki oferują solidną podstawę empiryczną dla przyszłych działań.

Przyszłe badania powinny skoncentrować się na testowaniu platform cyfrowej symbiozy przemysłowej w rzeczywistych ustawieniach pilotażowych, ocenie ekonomicznych skutków mandatów ponownego wykorzystania oraz eksploracji podejść projektowania zorientowanego na człowieka dla narzędzi cyfrowych. Ponadto potrzebne są badania długoterminowe, aby ocenić długoterminowe zmiany we wzorcach współpracy przemysłowej umożliwionych przez cyfrową symbiozę przemysłową.

## 8 Źródła

Baas, L. W., & Boons, F. A. (2004). The introduction and diffusion of industrial symbiosis: an explorative study. *Ecological Economics*, 49(1), 1–13.

Chertow, M. R. (2007). Uncovering industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30.

Paquin, R. L., & Howard-Grenville, J. (2012). The evolution of facilitated industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 83–93.

Digital Industrial Symbiosis: Literature Review. (2025). Desk Research Report. Prepared for Erasmus+ Project (Version: 16.2.2025).



## CZĘŚĆ IV: STUDIA PRZYPADKÓW – PRZYKŁADY SYMBIOZY PRZEMYSŁOWEJ W PRAKTYCE

### 1 Od sieci rybackich do mody – Jak AquafilSLO wdraża gospodarkę cyrkularną

#### **Podsumowanie:**

AquafilSLO, część Grupy Aquafil, specjalizuje się w zbieraniu i wstępnym przetwarzaniu odpadów nylonowych, które są regenerowane w wysokiej jakości przędzę ECONYL®. Dzięki innowacyjnej technologii i strategicznym globalnym partnerstwom firma stworzyła modelowe rozwiązanie gospodarki cyrkularnej, które przekształca odpady w wartościowe produkty.

#### **Kontekst i wyzwanie:**

Odpady nylonowe, w tym sieci rybackie i dywany, znacząco przyczyniają się do globalnego zanieczyszczenia. AquafilSLO postawiło sobie za cel zmniejszenie tego wpływu poprzez przekształcenie odpadów w zasoby, zamykając obieg w przemyśle włókien syntetycznych.

#### **Rozwiązanie – podejście AquafilSLO:**

Zbieranie odpadów:

- Zakład AquafilSLO w Ajdovščinie na Słowenii zbiera odpady nylonowe z całego świata.

Źródła obejmują:

- Porzucone sieci rybackie od organizacji pozarządowych i społeczności nadmorskich (np. Healthy Seas),
- Odpady dywanowe od producentów (np. Interface),
- Ścinki przemysłowe z procesów produkcyjnych.

Wstępne przetwarzanie:

- Odpady są mechanicznie czyszczone i sortowane na Słowenii, aby przygotować je do regeneracji chemicznej.

Regeneracja:

- Odpady są wysyłane do zakładów Aquafil we Włoszech, gdzie są przekształcane w ECONYL® – w 100% regenerowany nylon używany w modzie, odzieży sportowej i wnętrzach.

#### Wyniki i wpływ:

| Aspekt       | Wpływ                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Środowiskowy | Redukcja emisji CO <sub>2</sub> nawet o 90% w porównaniu z nylonem pierwotnym |
| Ekonomiczny  | Tworzenie wartości z odpadów, globalne partnerstwa z markami                  |
| Społeczny    | Współpraca z lokalnymi społecznościami i organizacjami pozarządowymi          |

#### Kluczowe wnioski:

- Innowacje technologiczne i współpraca są kluczowe dla systemów cyrkularnych.
- Odpady stają się wartościowym surowcem, gdy podejź się do nich strategicznie.
- Modele biznesowe oparte na gospodarce cyrkularnej mogą wspierać zarówno zrównoważony rozwój, jak i rentowność.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jakie są kluczowe czynniki sukcesu modelu AquafilSLO?
2. W jaki sposób współpraca zewnętrzna zwiększa zrównoważony rozwój?
3. Czy ten model można zreplikować w innych branżach?

#### Zasoby:

- AquafilSLO: <https://www.aquafil.com/locations/aquafil-slo-ajdovscina/>
- Healthy Seas: <https://www.healthyseas.org/>
- SYMBI Interreg Project: [https://projects2014-2020.interregeurope.eu/fileadmin/user\\_upload/tx\\_tevprojects/library/file\\_1583136065.pdf](https://projects2014-2020.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1583136065.pdf)

## 2 Od butelek do krzeseł – Strategia zrównoważonego projektowania Donar

#### Podsumowanie:

Słoweński producent mebli Donar przekształca przetworzony PET i filc poliestrowy w nagradzane meble. Dzięki współpracy z firmami zajmującymi się recyklingiem, Donar integruje symbiozę przemysłową w swoim modelu produkcyjnym i przekierowuje ponad 15 ton surowców rocznie.

#### Kontekst i wyzwanie:

Przemysł meblarski w dużej mierze opiera się na surowcach pierwotnych, takich jak drewno i tworzywa sztuczne. Donar dostrzegł możliwość przeprojektowania łańcucha dostaw, wykorzystując lokalnie dostępne materiały z recyklingu i skupiając się na projektowaniu produktów w duchu gospodarki cyrkularnej.

### **Rozwiązanie – Praktyka cyrkularna Donar:**

Wykorzystanie materiałów:

- Wykorzystuje przetworzone butelki PET i filc PES jako podstawowe surowce.
- Redukuje zapotrzebowanie na materiały pierwotne o 15 ton rocznie.

Innowacje produktowe:

Wyróżniające się produkty to:

- NicoLess – minimalistyczne krzesło bez użycia kleju.
- ChatLoop – krzesło konferencyjne wykonane w całości z materiałów nadających się do recyklingu.

Symbioza przemysłowa:

- Współpracuje z lokalnymi firmami recyklingowymi, aby zapewnić stały dopływ materiałów.
- Wzmacnia lokalne cyrkularne łańcuchy wartości.

### **Wyniki i wpływ:**

| Aspekt              | Wpływ                                                                              |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b> | Redukcja zużycia surowców pierwotnych i ponowne wykorzystanie odpadów plastikowych |
| <b>Ekonomiczny</b>  | Oszczędności kosztów i unikalna pozycja rynkowa                                    |
| <b>Społeczny</b>    | Podnoszenie świadomości poprzez design i lokalną współpracę                        |

### **Kluczowe wnioski:**

- Symbioza przemysłowa tworzy wartość ekonomiczną i środowiskową.
- Projektowanie dla cyrkularności wykracza poza materiały – obejmuje cały cykl życia produktu.
- Zrównoważony rozwój może być zintegrowany z estetyką i innowacjami.

### **Pytania do dyskusji:**

1. W jaki sposób symbioza przemysłowa przyczynia się do stabilności produkcji?
2. Czy to podejście można dostosować do innych sektorów?
3. Jaką rolę odgrywa design w promowaniu gospodarki cyrkularnej?

### **Zasoby:**

- Donar: <https://www.donar.si>
- NicoLess: <https://donar.si/nicoless/>
- ChatLoop: <https://donar.si/chatloop/>



### 3 Od inwazyjnych chwastów do notesów – Cyrkularna innowacja Ljubljany

#### Podsumowanie:

Miasto Lublana przekształca japoński rdestowiec, inwazyjną roślinę, w produkty papierowe poprzez innowacyjne partnerstwo z lokalnymi instytucjami. Ta inicjatywa odpowiada na wyzwania środowiskowe, jednocześnie produkując zrównoważone alternatywy dla tradycyjnego papieru.

#### Kontekst i wyzwanie:

Japoński rdestowiec jest jednym z najbardziej agresywnych inwazyjnych gatunków roślin w Europie, niszczącym infrastrukturę i bioróżnorodność. Lublana postawiła sobie za cel zarządzanie tymi odpadami przy jednoczesnym promowaniu zrównoważonego wykorzystania materiałów.

#### Rozwiązanie – Cyrkularne przetwarzanie rdestowca:

Zbiór i przetwarzanie:

- Rdestowiec jest zbierany podczas miejskich prac konserwacyjnych.
- Roślina jest suszona, rozdrabniana i przygotowywana do produkcji masy papierniczej.

Partnerstwa:

- Instytut Celulozy i Papieru opracował metodę przekształcania włókien rdestowca w użyteczną masę papierniczą.
- Współpraca z lokalnymi producentami umożliwia tworzenie gotowych produktów.

Produkty:

- Papier z recyklingu jest wykorzystywany do produkcji notesów, zaproszeń, materiałów promocyjnych itp.

#### Wyniki i wpływ:

| Aspekt              | Wpływ                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b> | Kontrola inwazyjnych gatunków i ponowne wykorzystanie biomasy           |
| <b>Ekonomiczny</b>  | Nowe linie produktów i wsparcie dla lokalnych zielonych przedsiębiorstw |
| <b>Spółeczny</b>    | Edukacja publiczna i innowacje miejskie                                 |

#### Kluczowe wnioski:

- Lokalne wyzwania mogą inspirować cyrkularne innowacje.
- Instytucje publiczne mogą prowadzić zrównoważone zmiany poprzez partnerstwa.
- Naturalne strumienie odpadów mogą być przekształcane w produkty o wysokiej wartości.



### Pytania do dyskusji

1. Jak ten model można zastosować do innych biologicznych strumieni odpadów?
2. Jaka jest rola miast w promowaniu gospodarki cyrkularnej?
3. Czy inwazyjne gatunki mogą stać się wartościowymi zasobami?

### Zasoby:

- Europejska Platforma Interesariuszy Gospodarki Cyrkularnej (2024)
- Instytut Celulozy i Papieru: <https://www.icp-lj.si>
- Miasto Lublana: <https://www.ljubljana.si>

## 4 Przekształcanie odpadów w energię: Cyrkularne podejście Balticovo do zarządzania obornikiem drobiowym na Łotwie

### Podsumowanie:

Balticovo, wiodący producent jaj na Łotwie i jeden z największych w Europie Północnej, wdrożył innowacyjne praktyki gospodarki cyrkularnej, przekształcając obornik drobiowy w energię odnawialną. Dzięki zaawansowanym technologiom i strategicznym współpracom firma opracowała model wewnętrznej symbiozy przemysłowej, który zmniejsza wpływ na środowisko, zwiększa efektywność operacyjną i wspiera niezależność energetyczną kraju. Niniejsze studium przypadku analizuje strategię cyrkularną Balticovo, napotkane wyzwania, opracowane rozwiązania oraz osiągnięte rezultaty.

### Kontekst i wyzwanie:

Z ponad 3 milionami kur niosek i produkcją około 700 milionów jaj rocznie, Balticovo generuje ponad 70 000 ton obornika drobiowego każdego roku. Zarządzanie takimi odpadami stanowiło poważne wyzwania:

- Zarządzanie odpadami: Obsługa i utylizacja dużych ilości nawozu naturalnego w sposób przyjazny dla środowiska.
- Wpływ na środowisko: Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i wyłukiwania składników odżywczych związanych z nieprzetworzonym obornikiem.
- Zapotrzebowanie na energię: Poszukiwanie czystszych, odnawialnych alternatyw dla paliw kopalnych w celu zaspokojenia operacyjnych potrzeb energetycznych.

Te wyzwania skłoniły Balticovo do poszukiwania cyrkularnego rozwiązania, które przekształci odpady w wartość.

### Rozwiązanie – Podejście Balticovo:

Biogas and Biomethane Production:

- Balticovo stworzyło pionierski proces przekształcania obornika drobiowego w biogaz, a następnie oczyszczania go w biometan. System obejmuje:
- Zakład Egg Energy: Gdzie surowy obornik jest fermentowany w celu wytworzenia biogazu.
- Obiekt Bovo Gas (Iecava): Gdzie biogaz jest oczyszczany w biometan – odnawialną alternatywę dla gazu ziemnego.

Innowacje technologiczne:

- Obornik od kur niosek ma wysoką zawartość wapnia, co zazwyczaj utrudnia produkcję biogazu. Balticovo, we współpracy z ekspertami, przezwyciężyło tę przeszkodę, projektując dostosowany system fermentacji zdolny do efektywnego przetwarzania obornika drobiowego.

Symbioza przemysłowa:

- Obornik, wcześniej będący produktem ubocznym, teraz napędza produkcję energii odnawialnej, tworząc system zamkniętego obiegu między farmami Balticovo a zakładem biogazowym.

#### Wyniki i wpływ:

| Aspekt                           | Wpływ                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>              | Znaczna redukcja emisji CO <sub>2</sub> i metanu. Zmniejszone ryzyko środowiskowe związane z wyłukiwaniem składników odżywczych. Zastąpienie paliw kopalnych energią odnawialną. |
| <b>Niezależność energetyczna</b> | Wkład w cele Łotwy dotyczące energii odnawialnej. Umożliwienie Balticovo korzystania z samodzielnie wytwarzanej, zielonej energii w operacjach.                                  |
| <b>Efektywność operacyjna</b>    | Obniżone koszty utylizacji odpadów. Niższe koszty energii w dłuższej perspektywie.                                                                                               |
| <b>Reputacja i rynek</b>         | Pozycjonowanie Balticovo jako lidera zrównoważonego rozwoju w sektorze rolno-spożywczym. Wzmocnienie wizerunku marki wśród konsumentów świadomych ekologicznie.                  |

#### Kluczowe wnioski:

- Odpady mogą stać się zasobem – Model Balticovo pokazuje, że nawet trudne strumienie odpadów mogą być wartościowymi surowcami w gospodarce cyrkularnej.
- Innowacje przezwyciężają bariery – Wyzwania techniczne, takie jak skład obornika, można rozwiązać poprzez ukierunkowane badania i rozwój oraz partnerstwa.



- Symbioza przemysłowa zwiększa efektywność – Wyrównanie wyników produkcji (odpadów) z systemami energii odnawialnej tworzy synergię ekonomiczną i środowiskową.
- Zrównoważony rozwój wzmacnia pozycję rynkową – Praktyki cyrkularne nie tylko zmniejszają ślad środowiskowy, ale także zwiększają wartość marki.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jakie są potencjalne ryzyka i korzyści płynące z polegania na biogazie opartym na oborniku w operacjach na dużą skalę?
2. Jak ten model można dostosować do mniejszych gospodarstw lub innych rodzajów odpadów rolniczych?
3. Jaką rolę odgrywają rządy i dotacje w zapewnieniu opłacalności takich systemów?
4. W jaki sposób symbioza przemysłowa może rozszerzyć się poza energię, obejmując odzyskiwanie wody, ciepła lub składników odżywczych?

#### Zasoby:

- Strona Balticovo: <https://balticovo.lv/lv>
- Projekt biometanu Balticovo (relacje medialne): <https://balticovo.lv/lv/jaunumi/balticovo-atklaj-latvija-pirmo-biometana-uzpildes-staciju>
- Raport UE o biogospodarce (dla kontekstu): <https://ec.europa.eu>

## 5 Przekształcanie odpadów tekstylnych i papieru z recyklingu w ekologiczne materiały budowlane

#### Podsumowanie:

Balticfloc, łotewski producent, przekształca odpady papierowe i tekstylne z recyklingu w wysokowydajne materiały termoizolacyjne i akustyczne. Firma dostarcza ekologiczne alternatywy dla sektorów budowlanego i motoryzacyjnego, wykorzystując wtórne surowce, które w przeciwnym razie trafiłyby na wysypiska. Niniejsze studium przypadku analizuje podejście Balticfloc do gospodarki cyrkularnej, innowacje w przetwarzaniu materiałów, napotkane wyzwania oraz osiągnięte efekty ekonomiczne i środowiskowe.

#### Kontekst i wyzwanie:

Globalny przemysł budowlany znacząco przyczynia się do zużycia zasobów i generowania odpadów. Tradycyjne materiały izolacyjne często opierają się na energochłonnych procesach i surowcach pierwotnych. Balticfloc postawiło sobie za cel:

- Zmniejszenie zależności od nieodnawialnych zasobów.
- Zapobieganie trafilaniu odpadów tekstylnych i papierowych na wysypiska.
- Dostarczanie opłacalnych i zrównoważonych rozwiązań izolacyjnych.



- Spełnienie rosnącego zapotrzebowania na materiały z ekocertyfikatami na rynkach UE.

### **Rozwiązanie – Podejście Balticfloc:**

Wykorzystanie materiałów z recyklingu:

- Balticfloc pozyskuje surowce z pokonsumenckich strumieni odpadów tekstylnych i papierowych. Izolacja celulozowa jest produkowana z gazet, natomiast panele tekstylne wykorzystują przetworzone włókna.

Ekologiczne wytwarzanie:

- Produkcja unika chemicznych dodatków i wykorzystuje niskoenergetyczne procesy mechaniczne, przekształcając surowce w bezpieczne, wysokiej jakości produkty izolacyjne i włókniste.

Zastosowania produktów:

- Produkty Balticfloc są wykorzystywane w zrównoważonym budownictwie do izolacji termicznej i akustycznej, a także w wygłuszaniu motoryzacyjnym i projektach geotekstylnych.

### **Wyniki i wpływ:**

| <b>Aspekt</b>              | <b>Wpływ</b>                                                                                                                                                               |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>        | Znaczna redukcja odpadów na wysypiskach dzięki ponownemu wykorzystaniu papieru i tekstyliów. Niższy ślad węglowy w porównaniu do konwencjonalnych materiałów izolacyjnych. |
| <b>Innowacje</b>           | Udowodniona techniczna wykonalność przekształcania wtórnych surowców w wysokowydajne materiały budowlane.                                                                  |
| <b>Zasięg rynkowy</b>      | Dostarczanie produktów z ekocertyfikatami na rynki budowlane krajów bałtyckich i UE.                                                                                       |
| <b>Efektywność zasobów</b> | Proces produkcyjny w obiegu zamkniętym wykorzystujący biodegradowalne surowce wtórne.                                                                                      |
| <b>Marka i zgodność</b>    | Wzmocnienie ekologicznych referencji i dostosowanie do celów gospodarki cyrkularnej UE.                                                                                    |

### **Kluczowe wnioski:**

- Odpady jako zasób – Balticfloc udowadnia, że pokonsumenckie materiały mogą osiągać wydajność na poziomie przemysłowym.
- Zielone materiały odpowiadają na zapotrzebowanie rynku – Ekologicznie świadome firmy budowlane aktywnie poszukują rozwiązań izolacyjnych o niskim wpływie.





- Prosta, skalowalna produkcja – Niskotechnologiczne, niskoenergetyczne procesy mogą wspierać innowacje cyrkularne o wysokiej wartości.
- Zgodność z politykami UE – Zgodność z unijnymi zielonymi standardami wzmacnia możliwości rynkowe i dostęp do finansowania.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jak decydenci polityczni mogą wspierać przedsiębiorstwa przekształcające odpady tekstylne w produkty budowlane?
2. Jakie są ograniczenia izolacji celulozowej i tekstylnej w porównaniu z alternatywami, takimi jak wełna mineralna lub pianka?
3. Jak mniejsze firmy mogą wejść na rynek cyrkularnych produktów budowlanych?
4. W jaki sposób można zachęcić architektów i budowniczych do wybierania rozwiązań z materiałów z recyklingu?

#### Zasoby:

- Strona Balticfloc: <https://www.balticfloc.lv/>
- Informacje o izolacji celulozowej: <https://www.balticfloc.lv/produktus/celulozes-siltumizolacija/>

## 6 Tworzenie wartości z resztek: Zamknięty system biogazu i rolnictwa Agrofirma Tērvete

#### Podsumowanie:

Agrofirma Tērvete, jedna z najbardziej zróżnicowanych firm rolniczych na Łotwie, demonstruje udaną symbiozę przemysłową, integrując hodowlę zwierząt, uprawę roślin i produkcję energii z biogazu. Zamykając cykle składników odżywczych i energii, firma przekształca obornik i resztki rolnicze w energię odnawialną oraz organiczne nawozy, tworząc cyrkularny model, który przynosi korzyści zarówno środowisku, jak i efektywności operacyjnej. Niniejsze studium przypadku analizuje symbiotyczne systemy Agrofirma Tērvete, ich wdrożenie oraz szersze skutki.

#### Kontekst i wyzwanie:

Agrofirma Tērvete działa w wielu sektorach, w tym w hodowli bydła mlecznego, produkcji roślinnej i wytwarzaniu napojów. Jej rozległa działalność rolnicza generuje znaczne ilości obornika i resztek biomasy, co stwarza wyzwania logistyczne i środowiskowe:

- Wykorzystanie odpadów: Znaleźnię zrównoważonych metod zarządzania i valorizacji obornika oraz resztek roślinnych.
- Potrzeby energii odnawialnej: Zmniejszenie zależności od paliw kopalnych i poprawa samowystarczalności energetycznej.
- Recykling składników odżywczych: Wzmacnianie żyzności gleby bez stosowania nawozów syntetycznych.



- Zgodność środowiskowa: Dostosowanie operacji do unijnych zielonych regulacji i celów klimatycznych.

### **Rozwiązanie – Podejście Agrofirma Tērvete:**

Produkcja biogazu:

- Agrofirma Tērvete zbiera obornik i biomasę z operacji hodowlanych i pól, aby zasilić zakład biogazowy. Proces anaerobowej fermentacji wytwarza biogaz wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej.

Integracja energii:

- Energia generowana z biogazu zasila operacje farmy oraz lokalne systemy ogrzewania dzielnicowego, zmniejszając zależność od źródeł energii kopalnej.

Wykorzystanie digestatu:

- Produkt uboczny procesu biogazowego – digestat – jest stosowany na polach jako organiczny nawóz, zamykając obieg składników odżywczych i poprawiając zdrowie gleby.

Systemowa cyrkularność:

- Ten model symbiozy przemysłowej nie tylko redukuje emisje i koszty nakładów, ale także zwiększa efektywność zasobów i lokalną zrównoważoność.

### **Wyniki i wpływ:**

| <b>Aspekt</b>                      | <b>WPŁYW</b>                                                                                                                                                    |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>                | Niższe emisje gazów cieplarnianych dzięki wykorzystaniu biogazu. Znaczna redukcja stosowania nawozów syntetycznych. Poprawa struktury gleby i bioróżnorodności. |
| <b>Bezpieczeństwo energetyczne</b> | Samowystarczalność w energii elektrycznej i ciepłej dla operacji farmy. Wkład w lokalne ogrzewanie dzielnicowe.                                                 |
| <b>Efektywność operacyjna</b>      | Obniżone koszty nakładów i zarządzania odpadami. Zwiększona produktywność dzięki zamkniętemu obiegowi zasobów.                                                  |
| <b>Zgodność regulacyjna</b>        | Spełnienie unijnych standardów środowiskowych i korzyści z zachęt dla energii odnawialnej.                                                                      |
| <b>Zaangażowanie społeczności</b>  | Wsparcie lokalnych systemów energetycznych i wzór zrównoważonego rozwoju wiejskiego.                                                                            |

### **Kluczowe wnioski:**

- Rolnictwo cyrkularne zwiększa odporność – Zintegrowane systemy biogazowe mogą stabilizować ekonomikę farmy i zmniejszać presję środowiskową.
- Cykle składników odżywczych poprawiają glebę i ograniczają chemikalia – Organiczny digestat zastępuje nawozy syntetyczne i zamyka cykle materiałowe.
- Systemy symbiotyczne są skalowalne – Model Tērvete można dostosować do farm o różnej wielkości przy odpowiednich inwestycjach.
- Synergia energii i zasobów napędza innowacje – Połączenie systemów energii, odpadów i żywności przynosi wysokie efekty zrównoważonego rozwoju.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jakie bariery istnieją dla większej liczby farm, aby przyjąć cyrkularne systemy oparte na biogazie?
2. W jaki sposób polityka publiczna i finansowanie mogą przyspieszyć modele symbiozy przemysłowej w rolnictwie?
3. Jaką rolę odgrywają lokalne społeczności we wspieraniu współdzielonych systemów zasobów?
4. Jak przedsiębiorstwa rolnicze mogą lepiej komunikować korzyści płynące z operacji cyrkularnych interesariuszom?

#### Zasoby:

- Strona Agrofirma Tērvete: <https://tervete.lv/>
- Profil Symbiosis (Sinergia): <https://sinergia.lv/esosa-simbioze/agrofirma-tervete/>

## 7 Przekształcanie odpadów w rozwój: Cyrkularny model Getliņi EKO dla upraw szklarniowych

#### Podsumowanie:

Getliņi EKO, największe składowisko odpadów komunalnych w regionie bałtyckim, stało się wzorcowym przykładem wewnętrznej symbiozy przemysłowej, wykorzystując gaz składowiskowy do zasilania nowoczesnych operacji szklarniowych. Ten innowacyjny model gospodarki cyrkularnej zmniejsza wpływ środowiskowy związany z zarządzaniem odpadami i wspiera całoroczną uprawę warzyw przy użyciu energii odnawialnej.

#### Kontekst i wyzwanie:

Jako rosnące składowisko zarządzające tysiącami ton odpadów komunalnych rocznie, Getliņi EKO stanęło przed podwójnym wyzwaniem: ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych i generowaniem wartości z produktów ubocznych odpadów. Kluczowe wyzwania obejmowały:

- Emisje składowiskowe: Zarządzanie emisjami metanu, silnego gazu cieplarnianego uwalnianego podczas rozkładu odpadów.

- Odzysk energii: Przekształcenie gazu składowiskowego w realne źródło energii odnawialnej.
- Zrównoważoność żywności: Odpowiedź na zapotrzebowanie Łotwy na lokalnie uprawiane produkty przez cały rok przy minimalizacji zużycia energii.

### Rozwiązanie – Podejście Getliņi EKO:

Zbieranie gazu składowiskowego i produkcja energii:

- Getliņi EKO wychwytuje gaz bogaty w metan ze swojego składowiska i wykorzystuje go w jednostkach kogeneracyjnych do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej. Energia ta jest następnie przekierowywana do zasilania zaawansowanych szklarni sąsiadujących ze składowiskiem.

Energooszczędne rolnictwo szklarniowe:

- Szklarnie umożliwiają całoroczną uprawę pomidorów i ogórków dzięki kontrolowanym środowiskom zasilanym energią odzyskaną z gazu składowiskowego. To zamknięty system, w którym rozkład odpadów wspiera produkcję żywności.

Cyrkularna integracja:

- Model Getliņi łączy zarządzanie odpadami, wytwarzanie energii i rolnictwo w jeden synergiczny system, demonstrując praktyczne zasady gospodarki cyrkularnej na dużą skalę.

### Wyniki i wpływ:

| Aspekt                            | Wpływ                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>               | Znaczna redukcja emisji metanu dzięki wychwytywaniu i ponownemu wykorzystaniu. Wykorzystanie energii odnawialnej zmniejsza zależność od paliw kopalnych. |
| <b>Odzysk energii</b>             | Ciągłe wytwarzanie energii z gazu składowiskowego umożliwia samowystarczalne ogrzewanie i energię elektryczną dla szklarni.                              |
| <b>Bezpieczeństwo żywnościowe</b> | Lokalna, zrównoważona produkcja warzyw zmniejsza zależność od importu. Całoroczne zbiory wspierają regionalną podaż żywności.                            |
| <b>Synergia operacyjna</b>        | Integracja zarządzania odpadami i rolnictwa zwiększa efektywność i zrównoważoność.                                                                       |
| <b>Postrzeganie publiczne</b>     | Getliņi jest uznawane za lidera w praktykach cyrkularnych, wzmacniając swoją wiarygodność publiczną i instytucjonalną.                                   |

#### Kluczowe wnioski:

- Odpady w energię jako wkład rolniczy – Energia odnawialna z gazu składowiskowego może zasilać intensywne operacje rolnicze.
- Zintegrowane systemy maksymalizują wartość – Połączenie zarządzania odpadami, energii i systemów żywnościowych pokazuje wysoki potencjał cyrkularności.
- Zielone innowacje wzmacniają markę – Wdrażanie widocznych, zrównoważonych praktyk zwiększa wsparcie publiczne i polityczne.
- Gospodarka cyrkularna zmniejsza emisje i koszty – Efektywne wykorzystanie zasobów przynosi korzyści zarówno środowisku, jak i budżetom operacyjnym.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jak inne składowiska mogą replikować model Getlini od odpadów do szklarni?
2. Jakie są ograniczenia gazu składowiskowego jako źródła energii odnawialnej?
3. W jaki sposób lokalna produkcja żywności przyczynia się do krajowych celów zrównoważonego rozwoju?
4. Czy podobne modele integracji energii można zastosować w miejskim rolnictwie lub rolnictwie wertykalnym?

#### Zasoby:

- Strona Getlini EKO: <https://www.getlini.lv/>
- Informacje o szklarniach: <https://www.getlini.lv/par-mums/siltumnicas/>

## 8 Przekształcanie ścieków w wartość: Cyrkularny model dzielnicy garbarskiej w Toskanii

#### Podsumowanie:

W Santa Croce sull'Arno (Toskania) ponad 250 firm garbarskich współpracuje w regionalnym systemie gospodarki cyrkularnej, przekształcając ścieki i odpady garbarskie w cenne zasoby. Dzięki wspólnej infrastrukturze oczyszczania, cyfrowemu monitorowaniu i valorizacji osadów, dzielnica ta stanowi wysoce efektywny model symbiozy przemysłowej.

#### Kontekst i wyzwanie:

Toskańska dzielnica skórzana borykała się z wysoką presją środowiskową wynikającą z intensywnego zużycia wody i chemikaliów. Tradycyjne metody utylizacji były niezrównoważone, a regulacje UE wymagały przejścia na rozwiązania cyrkularne.

#### Rozwiązanie – Podejście symbiotyczne:

Ponowne wykorzystanie wody:

- Konsorcjum Aquarno oczyszcza ścieki i ponownie wykorzystuje 95% z nich w procesach garbarskich.



Waloryzacja osadów:

- Osady z oczyszczania są przekształcane w nawozy i materiały budowlane.

Monitorowanie cyfrowe:

- Systemy SCADA monitorują w czasie rzeczywistym przepływy, parametry środowiskowe i jakość.

Pilotaż blockchain:

- Cyfrowa identyfikowalność zrównoważonej skóry poprzez pilotażowe projekty blockchain zarządzane przez Polo Tecnologico Conciario.

#### Wyniki i wpływ:

| Aspekt       | Wpływ                                                                          |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Środowiskowy | Ogromne oszczędności wody, redukcja odpadów i zmniejszenie zanieczyszczeń.     |
| Ekonomiczny  | Wspólna infrastruktura obniża koszty operacyjne dla MŚP.                       |
| Innowacje    | Rozwój nowych biomateriałów i systemów cyfrowych w Polo Tecnologico Conciario. |
| Reputacja    | Uznanie za europejski model zielonych łańcuchów dostaw skóry.                  |

#### Kluczowe wnioski:

- Wspólna infrastruktura zmniejsza indywidualne obciążenia środowiskowe.
- Systemy cyfrowe zapewniają zgodność i optymalizują wykorzystanie zasobów.
- Zrównoważona skóra zwiększa wartość na globalnych rynkach.
- Zachęty polityczne ułatwiają cyrkularne przejścia w tradycyjnych branżach.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jak tradycyjne branże mogą przejść na cyrkularność bez utraty konkurencyjności?
2. Jaką rolę odgrywają konsorcja i centra innowacji w symbiozie przemysłowej?
3. Jak skalować identyfikowalność blockchain w rozdrobnionych sektorach, takich jak moda?

#### Zasoby:

- ENEA – Atlante della Simbiosi Industriale: <https://www.enea.it/it>
- Consorzio Aquarno: <https://www.aquarno.it/>
- Polo Tecnologico Conciario: <https://www.polotecnologico.it/>

## 9 Przekształcanie odpadów w zasoby: Symbiosis Hub of Manfredonia

#### Podsumowanie:

Sfinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Unia Europejska ani EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności.



W Manfredonii (Apulia) powstający ekosystem symbiozy przemysłowej przekształca lokalną gospodarkę poprzez wykorzystanie wody, energii i pozostałości organicznych w obiegu zamkniętym. W inicjatywę zaangażowane są firmy rolno-przemysłowe, biorafineria i lokalne przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, które wymieniają się produktami ubocznymi i narzędziami w celu optymalizacji wykorzystania zasobów, ograniczenia emisji i wspierania innowacji. To studium przypadku bada, w jaki sposób współpraca międzysektorowa doprowadziła do utworzenia klastra o obiegu zamkniętym, który rewitalizuje tradycyjnie wrażliwy obszar przemysłowy.

### **Kontekst i wyzwanie:**

Manfredonia jest domem dla mieszanego obszaru przemysłowego, historycznie dotkniętego kruchością środowiskową i gospodarczą. Główne wyzwania obejmują:

- Wysokie zużycie zasobów (wody, gazu, energii elektrycznej) przez przemysł rolno-spożywczy i chemiczny.
- Kosztowna utylizacja odpadów i brak infrastruktury do recyklingu.
- Rozłączenie między interesariuszami, ograniczające wymianę wiedzy i współpracę.
- Potrzeba dostosowania do regionalnych planów gospodarki cyrkularnej i Europejskiego Zielonego Ładu.

### **Rozwiązanie – Podejście symbiotyczne:**

Odzysk ciepła odpadowego i wody:

- Dawna petrochemiczna lokalizacja ENI została przekształcona w miejsce dla biorafinerii i zakładu przetwórstwa spożywczego. Ciepło odpadowe i oczyszczona woda z procesu rafinacji są ponownie wykorzystywane w sąsiednich fabrykach rolno-spożywczych, takich jak te przetwarzające makaron i pomidory.

Wymiana organicznych produktów ubocznych:

- Skórki pomidorów, łuski pszenicy i inna biomasa z produkcji spożywczej są przesyłane do biorafinerii w celu wytwarzania bioetanolu i biogazu. Digestat z tego procesu jest przekształcany w bionawóz dla lokalnych farm.

Wspólny system energetyczny:

- Instalacja fotowoltaiki słonecznej i inteligentnych liczników łączy różne firmy w lokalną społeczność energetyczną (LEC). Narzędzia predykcyjne oparte na sztucznej inteligencji pomagają monitorować szczyty zapotrzebowania i automatyzować równoważenie obciążenia.

Koordinacja cyfrowa:

- Cyfrowa tablica symbiozy mapuje zasoby i sugeruje nowe synergie w czasie rzeczywistym. Blockchain jest używany do identyfikowalności przepływów zasobów.

### **Wyniki i wpływ:**

Sfinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Unia Europejska ani EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

| Aspekt                      | Wpływ                                                                                                                      |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>         | Redukcja emisji CO <sub>2</sub> o 25%; mniejsze wykorzystanie wysypisk; zamknięte cykle składników odżywczych.             |
| <b>Ekonomiczny</b>          | Oszczędności kosztów energii o 18%; powstanie nowych cyrkularnych biznesów.                                                |
| <b>Spółeczny</b>            | Stworzenie 25 nowych zielonych miejsc pracy; szkolenia młodzieży z zakresu symbiozy przemysłowej i zielonych umiejętności. |
| <b>Zgodność regulacyjna</b> | Pełne dostosowanie do Strategii Gospodarki Cyrkularnej Włoch (2022).                                                       |
| <b>Technologiczny</b>       | Testowanie dopasowania zasobów wspieranego przez blockchain i sztucznej inteligencji w przepływach cyrkularnych.           |

#### Kluczowe wnioski

- Lokalna współpraca odblokowuje ukrytą wartość – Budowanie zaufania między firmami to pierwszy krok do wymiany zasobów.
- Platformy cyfrowe zwiększają widoczność – Narzędzia mapowania umożliwiają identyfikację potencjalnych powiązań symbiotycznych w czasie rzeczywistym.
- Wsparcie polityki jest kluczowe – Regionalne zachęty i fundusze UE ułatwiły inwestycje infrastrukturalne.
- Elastyczność jest kluczem do skalowalności – Model jest adaptowany do innych obszarów Apulii i Kampanii.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jak narzędzia cyfrowe mogą przyspieszyć symbiozę przemysłową w regionach wiejskich lub peryferyjnych?
2. Jakie modele zarządzania najlepiej wspierają międzysektorowe klastry przemysłowe?
3. Jak zreplikować model Manfredonii w regionach o niskiej gęstości przemysłowej?

#### Zasoby:

- ENEA – Atlante della Simbiosi Industriale: <https://www.enea.it/it>
- Progetto BIONET – Cluster Tecnologico Nazionale Chimica Verde
- Regione Puglia – Piano per l'Economia Circolare 2022

## 10 Papier bez odpadów: Cyrkularne pętle w dzielnicy papierniczej Lucca

#### Podsumowanie:

Sfinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Unia Europejska ani EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

Dzielnica papiernicza Lucca, jedna z największych w Europie, wdrożyła strategię symbiozy przemysłowej wśród celulozowni, zakładów recyklingu i firm energetycznych. Poprzez wymianę ciepła, odpadów i materiałów wtórnych, dzielnica stała się cyrkularnym punktem odniesienia dla przemysłu papierniczego.

### **Kontekst i wyzwanie:**

Produkcja papieru generuje duże ilości osadów i zapotrzebowanie na energię. W Lucce tradycyjne koszty utylizacji i energii skłoniły firmy do opracowania wspólnych systemów dla cyrkularności.

### **Rozwiązanie – Podejście symbiotyczne:**

Odzysk osadów:

- Ponad 90% osadów papierniczych jest przetwarzanych na paliwo odzyskiwane w stanie stałym (CSS) lub kompost.

Wspólne wykorzystanie energii:

- Ciepło i energia wytwarzane ze spalania odpadów są dzielone między celulozownie.

Koordinacja cyfrowa:

- Lucense opracowało system mapowania zasobów i platformę monitorowania cyfrowego.

Szkolenia cyrkularne:

- Sieć Cartesio szkoli pracowników i przedsiębiorców w strategiach symbiozy przemysłowej.

### **Wyniki i wpływ:**

| Aspekt               | Wpływ                                                                                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>  | Znaczna redukcja składowania odpadów i niższy ślad węglowy.                            |
| <b>Ekonomiczny</b>   | Obniżone koszty energii i valorizacja produktów ubocznych.                             |
| <b>Społeczny</b>     | Podnoszenie kwalifikacji siły roboczej i nowe miejsca pracy w usługach środowiskowych. |
| <b>Odtwarzalność</b> | Model zastosowany w innych dzielnicach papierniczych we Włoszech i Europie.            |

### **Kluczowe wnioski:**

- Współpraca na poziomie sektora maksymalizuje efektywność materiałową.
- Monitorowanie cyfrowe wzmacnia odporność przemysłową.
- Sieci wymiany wiedzy amplifikują innowacje.



- Cykularność przyciąga nowe inwestycje i poprawia reputację.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jak tradycyjna produkcja może korzystać z symbiozy przemysłowej?
2. Jakie są bariery dla wspólnego korzystania z energii między firmami?
3. Jak zintegrować praktyki cykularne w zarządzaniu łańcuchem wartości?

#### Zasoby:

- Rete Cartesio: <https://www.retecartesio.it/>
- Lucense: <https://www.lucense.it/>
- Regione Toscana – Economia Circolare: <https://www.regione.toscana.it/>

## 11 Zakorzenione w naturze: Jak Sylveco rozwija gospodarkę cykularną w polskiej pielęgnacji skóry

### Podsumowanie:

Sylveco, polska marka kosmetyków naturalnych, wbudowała zasady gospodarki cykularnej w swój model biznesowy – od pozyskiwania surowców, przez opakowania, po edukację konsumentów. To studium przypadku pokazuje, jak Sylveco zminimalizowało odpady, wsparło lokalne gospodarki i zbudowało zaufanie klientów, oferując inspirujący przykład, jak cykularność może być kluczową strategią wzrostu na konkurencyjnym rynku.

### Kontekst i wyzwanie:

Założona w 2006 roku Sylveco weszła na rynek coraz bardziej zaniepokojony kwestiami środowiskowymi, przejrzystością składników i etycznym pozyskiwaniem. Wyzwanie? Konkurować z globalnymi gigantami kosmetycznymi, pozostając wiernym wartościom ekologicznym – bez kompromisów w kwestii jakości, przystępności cenowej czy wzrostu. W tamtym czasie wiele marek „naturalnych” stosowało greenwashing. Sylveco dostrzegło szansę: być prawdziwie zrównoważonym. Nie tylko w produkcji, ale i w procesie.

Zmierzyli się z następującymi pytaniami:

- Jak zrównoważenie pozyskiwać składniki w Polsce?
- Jak zminimalizować użycie plastiku, zachowując stabilność i bezpieczeństwo produktów?
- Jak skalować działalność, nie stając się eksploatacyjnym?

### Rozwiązanie – Podejście Sylveco:



Sylveco przyjęło podejście gospodarki cyrkularnej, skupiając się na lokalności, trwałości i zamykaniu obiegów:

Pozyskiwanie surowców:

- Składniki takie jak kora brzozy, nagietek czy rumianek są uprawiane lokalnie, co zmniejsza emisje związane z transportem.
- Partnerstwa z polskimi rolnikami stworzyły identyfikowalne, niskoemisyjne łańcuchy dostaw.

Produkcja:

- Wodooszczędna produkcja i linie produkcyjne o niskim poziomie odpadów.
- Wykorzystanie materiałów biodegradowalnych lub wielokrotnego użytku, gdy tylko jest to możliwe.

Opakowania:

- Skupienie na materiałach nadających się do recyklingu i uproszczonych etykietach, aby ułatwić właściwe sortowanie.
- Przejście na szkło i biodegradowalne tubki w liniach premium.
- Współpraca ze sklepami zero-waste w zakresie uzupełnień i zwrotów opakowań.

Zaangażowanie konsumentów:

- Przejrzyste etykiety i edukacja nt. składników.
- Warsztaty społecznościowe na temat DIY naturalnej pielęgnacji i zrównoważonego stylu życia.
- Programy lojalnościowe nagradzające działania proekologiczne.

### Wyniki i wpływ:

| Aspekt                | Wpływ                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b>   | Drastyczna redukcja odpadów opakowaniowych na jednostkę produktu. Niższy ślad węglowy dzięki lokalnemu pozyskiwaniu i krótkim łańcuchom dostaw.                                                         |
| <b>Sukces rynkowy</b> | Rozwój kilku submarek (np. Biolaven, Vianek, Aloesove) przy zachowaniu kluczowych wartości. Lojalna baza klientów świadomych ekologicznie. Obecność w ponad 1000 punktach sprzedaży w Polsce i Europie. |
| <b>Społeczny</b>      | Tworzenie miejsc pracy na obszarach wiejskich poprzez partnerstwa z małymi rolnikami. Aktywna rola w podnoszeniu świadomości ekologicznej w Polsce.                                                     |

### Kluczowe wnioski:

- Gospodarka cyrkularna to nie tylko zarządzanie odpadami – może być motorem wzrostu.





- Lokalne pozyskiwanie tworzy wartość środowiskową i społeczną.
- Przejrzystość buduje głęboką lojalność wobec marki.
- Ekoprojekt musi być przyjazny dla użytkownika, aby się skalował.
- Małe firmy mogą prowadzić wielkie zmiany.

Pytania do dyskusji:

1. Jakie kompromisy musiało rozważyć Sylveco między zrównoważonością a skalowalnością?
2. Jak innowacje w opakowaniach mogą dalej wspierać gospodarkę cyrkularną w kosmetykach?
3. Jakie inne zachęty dla klientów mogłyby promować zachowania cyrkularne?
4. Jak model Sylveco może ewoluować w obliczu surowszych regulacji UE lub ekspansji globalnej?

#### Resources:

- Oficjalna strona Sylveco – <https://sylveco.pl/o-firmie/>
- Wywiad z dyrektorem marketingu Sylveco – <https://wirtualnekosmetyki.pl/-wywiady/sylveco:-wymagania-i-oczekiwania-konsumentow-kreuja-trendy,-na-kture-rynek-reaguje---teraz-najwazniejsze-sa-kwestie-ekologii>
- Wywiady z Sylveco – <https://www.trustedcosmetics.pl/kosmetyki-naturalne-do-pielegnacji-skory-problematycznej-rozmowa-z-firma-sylveco/>

## 12 Przekształcanie odpadów w zasoby: Podejście Derewenda do gospodarki cyrkularnej

#### Podsumowanie:

Derewenda, polska firma specjalizująca się w przetwarzaniu odpadów elektrycznych i elektronicznych, wbudowała zasady gospodarki cyrkularnej w swój model biznesowy. Wykorzystując zaawansowane technologie recyklingu, firma maksymalizuje odzyskiwanie zasobów, minimalizuje wpływ na środowisko i przyczynia się do zrównoważonego rozwoju. To studium przypadku analizuje strategię Derewenda, wyzwania, rozwiązania oraz ich wpływ na środowisko i społeczeństwo.

#### Kontekst i wyzwanie:

Derewenda początkowo koncentrowała się na profesjonalnych usługach zarządzania odpadami. Do 2003 roku firma rozszerzyła swoją ofertę o kompleksowe rozwiązania w zakresie zarządzania odpadami, szczególnie w recyklingu i utylizacji sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Wraz z szybkim rozwojem technologii i zwiększoną konsumpcją urządzeń elektronicznych, Polska stanęła przed rosnącym wyzwaniem zarządzania e-odpadami. Niewłaściwa utylizacja e-odpadów stanowiła poważne ryzyko środowiskowe, w tym zanieczyszczenie gleby i wody oraz utratę cennych materiałów.

Derewenda dostrzegła potrzebę stworzenia efektywnego systemu odpowiedzialnego zarządzania e-odpadami, dążąc do:

- Wdrożenia technologii maksymalizujących odzyskiwanie materiałów z e-odpadów.
- Dostosowania operacji do krajowych i unijnych regulacji środowiskowych.
- Edukacji firm i osób prywatnych na temat znaczenia właściwej utylizacji e-odpadów.

### **Rozwiązanie – Podejście Derewenda:**

Zaawansowane technologie recyklingu:

- Firma zainwestowała w najnowocześniejsze zakłady przetwórcze wyposażone w nowoczesne technologie, umożliwiające efektywną obsługę różnych rodzajów e-odpadów. Zakłady te pozwalają na separację i odzyskiwanie cennych materiałów, takich jak metale, tworzywa sztuczne i szkło, które mogą być ponownie wprowadzone do cyklu produkcyjnego, zmniejszając zapotrzebowanie na surowce pierwotne.

Kompleksowe usługi zarządzania odpadami:

- Derewenda oferuje pełen zakres usług, w tym zbieranie, transport, przetwarzanie i utylizację e-odpadów. To holistyczne podejście zapewnia odpowiedzialne zarządzanie odpadami na każdym etapie, minimalizując wpływ na środowisko.

Współpraca z producentami i zbieraczami:

- Firma współpracuje z producentami sprzętu i zbieraczami odpadów, aby ułatwić prawidłowe postępowanie z e-odpadami. Współpraca ta zapewnia zgodność z prawnymi obowiązkami dotyczącymi zbierania i recyklingu odpadów, usprawniając proces dla wszystkich interesariuszy.

Zgodność regulacyjna i raportowanie:

- Derewenda wspiera klientów w wypełnianiu ich obowiązków sprawozdawczych wynikających z prawa ochrony środowiska. Obejmuje to przygotowywanie szczegółowych raportów dotyczących ilości wprowadzonego na rynek sprzętu, zebranych e-odpadów oraz osiągniętych wskaźników recyklingu i odzysku, zapewniając przejrzystość i odpowiedzialność.

### **Wyniki i wpływ:**

| <b>Aspekt</b>             | <b>Wpływ</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wpływ środowiskowy</b> | Efektywne procesy recyklingu doprowadziły do znaczącego odzysku materiałów, zmniejszając zapotrzebowanie na surowce pierwotne. Właściwe zarządzanie e-odpadami zminimalizowało uwalnianie substancji niebezpiecznych do środowiska, chroniąc jakość gleby i wody. |
| <b>Sukces operacyjny</b>  | Derewenda zdywersyfikowała swoje usługi, obsługując szeroką gamę klientów, w tym firmy i indywidualnych konsumentów. Wspierając klientów w raportowaniu                                                                                                           |

|  |                                                                                                 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | regulacyjnym, firma wzmocniła swoją reputację jako niezawodny partner w sektorze środowiskowym. |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Kluczowe wnioski:

- Inicjatywy edukacyjne zwiększyły publiczną świadomość na temat znaczenia właściwej utylizacji i recyklingu e-odpadów.
- Rozwój firmy przyczynił się do tworzenia miejsc pracy w sektorze zarządzania odpadami i recyklingu.
- Zaawansowane technologie przetwarzania są kluczowe dla maksymalizacji odzysku materiałów i minimalizacji odpadów.
- Oferowanie kompleksowych rozwiązań ułatwia prawidłowe zarządzanie e-odpadami na każdym etapie.
- Współpraca z producentami i zbieraczami usprawnia procesy i zapewnia zgodność z regulacjami.
- Wspieranie klientów w zgodności regulacyjnej buduje silne relacje i zwiększa wiarygodność firmy.

#### Pytania do dyskusji:

1. Jak Derewenda może dalej ulepszać swoje technologie recyklingu, aby zwiększyć wskaźniki odzysku materiałów?
2. Jakie strategie można wdrożyć, aby zachęcić więcej firm i osób do korzystania z usług zarządzania e-odpadami Derewenda?
3. Jak firma może rozszerzyć swoje inicjatywy edukacyjne, aby promować większą publiczną świadomość problemów związanych z e-odpadami?
4. Jakie dodatkowe usługi mogłaby zaoferować Derewenda, aby wzmocnić swoją pozycję w gospodarce cyrkularnej?

#### Zasoby:

- Strona Derewenda: <https://derewenda.pl/>

## 13 Zamykanie obiegu: Jak Dobis pionieruje gospodarkę cyrkularną w opakowaniach papierowych

#### Podsumowanie:

Dobis, polski producent specjalizujący się w torbach papierowych i opakowaniach spożywczych, wbudował zasady gospodarki cyrkularnej w swoje operacje. Dzięki strategicznym współpracom i zaangażowaniu w zrównoważony rozwój, Dobis zmniejszył zużycie materiałów, włączył włókna z recyklingu i zwiększył efektywność produkcji. To studium przypadku analizuje podejście Dobis do cyrkularności, napotkane wyzwania, wdrożone rozwiązania oraz wynikające z nich efekty.

#### Kontekst i wyzwanie:

Założona z wizją stania się wiodącym europejskim producentem opakowań spożywczych na bazie papieru, Dobis działa w branży coraz bardziej kontrolowanej pod kątem śladu środowiskowego. Rosnące zapotrzebowanie na zrównoważone rozwiązania opakowaniowe stanowiło zarówno szansę, jak i wyzwanie:

- Efektywność materiałowa: Redukcja wagi opakowań bez utraty wytrzymałości i jakości.
- Zrównoważone pozyskiwanie: Włączenie materiałów z recyklingu przy zapewnieniu bezpieczeństwa i wydajności produktu.
- Optymalizacja produkcji: Wzmacnianie procesów produkcyjnych w celu minimalizacji odpadów i zużycia zasobów.

Rozwiązanie tych wyzwań wymagało opracowania innowacyjnych rozwiązań zgodnych z zasadami gospodarki cyrkularnej.

### Rozwiązanie – Podejście Dobis:

Współpraca innowacyjna:

- Współpracując z Mondi, globalnym liderem w zrównoważonych opakowaniach, Dobis zoptymalizował swoje gatunki papieru, zmniejszając gramaturę przy zachowaniu wytrzymałości i jakości druku. Doprowadziło to do opracowania lżejszych toreb papierowych zawierających włókna z recyklingu.

Włączenie materiałów z recyklingu (przy użyciu gamy Eco/Vantage Mondi):

- Eco/Vantage Light Fashion: 100% włókien z recyklingu, idealne do toreb na modę i prezenty.
- Eco/Vantage Kraft Pro: 20% zawartości z recyklingu z atestem bezpieczeństwa spożywczego, odpowiednie do fast foodów i zakupów spożywczych.
- Eco/Vantage Kraft Classic: 50% zawartości z recyklingu, równoważące wytrzymałość i drukowalność dla opakowań spożywczych i modowych.

Optymalizacja procesów (przy użyciu lżejszych papierów i farb wodnych):

- Zmniejszone zużycie materiałów: Niższa waga papieru zmniejszyła użycie surowców.
- Lepsza jakość druku: Wyraźniejsze wyniki przy mniejszym zużyciu farby.
- Minimalizacja kleju: Zoptymalizowana jakość papieru doprowadziła do zmniejszenia zużycia kleju podczas montażu toreb.

### Wyniki i wpływ:

| Aspekt              | Wpływ                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Środowiskowy</b> | Znaczna redukcja zużycia papieru i farb przyczyniła się do ochrony zasobów naturalnych. Włączenie włókien z recyklingu i optymalizacja procesów produkcyjnych zminimalizowały generowanie odpadów. Efektywna produkcja i zmniejszony transport materiałów obniżyły emisje gazów cieplarnianych. |

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sukces rynkowy</b>         | Włączenie różnorodnych ekologicznych rozwiązań opakowaniowych, odpowiadających na zmieniające się potrzeby sektorów mody, fast foodów i handlu detalicznego. Pozycja lidera w zrównoważonych opakowaniach, wzmacniająca relacje z klientami świadomymi ekologicznie. |
| <b>Efektywność operacyjna</b> | Zmniejszone zużycie materiałów i farb doprowadziło do niższych kosztów produkcji. Usprawnione procesy zaowocowały wyższą, a zarazem ekologiczną efektywnością produkcji.                                                                                             |

#### **Kluczowe wnioski:**

- Strategiczne partnerstwa zwiększają wpływ – Współpraca z liderami branży może napędzać innowacje i przyspieszać wdrażanie zrównoważonych praktyk.
- Włączenie materiałów z recyklingu jest możliwe i korzystne – Włączenie zawartości z recyklingu bez kompromisów w jakości produktu jest osiągalne i zwiększa zrównoważenie środowiskowe.
- Optymalizacja procesów przynosi wielokrotne korzyści – Wzmacnianie procesów produkcyjnych może prowadzić do korzyści środowiskowych, oszczędności kosztów i lepszej wydajności produktu.
- Praktyki gospodarki cyrkularnej zwiększają konkurencyjność – Zrównoważone innowacje mogą wyróżniać firmę na rynku i przyciągać klientów świadomych ekologicznie.

#### **Pytania do dyskusji:**

1. Jak firmy w branży opakowań mogą dalej zmniejszać swój ślad środowiskowy poza wyborem materiałów?
2. Jaką rolę odgrywają preferencje konsumentów w skłanianiu firm do zrównoważonych rozwiązań opakowaniowych?
3. Jak małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP) mogą wykorzystać partnerstwa do skutecznego wdrażania praktyk gospodarki cyrkularnej?
4. Jakie wyzwania mogą pojawić się przy włączaniu materiałów z recyklingu do istniejących linii produkcyjnych i jak można je rozwiązać?

#### **Zasoby:**

- Strona Dobis: <https://dobis.com.pl/en/>
- Artykuł o współpracy Dobis i Mondi: [https://www.pressreleasefinder.com/Mondi\\_/MNDPR314/pl/](https://www.pressreleasefinder.com/Mondi_/MNDPR314/pl/)

# KOŃCOWE WNIOSKI

## 1 Synteza wyników

### 1.1 Świadomość i zrozumienie symbiozy przemysłowej (IS) oraz cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS)

- **Analiza danych** wskazuje, że symbioza przemysłowa jest dobrze steoretyzowanym konceptem z praktycznymi korzyściami w różnych sektorach, szczególnie gdy jest zintegrowana z narzędziami cyfrowymi, takimi jak sztuczna inteligencja, Internet Rzeczy (IoT) i blockchain.
- **Wyniki ankiet** pokazują ograniczoną świadomość: 43% respondentów nie znało symbiozy przemysłowej, a tylko 21% było bardzo zaznajomionych. W przypadku cyfrowej symbiozy przemysłowej tylko 20% widziało odpowiednie przykłady.
- **Wywiady** potwierdziły nierównomierne zrozumienie, szczególnie wśród MŚP, które często nie znają terminologii. Jednak wiele firm nieświadomie angażuje się w praktyki symbiotyczne, nie określając ich jako takie.

### 1.2 Korzyści i możliwości

- **Dane ilościowe** wskazują na silnie postrzegane korzyści: oszczędności kosztów, efektywność zasobów, przewaga konkurencyjna i lepsza zgodność z wymogami środowiskowymi.
- **Dane z wywiadów** potwierdzają: uczestnicy cenią cyfrową symbiozę przemysłową za transformację strategiczną, innowacje i symulacje scenariuszy za pomocą cyfrowych bliźniąt oraz narzędzi planowania ponownego wykorzystania.
- **Analiza danych** dostarcza dowodów z projektów UE (np. Kalundborg, Donar, AquafilSLO), pokazujących ekonomiczne, środowiskowe i systemowe korzyści symbiozy przemysłowej.

### 1.3 Bariery i wyzwania

- **We wszystkich źródłach danych** pojawiają się spójne bariery:
  - Brak regulacji lub zachęt do ponownego wykorzystania.
  - Ograniczenia kosztowe i zasobowe (szczególnie dla MŚP).
  - Rozdrobnione platformy i słaba interoperacyjność.
  - Niska jakość danych i brak zaufania.
  - Ograniczona cyfrowa i prawna wiedza itp.
- Odzwierciedlają one zarówno **luki techniczne**, jak i **instytucjonalne**, często utrudniające przejście od inicjatyw pilotażowych do wdrożeń systemowych. Więcej o punktach blokujących w sekcji 3 tego rozdziału.

### 1.4 Platformy i narzędzia cyfrowe

- **Analiza danych** podkreśla rolę narzędzi matchmakingowych, blockchain i wirtualnych tablic w czasie rzeczywistym w skalowaniu symbiozy przemysłowej.



- **Wywiady** wskazały problemy z użytecznością, integracją i potrzebą platform specyficznych dla sektorów.
- **Dane ankiętowe** potwierdzają: istnieje zainteresowanie narzędziami cyfrowymi (45%), ale adopcja jest niska z powodu braku umiejętności (69%) i kosztów (53%).

## 1.5 Budowanie zdolności i potrzeby szkoleniowe

- Wszystkie dane wskazują na pilne potrzeby szkoleniowe:
  - o Podstawy symbiozy przemysłowej/gospodarki cyrkularnej.
  - o Korzystanie z narzędzi i ich integracja.
  - o Zgodność środowiskowa i prawna.
  - o Nauka oparta na przykładach.
- Ankieta: 57% zainteresowanych podstawami symbiozy przemysłowej/gospodarki cyrkularnej i korzyściami kosztowymi; wywiady wzywają do wizualnych, krok po kroku zasobów i lokalnego wsparcia.

## 1.6 Wsparcie polityczne i ekosystemowe

- Uczestnicy chcą **silniejszych** ram politycznych, zachęt i publicznych inwestycji w platformy.
- Istnieje wezwanie do **interoperacyjnych platform w interesie publicznym**, z ekosystemowym dostosowaniem aktorów (rząd, MŚP, akademie, pośrednicy).

# 2 Wnioski i implikacje dla praktyki

## 2.1 Wnioski

1. **Cyfrowa symbioza przemysłowa (DIS) rozwija się**, ale jest rozdrobniona. Świadomość i zaangażowanie różnią się w zależności od sektora, kraju i wielkości organizacji. Wiele MŚP uczestniczy nieformalnie, bez terminologii, narzędzi i strategicznego kierunku.
2. **Cyfrowa symbioza przemysłowa to nie tylko techniczne rozwiązanie**, ale strategiczna szansa. Wspiera efektywność kosztową, innowacje cyrkularne i transformację organizacyjną – gdy jest osadzona w długoterminowym planowaniu i wspierana przez inteligentne narzędzia cyfrowe.
3. **Wdrożenie jest utrudnione przez bariery systemowe, techniczne i kulturowe.** **Brak** interoperacyjności, ograniczone umiejętności, niewystarczające zachęty i skomplikowane regulacje uniemożliwiają skalowanie. Cyfrowy podział jest kluczowym problemem równości dla MŚP.
4. **Platformy cyfrowe muszą ewoluować od narzędzi pilotażowych do infrastruktury publicznej.** Sukces zależy od wspólnych standardów danych, mechanizmów zaufania i modeli zarządzania wspierających przejrzystość, identyfikowalność i współpracę.
5. **Szkolenia i wsparcie są niezbędne.** Praktyczne, dostępne i specyficzne dla kontekstu wsparcie (szczególnie dla MŚP) jest kluczem do przejścia od świadomości do działania.

## 2.2 Implikacje dla praktyki

### 2.2.1 Dla MŚP i firm

- **Wbuduj cyfrową symbiozę przemysłową** w planowanie strategiczne, nie tylko w zgodność regulacyjną.
- Zaczynj od małych kroków: mapuj wewnętrzne przepływy zasobów, angażuj się w lokalne inicjatywy ponownego wykorzystania i buduj cyfrową znajomość.
- Współpracuj z partnerami publicznymi i akademickimi, aby obniżyć koszty uczenia się.

### 2.2.2 Dla twórców platform

- Priorytetyzuj **użyteczność, integrację i interoperacyjność**.
- Oferuj wsparcie onboardingowe, moduły szkoleniowe i biblioteki przypadków dostosowane do przepływów pracy MŚP.
- Integruj sztuczną inteligencję, śledzenie i funkcjonalności planowania, aby wspierać decyzje w czasie rzeczywistym.

### 2.2.3 Dla decydentów politycznych i władz publicznych

- Twórz **regulacyjne zachęty do ponownego wykorzystania** (np. mandaty w zamówieniach publicznych, ulgi podatkowe dla wymian symbiotycznych).
- Inwestuj w platformy w **interesie publicznym i wspólną infrastrukturę** dla cyfrowej symbiozy przemysłowej.
- Promuj kampanie **budowania świadomości i zdolności** poprzez izby handlowe, agencje rozwoju regionalnego i instytucje szkoleniowe.

### 2.2.4 Dla dostawców szkoleń i instytucji wspierających

- Opracuj **modułowe programy szkoleniowe** na temat symbiozy przemysłowej/gospodarki cyrkularnej, narzędzi cyfrowych, ram prawnych i analizy kosztów i korzyści.
- Wykorzystuj przykłady z życia i lokalne historie sukcesu, aby zwiększyć relewancję.
- Kieruj szkolenia zarówno do **personelu technicznego**, jak i **decydentów w MŚP** i instytucjach publicznych.

## 3 Punkty blokujące i plan działań dla wdrożenia cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS)

### 3.1 Punkty blokujące

W ramach końcowych wyników badań, sekcja ta przedstawia kluczowe punkty blokujące, które utrudniają powszechne wdrożenie symbiozy przemysłowej (IS) i cyfrowej symbiozy przemysłowej (DIS) w organizacjach, szczególnie w małych i średnich przedsiębiorstwach (MŚP). Na podstawie danych jakościowych z wywiadów i odpowiedzi ilościowych z ankiet zebranych w pięciu krajach europejskich

zidentyfikowano 24 unikalne punkty blokujące. Dla każdej z tych barier sformułowano odpowiedni plan działań, wraz z wskazaniem odpowiedzialnych aktorów za realizację zaproponowanych środków.

Punkty blokujące można podzielić na sześć grup:

Bariery regulacyjne i polityczne

- **Brak prawnych mandatów do ponownego wykorzystania lub symbiozy** – brak egzekwowania oznacza, że niewielu podejmuje działania dobrowolnie. (Jakościowe)
- **Złożone i niejasne procedury regulacyjne** – trudności w nawigacji zgodności. (Ilościowe)
- **Wysokie koszty zgodności** – procesy prawne są finansowo obciążające. (Ilościowe)
- **Brak zachęt podatkowych/niekorzystne opodatkowanie** – materiały ponownie używane są opodatkowane jak nowe, co zniechęca do ponownego wykorzystania. (Jakościowe)
- **Niska świadomość wymogów prawnych** – tylko 29% respondentów ankiety rozumiało odpowiednie polityki. (Ilościowe)

Bariery ekonomiczne i finansowe

- **Wysokie początkowe koszty narzędzi/platform cyfrowych** – szczególnie dla MŚP. (Oba)
- **Niepewny zwrot z inwestycji (ROI)** – trudno uzasadnić inwestycje bez jasnych wyników. (Jakościowe)
- **Ograniczone publiczne finansowanie lub dotacje** – niewiele mechanizmów wsparcia, aby zrównoważyć ryzyko. (Jakościowe)
- **Materiały ponownie używane często mniej konkurencyjne niż nowe** – z powodu problemów z wyceną i dostępnością. (Jakościowe)

Luki w świadomości i wiedzy

- Niska świadomość koncepcji symbiozy przemysłowej/cyfrowej symbiozy przemysłowej – 43% respondentów ankiety nie miało wiedzy o symbiozie przemysłowej. (Oba)
- Nieznajomość narzędzi lub przypadków użycia cyfrowej symbiozy przemysłowej – tylko 20% znało przykłady ze swojego kontekstu. (Ilościowe)
- Brak jasnych, uproszczonych wytycznych – jak wdrożyć symbiozę przemysłową/cyfrową symbiozę przemysłową. (Ilościowe)
- Zamieszanie z powodu niejednoznaczności pojęciowej – MŚP często nie rozpoznają swoich wysiłków ponownego wykorzystania jako symbiozy przemysłowej/cyfrowej symbiozy przemysłowej. (Jakościowe)

Bariery cyfrowe i techniczne

- **Brak umiejętności cyfrowych lub personelu IT** – 69% respondentów ankiety brakowało wiedzy technicznej. (Ilościowe)
- **Niska użyteczność istniejących narzędzi** – często zbyt skomplikowane lub nieprzystosowane do MŚP. (Jakościowe)

- **Słaba interoperacyjność** – narzędzia i platformy nie integrują się z planowaniem (np. BIM), zamówieniami itp. (Jakościowe)
- **Obawy dotyczące prywatności danych i cyberbezpieczeństwa** – wskazane przez 47% respondentów. (Ilościowe)
- **Fragmentacja narzędzi/platform** – zbyt wiele niepołączonych rozwiązań powoduje zamieszanie. (Jakościowe)
- **Słaba lub niewiarygodna jakość danych** materiałowych – nieaktualne, niesklasyfikowane lub brakujące dane. (Jakościowe)

Bariery organizacyjne i operacyjne

- **Brak czasu i personelu** – najczęściej wymieniana bariera w ankiecie (61%). (Ilościowe)
- **Ręczne, rozdrobnione procesy ponownego wykorzystania** – wysoki ciężar koordynacji między aktorami. (Jakościowe)
- **Niekompatybilność z istniejącymi przepływami pracy** – narzędzia, które nie pasują do cykli zakupów lub planowania, są porzucane. (Jakościowe)
- **Krótkoterminowe myślenie w organizacjach** – brak strategicznego zaangażowania w długoterminowe modele cyrkularne. (Jakościowe)

Bariery współpracy i ekosystemowe

- **Brak wiedzy o potencjalnych partnerach** – 39% respondentów ankiety wskazało to jako barierę. (Ilościowe)

### 3.2 Plan działania

| Nr | Punkt blokujący                                                | Zalecane działanie                                                                                              | Odpowiedzialna strona                                        |
|----|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1  | Brak prawnych mandatów do ponownego wykorzystania lub symbiozy | Promowanie reform politycznych wprowadzających kwoty ponownego wykorzystania i obowiązkowe raportowanie.        | Decydenci polityczni / Ministerstwa Środowiska               |
| 2  | Złożone i niejasne procedury regulacyjne                       | Opracowanie uproszczonych, specyficznych dla sektora przewodników regulacyjnych i schematów.                    | Agencje regulacyjne / Ministerstwa sektorowe                 |
| 3  | Wysokie koszty zgodności                                       | Wprowadzenie dotacji finansowych lub zwolnień z opłat dla MŚP wdrażających symbiozę przemysłową.                | Departamenty finansów rządu / Fundusze wsparcia MŚP          |
| 4  | Brak zachęt podatkowych / niekorzystne opodatkowanie           | Lobbying na rzecz reform podatkowych zmniejszających VAT na materiały ponownie używane.                         | Organy podatkowe / Jednostki polityki gospodarki cyrkularnej |
| 5  | Niska świadomość wymogów prawnych                              | Tworzenie kampanii uświadamiających i szkoleń z zakresu wiedzy prawnej dla MŚP.                                 | Izby handlowe / Organizacje edukacyjne ds. prawa             |
| 6  | Wysokie początkowe koszty narzędzi/platform cyfrowych          | Oferowanie programów dotacji lub współfinansowania publicznego na adopcję narzędzi.                             | Agencje grantowe UE/krajowe / Ministerstwa innowacji         |
| 7  | Niepewny zwrot z inwestycji (ROI)                              | Opracowanie i udostępnianie studiów przypadków ROI oraz narzędzi symulacyjnych.                                 | Izby handlowe / Stowarzyszenia branżowe                      |
| 8  | Ograniczone publiczne finansowanie lub dotacje                 | Zwiększenie dostępności ukierunkowanych strumieni finansowania publicznego dla projektów symbiozy przemysłowej. | Agencje rozwoju regionalnego / Fundusze strukturalne UE      |
| 9  | Materiały ponownie używane często mniej konkurencyjne niż nowe | Ustanowienie standardów certyfikacji i zapewnienia jakości dla materiałów ponownie używanych.                   | Organizacje standaryzacyjne / Organy certyfikujące           |

Sfinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Unia Europejska ani EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

|    |                                                                                 |                                                                                                         |                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 10 | Niska świadomość koncepcji symbiozy przemysłowej/cyfrowej symbiozy przemysłowej | Uruchomienie regionalnych i sektorowych kampanii podnoszących świadomość.                               | Organizacje wsparcia biznesu / NGO ds. zrównoważonego rozwoju      |
| 11 | Nieznajomość narzędzi lub przypadków użycia cyfrowej symbiozy przemysłowej      | Opracowanie i rozpowszechnianie praktycznych zestawów narzędzi i instruktaży wideo.                     | Dostawcy technologii / Platformy gospodarki cyrkularnej            |
| 12 | Brak jasnych, uproszczonych wytycznych                                          | Stworzenie łatwych do stosowania przewodników wdrożeniowych dostosowanych do MŚP.                       | Organizacje wsparcia MŚP / Centra cyrkularne                       |
| 13 | Zamieszanie z powodu niejednoznaczności pojęciowej                              | Używanie spójnej terminologii i przykładów z życia we wszystkich materiałach.                           | Dostawcy edukacji / Zespoły rozpowszechniania projektów            |
| 14 | Brak umiejętności cyfrowych lub personelu IT                                    | Zapewnienie podstawowych szkoleń z umiejętności cyfrowych i obozów szkoleniowych z cyfrowej wiedzy.     | Instytucje szkoleniowe zawodowe / Dostawcy umiejętności cyfrowych  |
| 15 | Niska użyteczność istniejących narzędzi                                         | Zaangażowanie MŚP we współprojektowanie przyjaznych dla użytkownika platform symbiozy przemysłowej.     | Deweloperzy technologii / Projektanci UX                           |
| 16 | Staba interoperacyjność                                                         | Ustalenie standardów integracji platform i zachęcanie do rozwoju API.                                   | Organizacje standaryzacyjne ICT / Deweloperzy platform             |
| 17 | Obawy dotyczące prywatności danych i cyberbezpieczeństwa                        | Zapewnienie ram zgodnych z RODO i zestawów narzędzi ochrony danych.                                     | Inspektorzy ochrony danych / Konsultanci ds. bezpieczeństwa IT     |
| 18 | Fragmentacja narzędzi/platform                                                  | Wsparcie krajowych lub unijnych inicjatyw federacyjnych platform ponownego wykorzystania.               | Komisja Europejska / Krajowe organy cyfrowe                        |
| 19 | Staba lub niewiarygodna jakość danych materiałowych                             | Wprowadzenie standardowych szablonów do rejestrowania i weryfikacji materiałów.                         | Deweloperzy platform / Konsorcja branżowe                          |
| 20 | Brak czasu i personelu                                                          | Promowanie efektywnych czasowo przepływów pracy symbiozy przemysłowej i współtworzenie wspólnych usług. | Konsultanci ds. produktywności / Sieci MŚP                         |
| 21 | Ręczne, rozdrobnione procesy ponownego wykorzystania                            | Digitalizacja i automatyzacja przepływów pracy ponownego wykorzystania za pomocą aplikacji mobilnych.   | Deweloperzy oprogramowania / Inżynierowie procesów                 |
| 22 | Niekompatybilność z istniejącymi przepływami pracy                              | Zapewnienie integracji nowych narzędzi z systemami ERP/zakupowymi.                                      | Dostawcy oprogramowania dla przedsiębiorstw / Deweloperzy narzędzi |
| 23 | Krótkoterminowe myślenie w organizacjach                                        | Oferowanie warsztatów foresight strategicznego i narzędzi wizji długoterminowej.                        | Konsultanci strategiczni / Trenerzy przywództwa                    |
| 24 | Brak wiedzy o potencjalnych partnerach                                          | Tworzenie platform matchmakingowych i lokalnych centrów symbiozy.                                       | Organizacje klastrowe / Pośrednicy innowacji                       |

Sukces wdrożenia cyfrowej symbiozy przemysłowej zależy nie tylko od rozwiązań technologicznych, ale także od kompleksowego zrozumienia barier strukturalnych, operacyjnych i poznawczych, z którymi borykają się organizacje. Plan działania zawarty w niniejszym załączniku przedstawia ukierunkowane, możliwe do zrealizowania zalecenia, które są zgodne z rzeczywistymi potrzebami i ograniczeniami zidentyfikowanymi podczas badań terenowych. Zaangażowanie wielu interesariuszy - od decydentów i edukatorów po dostawców technologii i sieci wsparcia MŚP - ma zasadnicze znaczenie dla przezwyciężenia tych barier i umożliwienia inkluzywnej transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym poprzez cyfrową symbiozę przemysłową.



Co-funded by  
the European Union



# FREINDs

Numer projektu:

2024-1-NO01-KA220-HED-000246621

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.