

WP2 – Centrum Edukacyjne – Zadanie 2.1

Stan wiedzy w dziedzinie
uwalniania mikroplastiku
i syntetycznych mikrowłókien
z produktów tekstylnych
do wody

Organizacja składająca wniosek : Universitat Politècnica de València (UPV) – Hiszpania

Partnerzy :

- Politechnika Łódzka (TIL) - Polska
- Aintek Symvouloi Epicheiriseon Efarmoges Ypsilis Technologias Ekpaidefsi Anonymi Etaireia (IDEC) - Grecja
- Kauno Technologijos Universitetas (KTU) – Litwa
- Panepistimio Dytikis Attikis (UNIWA) – Grecja

@prawa autorskie 2025

Niniejszy dokument nie może być kopiowany, powielany ani modyfikowany w całości ani w części, w żadnym celu bez pisemnej zgody autora. Ponadto należy wyraźnie wskazać autorów dokumentu oraz wszystkie stosowne fragmenty informacji o prawach autorskich.

Projekt ten został sfinansowany przy wsparciu Komisji Europejskiej. Niniejsza publikacja odzwierciedla wyłącznie poglądy autora i Komisja nie ponosi odpowiedzialności za sposób wykorzystania zawartych w nim informacji.



Wszelkie prawa zastrzeżone.

Akronim projektu:	MicroWeave-TEX
Pełny tytuł projektu:	Zrównoważone rozwiązania w przemyśle tekstylnym mające na celu ograniczenie emisji mikroplastiku/włókien syntetycznych
Numer umowy o dotację:	2025-1-ES01-KA220-HED-000356411
Partner odpowiedzialny za realizację zadania:	UNIWA
Partnerzy wspierający:	UNIWA, KTU, LUT, UPV
Autorski):	Kyriaki Kiskira (UNIWA), Nikitas Gerolimos (UNIWA)
Poziom dystrybucji:	Publiczny
Łączna liczba stron:	142
Wersja:	Projekt
Język	a
Zrecenzowane przez:	WSZYSTKO
Status:	ZAKOŃCZONY
Data dostawy:	28 / 01 /202 6

Kontrola wersji

Numer	Data	Opis
Wersja 0.1	15 /0 1 /202 6	1. projekt
Wersja 1.1	20.01.2026	OSTATECZNA do przeglądu
Wersja 2.0	28.02.2026	FINAŁ

Zawartość

1. Wstęp	13
1.1. Mikroplastik i sektor tekstylny.....	13
1.2. Zagadnienia dotyczące środowiska i zdrowia człowieka	14
1.3. Cel, zakres i metodologia niniejszego raportu	15
1.4. Wartość dodana dla WP2 i integracji edukacyjnej	15
2. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego	17
2.1. Definicja i granice sektora	17
2.4. Wielkość sektora, zatrudnienie i waga przemysłu	18
2.3. Struktura przemysłowa, specjalizacja i najnowsze trendy	19
2.4. Koncentracja terytorialna i struktura biznesowa.....	20
2.5. Produkcja, handel, konkurencyjność i dynamika rynku	21
2.6. Porównawcze implikacje dla znaczenia mikrowłókien	22
3. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym	24
4. Źródła uwalniania mikrowłókien w sektorze tekstylnym.....	26
4.1. Etap produkcji	26
4.2. Faza użytkowania	27
4.3. Obsługa końca cyklu życia	28
5. Badania naukowe i techniczne nad uwalnianiem mikrowłókien	30
5.1. Krajobraz badawczy i potencjał instytucjonalny	30
5.2. Badania przemysłowe i innowacje technologiczne	31
5.3. Udział w projektach UE i współpraca transgraniczna	31

5.4. Interpretacja porównawcza	31
--------------------------------------	----

6. Studia przypadków: dobre praktyki i przykłady interwencji 33

6.1. Grecja	33
6.1.1. Studium przypadku 1: Projekt CLAIM – Zaawansowana filtracja mikroplastiku w ściekach	33
6.1.2. Studium przypadku 2: Monitorowanie mikroplastiku w Zatoce Saryńskiej – ocena dominacji włókien	33
6.2. Litwa	34
6.2.1. Studium przypadku 3: Zrównoważona modernizacja wykańczania tekstyliów – redukcja zużycia wody i chemikaliów	34
6.2.2. Studium przypadku 4: Innowacje w dziedzinie tekstyliów technicznych – tekstylia inteligentne i ochronne	34
6.3. Polska	34
6.3.1. Studium przypadku 5: Redukcja krajowej produkcji przędzy syntetycznej (2020–2024).....	34
6.3.2. Studium przypadku 6: Dynamika importu odzieży i ryzyko związane z mikrofibrą napędzane konsumpcją.....	35
6.4. Hiszpania	35
6.4.1. Studium przypadku 7: Restrukturyzacja sektorowa i zrównoważona konkurencyjność.....	35
6.4.2. Studium przypadku 8: Regionalne klastry tekstylne – specjalizacja w zakresie innowacji i procesów	35
6.5. Porównawcze wnioski ze studiów przypadków	36

7. Główne wyzwania i bariery ograniczające uwalnianie mikrowłókien 37

7.1. Ograniczenia technologiczne i infrastrukturalne	37
7.2. Ograniczenia ekonomiczne i strukturalne	37
7.3. Luki regulacyjne i polityczne	38
7.4. Ograniczenia danych i monitorowania.....	38
7.5. Świadomość i bariery behawioralne.....	38

7.6.	Interpretacja porównawcza	39
8.	Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki w zakresie ograniczania uwalniania mikrowłókien	40
8.1.	Innowacje technologiczne i rozwiązania w zakresie gospodarki ściekowej	40
8.2.	Transformacja przemysłu w kierunku tekstyliów o wyższej wartości dodanej i tekstyliów technicznych	41
8.3.	Współpraca badań z przemysłem jako dobra praktyka.....	41
8.4.	Zgodność z celami UE w zakresie zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym.....	42
8.5.	Interpretacja porównawcza	42
9.	Polityki krajowe i ramy regulacyjne	43
9.1.	Krajowy kontekst legislacyjny	43
9.2.	Zgodność z przepisami UE	44
9.3.	Plany strategiczne, zachęty i programy	44
9.4.	Działania normalizacyjne i monitorujące	45
10.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne..	46
10.1.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	46
10.2.	Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych	47
11.	 Wnioski	49
11.1.	Uwalnianie mikrowłókien jako problem cykliczny i systemowy.....	49
11.2.	Ograniczenia strukturalne i wspólne bariery	49
11.3.	Potencjał technologiczny i badawczy	50
11.4.	Nakazy edukacyjne i budowania potencjału	50
11.5.	W kierunku skoordynowanej reakcji europejskiej	51
11.6.	Ostateczna refleksja.....	51
12.	Bibliografia	52

13. Załączniki 56

Załącznik I: Sprawozdanie krajowe – Grecja	56
13.1. Wstęp.....	56
13.1.1. Cel raportu krajowego	57
13.2. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego	58
13.3. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym	59
13.3.1. Świadomość narodowa i uwaga polityczna	61
13.4. Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien	62
13.4.1. Etap produkcji	62
13.4.2. Faza użytkowania.....	63
13.4.3. Obsługa końca cyklu życia	64
13.5. Krajowe badania naukowo-techniczne.....	65
13.5.1. Aktywne instytucje badawcze	65
13.5.2. Projekty badawcze uniwersyteckie	66
13.5.3. Badania przemysłowe i krajowe działania badawczo-rozwojowe.....	66
13.5.4. Udział w projektach UE	67
13.6. Studia przypadków	68
13.6.1. CLAIM – Ograniczanie mikroplastiku na poziomie oczyszczalni ścieków	68
13.6.2. Sprzęt wędkarski i tekstylia techniczne jako morskie źródła mikroplastiku	69
13.7. Główne wyzwania i bariery	71
13.7.1. Ograniczone przypisanie mikroplastiku źródłom związanym z tekstyliami	71
13.7.2. Nacisk na środowiska morskie w porównaniu ze źródłami górnymi	71
13.7.3. Niewystarczające dowody ilościowe dotyczące skuteczności łagodzenia	71
13.7.4. Ograniczenia polityczne i regulacyjne	72
13.7.5. Luki metodologiczne i związane z potencjałem	72
13.8. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki.....	72
13.8.1. Innowacyjne technologie.....	73

13.8.2.	Inicjatywy przemysłowe lub miejskie	73
13.8.3.	Certyfikacje lub programy dobrowolne	73
13.8.4.	Udane partnerstwa lub projekty	74
13.9.	Polityki krajowe i ramy regulacyjne	74
13.9.1.	Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku	74
13.9.2.	Zgodność z przepisami UE	75
13.9.3.	Plany strategiczne, zachęty i programy	75
13.9.4.	Krajowe działania normalizacyjne	76
13.10.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	76
13.10.1.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	76
13.10.2.	Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych	77
13.11.	Wnioski	78
13.12.	Bibliografia	80
Załącznik II: Sprawozdanie krajowe – Litwa		83
13.13.	Wstęp	83
13.14.	Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego	85
13.14.1.	Wprowadzenie i definicja sektora	85
13.14.2.	Najnowsze wydarzenia i struktura biznesowa	87
13.14.3.	Produkcja, handel międzynarodowy i konkurencyjność	89
13.15.	Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym	89
13.16.	Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien	90
13.16.1.	Etap produkcji	90
13.16.2.	Faza użytkowania	91
13.16.3.	Obsługa końca cyklu życia	92
13.17.	Krajowe badania naukowe i techniczne	92
13.17.1.	Aktywne instytucje badawcze	93
13.17.2.	Projekty badawcze uniwersyteckie	94
13.17.3.	Badania branżowe	95
13.17.4.	Udział w projektach UE	96
13.18.	Studia przypadków	97

13.18.1. Badanie zastosowania ekstraktów roślin leczniczych do nadawania właściwości antybakteryjnych materiałom tekstylnym przeznaczonym do druku sublimacyjnego (13.1.1-LVPA-K-856-01-005)	97
13.18.2. Opracowanie rozwiązań technologicznych do produkcji wkładek pochłaniających pot (01.2.1-MITA-T-851-01-0196)	99
13.19. Główne wyzwania i bariery	100
13.19.1. Bariery technologiczne i infrastrukturalne	100
13.19.2. Wyzwania gospodarcze i rynkowe	100
13.19.3. Przeszkody regulacyjne i strategiczne	100
13.19.4. Bariery środowiskowe i społeczne	101
13.20. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki.....	101
13.20.1. Innowacyjne technologie.....	101
13.20.2. Inicjatywy przemysłowe lub miejskie	102
13.20.3. Certyfikacje lub programy dobrowolne	103
13.20.4. Udaane partnerstwa lub projekty	103
13.21. Polityki krajowe i ramy regulacyjne.....	104
13.21.1. Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku	104
13.21.2. Zgodność z przepisami UE	105
13.21.3. Plany strategiczne, zachęty i programy.....	106
13.21.4. Krajowe działania normalizacyjne	107
13.22. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	108
13.22.1. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	108
13.22.2. Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych.....	108
13.23. Wnioski	109
13.24. Bibliografia	111
Załącznik III: Raport krajowy – Polska	112
13.25. Wstęp.....	112
13.25.1. Cel raportu krajowego	112
13.25.2. Krótkie dzieje sektora – znaczenie gospodarcze.....	112
13.26. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego	113

13.26.1.	Struktura polskiego przemysłu tekstylnego	113
13.27.	Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym	118
13.27.1.	Krajowe źródła mikroplastiku	118
13.28.	Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien	119
13.28.1.	Etap produkcji	119
13.28.2.	Faza użytkowania.....	119
13.28.3.	Obsługa końca cyklu życia	119
13.29.	Krajowe badania naukowo-techniczne.....	120
13.29.1.	Aktywne instytucje badawcze	120
13.29.2.	Projekty badawcze uniwersyteckie	120
13.29.3.	Badania branżowe	121
13.29.4.	Udział w projekcie UE	121
13.30.	Studia przypadków	122
13.30.1.	Studium przypadku 1 : Hydrostrateg	122
13.30.2.	Studium przypadku 2: FanpLESStic-sea.....	123
13.31.	Główne wyzwania i bariery	124
13.32.	Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki.....	125
13.32.1.	Innowacyjne technologie.....	125
13.32.2.	Inicjatywy przemysłowe lub miejskie	125
13.32.3.	Certyfikacje lub programy dobrowolne	125
13.32.4.	Udane partnerstwa lub projekty	126
13.33.	Polityki krajowe i ramy regulacyjne	127
13.33.1.	Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku	127
13.33.2.	Zgodność z przepisami UE	127
13.33.3.	Plany strategiczne, zachęty i programy	127
13.33.4.	Krajowe działania normalizacyjne	127
13.34.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	128
13.34.1.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	128
13.34.2.	Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych.....	128
13.35.	Wnioski	128

13.36. Bibliografia	128
Załącznik IV: Sprawozdanie krajowe – Hiszpania	129
13.37. Wstęp.....	129
13.38. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego	131
13.38.1. Wprowadzenie i definicja sektora	131
13.38.2. Najnowsze wydarzenia i aktualne dane produkcyjne.....	131
13.38.3. Wymiar terytorialny i struktura biznesowa.....	131
13.38.4. Produkcja, handel międzynarodowy i konkurencyjność	132
13.38.5. Wnioski	132
13.39. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym	132
13.40. Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien	133
13.40.1. Faza produkcji	133
13.40.2. Faza użytkowania.....	134
13.40.3. Zarządzanie końcem życia	135
13.41. Krajowe badania naukowo-techniczne.....	136
13.41.1. Aktywne instytucje badawcze	136
13.41.2. Projekty badawcze uniwersyteckie	136
13.41.3. Badania branżowe	137
13.41.4. Udział w projekcie UE	138
13.42. Studia przypadków	139
13.42.1. CAPTOPLASTIC - Technologie filtracji do redukcji mikroplastiku	139
13.42.2. E-μplast – Ekologiczne rozwiązania redukujące mikroplastik w przemyśle tekstylnym.....	141
13.43. Główne wyzwania i bariery	143
13.43.1. Wyzwania techniczne i infrastrukturalne	143
13.43.2. Bariery ekonomiczne i wdrożeniowe	144
13.43.3. Bariery społeczne, edukacyjne i świadomościowe.....	144
13.44. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki.....	144
13.44.1. Innowacyjne technologie.....	144
13.44.2. Inicjatywy krajowe i inicjatywy korporacyjne.....	145
13.44.3. Certyfikaty lub programy dobrowolne	146

13.44.4.	Udane partnerstwa lub projekty	146
13.45.	Polityki krajowe i ramy regulacyjne	147
13.45.1.	Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku	147
13.45.2.	Zgodność z przepisami UE	147
13.45.3.	Plany strategiczne, zachęty i programy	148
13.45.4.	Krajowe działania normalizacyjne	148
13.46.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	149
13.46.1.	Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne	149
13.46.2.	Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych.....	149
13.47.	Wnioski	151
13.47.1.	Główne wnioski i stan wiedzy na poziomie krajowym	151
13.47.2.	Zalecenia i działania priorytetowe	152
13.47.3.	Rozważania końcowe	152
13.48.	Bibliografia	153



1. Wstęp

Niniejsze sprawozdanie przygotowano w ramach Pakietu Roboczego 2 (WP2) – „Centrum Edukacyjne” projektu MicroWeave-TEX w ramach programu Erasmus+ dla szkolnictwa wyższego – Zrównoważone rozwiązania w przemyśle tekstylnym mające na celu redukcję emisji mikroplastiku/włókien syntetycznych (nr projektu 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411).

Celem WP2 jest przekształcenie skonsolidowanej wiedzy naukowej w ustrukturyzowane i solidne pod względem pedagogicznym zasoby edukacyjne dla szkolnictwa wyższego. Obejmują one wielojęzyczne materiały edukacyjne, słownik interpretacyjny, podcasty, innowacyjne narzędzia dydaktyczne oraz szkolenia dla nauczycieli. W tym kontekście, Zadanie 2.1 (T2.1) – „Badania i stan wiedzy na temat mikroplastików”, kierowane przez Uniwersytet Zachodniej Attyki (UNIWA), tworzy naukowe podstawy, na których opierają się wszystkie rezultaty WP2.

Niniejszy dokument stanowi skonsolidowany i porównawczy raport na temat najnowocześniejszych rozwiązań dotyczących uwalniania mikroplastiku, a dokładniej mikrowłókien syntetycznych, z wyrobów tekstylnych do środowiska wodnego i innych systemów środowiskowych. Zgodnie z terminologią projektu, termin „włókno” (i jego pochodne, takie jak „mikrowłókno”) jest używany spójnie w całym dokumencie.

1.1. Mikroplastik i sektor tekstylny

Tworzywa sztuczne to syntetyczne materiały polimerowe charakteryzujące się trwałością, lekkością i wszechstronnością. Ich wykładniczy wzrost produkcji i zastosowania doprowadził do ich powszechnego występowania w środowisku naturalnym (Geyer i in., 2017). Mikroplastik jest powszechnie definiowany jako cząsteczki plastiku o średnicy poniżej 5 mm (Arthur i in., 2009; Frias i Nash, 2019) i może powstawać jako cząstki pierwotne celowo wytwarzane w skali mikroskopowej lub jako fragmenty wtórne powstające w procesach degradacji (Andrady, 2011).

Spośród różnych form mikroplastiku, cząstki włókniste stanowią szczególnie istotną podgrupę ze względu na ich wydłużoną morfologię i wysoki współczynnik kształtu. Te cechy wpływają na właściwości transportowe, dynamikę filtracji i interakcje biologiczne, odróżniając włókna od cząstek kulistych lub nieregularnych (Cole i in., 2011; Andrady, 2017a; Burns i Boxall, 2018a).

Sektor tekstylny jest uznawany za jedno z głównych źródeł syntetycznych mikrowłókien uwalnianych do środowiska. Emisje mikrowłókien występują w całym cyklu życia tekstyliów, w tym podczas produkcji włókien, produkcji tkanin, użytkowania odzieży, prania w warunkach domowych i przemysłowych oraz utylizacji po zakończeniu cyklu

życia. Pranie w warunkach domowych jest powszechnie uznawane za kluczowy czynnik emisji, a badania wskazują na emisję od około 10^5 do 10^6 włókien na pranie, w zależności od właściwości tekstyliów i warunków prania (Napper i Thompson, 2016; De Falco i in., 2019; Cesa i in., 2020).

Oczyszczalnie ścieków mogą zatrzymywać znaczną część uwolnionych włókien, osiągając deklarowaną skuteczność usuwania od 70% do 98%; jednak zatrzymane mikrowłókna często gromadzą się w osadach ściekowych, potencjalnie przedostając się z powrotem do systemów lądowych poprzez ich nawożenie (Murphy i in., 2017; Suaria i in., 2020). Rzeki pełnią funkcję głównych kanałów łączących źródła śródlądowe ze środowiskami morskimi, a mikrowłókna wykryto w wodach przybrzeżnych, osadach głębinowych i odległych regionach (Eriksen i in., 2013; Woodall i in., 2014; Bergmann i in., 2019).

Poza środowiskami wodnymi, mikrowłókna udokumentowano również w przestrzeniach atmosferycznych i lądowych. Badania powietrza w pomieszczeniach wskazują na mieralne stężenia włókien, co wskazuje na inhalację jako istotną drogę narażenia (Dris i in., 2017a; Gasperi i in., 2018a; Prata, 2018a). Gleby rolnicze, do których trafiają osady ściekowe, mogą zawierać tysiące cząstek na kilogram, co dowodzi cross-medialnego charakteru zanieczyszczenia mikrowłóknami (de Souza Machado i in., 2018; Sajjad i in., 2022).

1.2. Zagadnienia dotyczące środowiska i zdrowia człowieka

Mikrowłókna mogą wywierać zarówno działanie fizyczne, jak i chemiczne. Fizycznie, ich geometria może wpływać na wchłanianie, retencję i reakcje zapalne u organizmów (Wright i Kelly, 2017a). Z chemicznego punktu widzenia, włókna mogą zawierać dodatki lub adsorbować hydrofobowe zanieczyszczenia, działając jako wektory dla substancji powiązanych (Halden, 2010; Caruso, 2019).

Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie analityki pozwoliły na wykrycie mikroplastiku w różnych próbkach biologicznych człowieka, w tym w kale, krwi, łożysku, tkance płucnej i płynach rozrodczych (Schwabl i in., 2019a; Ragusa i in., 2021; Jenner i in., 2022; Leslie i in., 2022). Chociaż wyniki te wskazują na narażenie, ilościowa ocena ryzyka pozostaje ograniczona przez zmienność metodologiczną, ograniczoną standaryzację i niepewność dotyczącą realistycznych poziomów narażenia w środowisku (Hermsen i in., 2018; Wright i Kelly, 2017b).

W związku z tym obecny konsensus naukowy podkreśla ostrożność: rozmieszczenie mikrowłókien w środowisku jest dobrze udokumentowane, interakcje biologiczne są prawdopodobne, jednak ostateczne wnioski dotyczące długoterminowych zagrożeń dla zdrowia ludzi wymagają dalszych badań.

1.3. Cel, zakres i metodologia niniejszego raportu

Celem niniejszego raportu jest:

- Przedstawienie ustrukturyzowanego i opartego na dowodach przeglądu aktualnej wiedzy naukowej na temat uwalniania mikroplastiku i syntetycznych mikrowłókien z tekstyliów;
- Analizowanie ścieżek środowiskowych, podejść pomiarowych, strategii łagodzenia skutków za pomocą technologii i rozwoju polityki;
- Syntetyzowanie i porównywanie kontekstów narodowych (Grecja, Litwa, Polska i Hiszpania);
- Zapewnienie skonsolidowanej podstawy do opracowania materiałów edukacyjnych WP2.

W przeciwieństwie do indywidualnych raportów krajowych, które opierają się na wspólnym szablonie, niniejszy dokument nie powiela analiz krajowych sekwencyjnie. Zamiast tego przyjmuje strukturę porównawczą i integracyjną, w której każda sekcja tematyczna syntetyzuje wyniki badań w różnych krajach. Takie podejście wzmacnia spójność analityczną i zapobiega powielaniu treści.

Metodyka stanowiąca podstawę niniejszego raportu obejmuje:

1. Ustrukturyzowany przegląd recenzowanej literatury naukowej i raportów technicznych;
2. Kompilację raportów krajowych sporządzonych według wspólnego szablonu;
3. Analizę porównawczą struktur przemysłowych, dowodów środowiskowych, potencjału badawczego, ram regulacyjnych i potrzeb edukacyjnych;
4. Wewnętrzną recenzję ekspercką w celu zapewnienia rzetelności naukowej i znaczenia pedagogicznego.

1.4. Wartość dodana dla WP2 i integracji edukacyjnej

Konsolidując dowody naukowe z analizą kontekstu krajowego, niniejszy raport ustanawia bazę wiedzy niezbędną do opracowania wyników WP2. Efekty uzyskanych w ten sposób wniosków porównawczych będą następujące:

- opracowywanie programów nauczania w zakresie zrównoważonych systemów tekstylnych;
- moduły szkoleniowe dla nauczycieli;
- słownik interpretacyjny terminów kluczowych;

- innowacyjne narzędzia pedagogiczne, takie jak zorientowane na zrównoważony rozwój escape roomy;
- materiały edukacyjne wielojęzyczne.

Co istotne, raport nie przewiduje wniosków przed analizą porównawczą ani nie powiela ustaleń na poziomie krajowym. Zamiast tego, ujmuje problem koncepcyjnie i metodologicznie, a syntezę i wnioski strategiczne rezerwuje na ostatnią część dokumentu.

Dzięki takiej strukturze rezultat jest zgodny z celami projektu MicroWeave-TEX i przyczynia się do rozwoju naukowo uzasadnionych, pedagogicznie solidnych podejść do ograniczania zanieczyszczenia mikroplastikiem i syntetycznymi mikrowłóknami pochodzącymi z sektora tekstylnego.



2. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego

W tym rozdziale podsumowano strukturę sektora tekstylno-odzieżowego w Grecji, na Litwie, w Polsce i Hiszpanii. Skupiono się na wielkości sektora, jego strukturze, organizacji terytorialnej, ostatnich wydarzeniach oraz handlu/konkurencyjności, ponieważ parametry te kształtują prawdopodobieństwo uwalniania syntetycznych mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów (produkcja, użytkowanie i koniec cyklu życia).

2.1. Definicja i granice sektora

We wszystkich czterech raportach krajowych sektor tekstylny i odzieżowy jest konsekwentnie ujmowany jako łańcuch wartości obejmujący działalność w zakresie włókien/przędzy, formowania materiałów włókienniczych (tkanie/dzianie), wykończania materiałów włókienniczych oraz produkcji odzieży i wyrobów tekstylnych, chociaż raporty każdego kraju kładą nacisk na różne segmenty w zależności od krajowej specjalizacji przemysłowej.

- W Hiszpanii sektor ten jest wyraźnie zdefiniowany za pomocą normy CNAE-2009 i obejmuje: przygotowywanie i przędzenie włókien, produkcję i wykończanie materiałów włókienniczych, produkcję innych wyrobów tekstylnych oraz produkcję odzieży (Instituto Nacional de Estadística, 2023).
- Na Litwie sektor ten definiowany jest za pomocą Krajowej Klasyfikacji Działalności Gospodarczej (EVRK 13), szczegółowo obejmującej kategorie takie jak przygotowanie/przędzenie, tkanie, dzianie, konfekcjonowanie wyrobów tekstylnych, dywanów, lin/sieci, wykańczanie, wyroby włókninowe i szycie, wraz z tabelą struktury ilościowej (liczba przedsiębiorstw według rodzaju działalności).
- W Polsce stosowana jest krajowa klasyfikacja – Polska Klasyfikacja Działalności (PKD), przedstawiająca strukturę przemysłu za pomocą tablic dotyczących produkcji tekstyliów (np. przędzenie, tkanie, wykańczanie, włókniny, tekstylia techniczne) oraz kategorii produkcji odzieży.
- Grecja definiuje ten sektor historycznie i strukturalnie (MŚP + firmy zintegrowane pionowo + wyspecjalizowani producenci), a jako jego główne elementy wyróżnia przetwórstwo bawełny, produkcję przędzy, tekstylia techniczne i niszowe produkty modowe.

Chociaż granice sektorowe są zasadniczo porównywalne we wszystkich czterech raportach krajowych, nacisk i ujęcie różnią się znacząco. Hiszpania kładzie większy nacisk na formalne ramy klasyfikacji oraz na długoterminową trajektorię restrukturyzacji krajowego sektora tekstylno-odzieżowego w kontekście międzynarodowej konkurencji i dostosowań przemysłowych. Z kolei Litwa i Polska przedstawiają bardziej szczegółowe i ustrukturyzowane mapowanie podsektorów, wykorzystując szczegółowe tabele

EVRK/PKD do opisu rodzajów działalności w zakresie produkcji tekstyliów i odzieży oraz dystrybucji podmiotów gospodarczych w poszczególnych kategoriach. Grecja z kolei przyjmuje narrację bardziej zorientowaną na cykl życia, wyraźnie łącząc wykorzystanie włókien (bawełna kontra rosnące syntetyki), geograficzne klastrowanie produkcji i wykańczania oraz dalsze ścieżki środowiskowe, w szczególności infrastrukturę ściekową i presję na wybrzeże, tym samym wiążąc strukturę przemysłową bardziej bezpośrednio z istotnością uwalniania mikrowłókien.

2.4. Wielkość sektora, zatrudnienie i waga przemysłu

Grecki przemysł tekstylny i odzieżowy jest określany jako jeden z najstarszych sektorów produkcyjnych, historycznie istotny dla zatrudnienia i eksportu. Po spadku po roku 2000, spowodowanym konkurencją ze strony krajów o niskich kosztach produkcji, pozostaje on „średniej wielkości, ale silnym” sektorem krajowym. Raport wymienia ponad 1200 przedsiębiorstw, ponad 25 000 pracowników i roczny eksport przekraczający 2 miliardy euro, głównie na rynki UE (SEPEE, 2023; Eurostat, 2023).

Sektor hiszpański pozostaje znaczący gospodarczo i społecznie, pomimo utraty relatywnego znaczenia w sektorze produkcyjnym. Według danych CITYC, w 2024 roku obroty wyniosły 5,996 mld euro (-2,7% w porównaniu z rokiem poprzednim), przy 3426 aktywnych firmach (-2,3%) i 45 429 pracownikach (-1,1% w porównaniu z 2023 rokiem), co wskazuje na fazę dostosowań po pandemii (CITYC, 2025).

Polska jest pozycjonowana jako jeden z głównych producentów w UE: zajmuje trzecie miejsce w UE pod względem liczby firm tekstylnych i zatrudnienia (po Włoszech i Francji pod względem liczby firm oraz po Włoszech i Niemczech pod względem zatrudnienia). Raport szacuje również wartość produkcji tekstylnej sprzedanej w 2025 roku na około 4,8 mld euro. Strukturalnie sektor jest bardzo rozdrobniony: około 97% firm odzieżowych to mikroprzedsiębiorstwa. Dun & Bradstreet szacuje, że na koniec lutego 2024 roku w sektorze działało nieco ponad 9500 firm.

Na Litwie działa około 800 firm w sektorze tekstylnym i odzieżowym, głównie MŚP, a zatrudnienie na koniec 2025 roku wynosiło około 26 000 osób, przy stałym spadku w porównaniu z historycznym poziomem zatrudnienia (>30 000). Raport odnotowuje również strukturę zatrudnienia: kobiety stanowią większość pracowników, a personel inżynieryjno-techniczny stanowi około 5-8%, przy czym popyt rośnie wraz z przesunięciem sektora w stronę tekstyliów zaawansowanych technologicznie.

W tej grupie Hiszpania charakteryzuje się największym zatrudnieniem i wyraźnie określonym obrotem (CITYC, 2025). Polska łączy w sobie bardzo dużą liczbę podmiotów i silną pozycję w UE z głębokim rozdrobnieniem mikroprzedsiębiorstw. Grecja i Litwa

mają mniejsze znaczenie w skali bezwzględnej, ale pozostają istotne strukturalnie i eksportowo.

2.3. Struktura przemysłowa, specjalizacja i najnowsze trendy

Grecja: trzon bawełny z rosnącym udziałem włókien syntetycznych i mieszanych

Grecja historycznie w dużym stopniu opierała się na bawełnie, a raport wskazuje, że Grecja jest największym producentem bawełny w UE. Tkaniny i przędze bawełniane nadal odgrywają kluczową rolę, ale włókna syntetyczne i mieszanki (poliester, poliamid, akryl) zyskują coraz większą popularność ze względu na przystępną cenę i trwałość. Raport wyraźnie łączy tę zmianę z rolą mikrowłókien (syntetyczne ubrania gubią włókna podczas prania, noszenia i produkcji) i zwraca uwagę na zbieżność z polimerami wykrytymi w greckim środowisku wodnym (np. PE i PP; przykład podano dla ustaleń z Zatoki Termajskiej, Kermenidou i in., 2023).

Hiszpania: długoterminowa restrukturyzacja w ramach liberalizacji handlu

Raport Hiszpanii sytuje zmiany strukturalne w kontekście liberalizacji handlu międzynarodowego i integracji z WTO (Porozumienie w sprawie tekstyliów i odzieży, w pełni zintegrowane w 2005 r.), które nasiliły konkurencję (zwłaszcza ze strony Azji). To z kolei doprowadziło do restrukturyzacji produkcji, częściowej relokacji oraz strategii opartych na różnicowaniu (jakość, wzornictwo, szybka reakcja rynku) (Moral, 2004; Komisja Europejska, 2004). Ostatnie wyniki wskazują na konsolidację i dostosowanie po wzroście po pandemii, ze spadkiem liczby firm i zatrudnienia, ale utrzymującym się znaczeniem segmentów o wyższej wartości dodanej (tkaniny, tekstylia techniczne, tekstylia domowe).

Polska: transformacja w kierunku niszy/wysokiej wartości, podczas gdy firmy upadają

Raport Polski opisuje transformację od produkcji masowej opartej na niskich kosztach pracy w kierunku niszowych, wyspecjalizowanych rozwiązań o wyższej wartości dodanej, kształtowanych przez transformację systemową i zmiany na rynku globalnym. Zwraca również uwagę na ostatnie sygnały recesji: liczba firm tekstylnych spada od trzech lat; w 2023 roku spadek wyniósł prawie 1,6% w porównaniu z 2022 rokiem, a prawie 500 firm zawiesiło działalność w 2023 roku. Mimo to, aktywność w sektorze tekstylnym pozostaje silna w niektórych regionach.

Litwa: stabilność dzięki modernizacji w kierunku produkcji wysokotechnologicznej i nastawionej na eksport

Litwa informuje o stabilnym sektorze, który pod koniec 2025 r. znajduje się pod presją zamówień eksportowych, przy nieznacznie spadających oczekiwaniach/wolumenach produkcji. Strukturalnie, raport podkreśla, że większość przemysłu koncentruje się na produktach finalnych (tkaninach i odzieży), podczas gdy wstępne przygotowanie/przędzenie stanowi niewielką część łańcucha. Produkcja włókien syntetycznych/chemicznych i przędz należy do najmniejszych segmentów ze względu na wysokie wymagania technologiczne; jedną z historycznie ważnych firm w tej dziedzinie jest AB „Dirbtinis pluoštas”. Raport opisuje przejście od produkcji masowej/„taniego krawiectwa” w kierunku tekstyliów zaawansowanych technologicznie (medycznych, transportowych, ochronnych) i podkreśla rolę KTU i FTMC we wspieraniu innowacji (inteligentnych/ochronnych tekstyliów).

2.4. Koncentracja terytorialna i struktura biznesowa

Wzory terytorialne mają znaczenie dla znaczenia mikrowłókien, ponieważ wskazują, gdzie działalność tekstylna, zwłaszcza przetwarzanie na mokro i wykańczanie, powoduje koncentrację ścieków i potrzebę monitorowania.

Grecja: Produkcja tekstyliów koncentruje się w północnej Grecji, zwłaszcza w Macedonii Środkowej (region Salonik), Macedonii Wschodniej i Tracji oraz Tesalii, gdzie skupione są przędzalnie, tkalnie/dziwiarnie farbiarnie, wykończalnie i producenci odzieży. Raport wiąże to skupisko z potencjalnym obciążeniem sieci ściekowych i wskazuje na podatność na zagrożenia w miejscach, gdzie ścieki przemysłowe odprowadzane są do rzek lub miejskich oczyszczalni ścieków (przykład zaczerpnięty z badań nad rzeką Kifissos, Koutsikos i in., 2023).

Hiszpania: produkcja jest silnie skoncentrowana geograficznie; Katalonia i Wspólnota Walencka zajmują się głównie przędzeniem, tkaniem i wykańczaniem, podczas gdy produkcja odzieży jest bardziej rozproszona (Andaluzja, Galicja, Madryt, Kastylia-La Mancha) (Instituto Nacional de Estadística, 2023).

Litwa: w raporcie wskazano Kowno, Szawle i Ucianę jako historyczne ośrodki włókiennicze zajmujące się dziewiarstwem i pończosznictwem. Zauważono również, że firmy produkujące włókniny koncentrują się w dużych ośrodkach przemysłowych i regionach o tradycjach włókienniczych.

Polska: w raporcie zauważono, że pomimo recesji w sektorze, nadal istnieją regiony, w których przemysł tekstylny prosperuje (Producenci tekstyliów, 2025). Potwierdzają to ustrukturyzowane tabele PKD, prezentujące liczebność podmiotów w wielu kategoriach tekstyliów i odzieży.

Hiszpania wyraźnie podkreśla, że >50% firm zatrudnia mniej niż pięciu pracowników, a znaczna część nie zatrudnia ich wcale, co świadczy o wysoce rozdrobnionym modelu produkcji i ograniczonych możliwościach inwestycyjnych (Moral, 2004). Polska odzwierciedla rozdrobnienie w segmencie odzieżowym, gdzie dominują mikroprzedsiębiorstwa. Litwa odnotowuje dominację MŚP (tylko ~0,2% dużych firm) w szyciu/odzieży oraz silny model produkcji kontraktowej („produkcja Lohn”) dla marek z UE. Grecja podobnie opisuje przewagę MŚP i podkreśla bariery kosztowe utrudniające wdrożenie filtracji z mikrowłókien.

2.5. Produkcja, handel, konkurencyjność i dynamika rynku

Hiszpania: rosnący deficyt handlowy pod presją konkurencji

Eksport tekstyliów z Hiszpanii osiągnął 4,72 mld euro (2024; +1,6% w porównaniu z 2023 r.), podczas gdy import wyniósł 5,107 mld euro (+6,3%), co spowodowało deficyt handlowy w wysokości 387 mln euro (CITYC, 2025). Do krajów docelowych eksportu należą Maroko, Francja, Włochy, Portugalia i Niemcy; w imporcie przodują Chiny, Turcja, Włochy i Pakistan (CITYC, 2025). Raport koncentruje się na konkurencyjności poprzez zróżnicowanie, elastyczność i kontrolę łańcucha wartości, zwłaszcza w segmentach o wyższej wartości dodanej.

Polska: spada produkcja tekstyliów syntetycznych, ale silne sygnały importowe i duży rynek konsumencki

Raport Polski dostarcza istotnych informacji na temat mikrowłókien: produkcja przędz i tkanin syntetycznych systematycznie spada od 2020 r., przy czym produkcja przędzy syntetycznej spadła trzykrotnie i osiągnęła poziom porównywalny z produkcją przędzy bawełnianej (zgodnie z interpretacją danych liczbowych i opisowych raportu). Raport odnotowuje jednak również dynamikę importu: wartość importu włókien syntetycznych jest prawie trzykrotnie wyższa niż wartość importu bawełny, a import włókien ciętych syntetycznych wzrósł od 2022 r., co jest opisane jako niekorzystny trend w ograniczaniu mikroplastiku z przemysłu tekstylnego. Ponadto wartość importu odzieży jest dziesięciokrotnie wyższa niż wartość importu włókien/przędzy/dzianin i znacznie wzrosła w 2024 r. Raport zawiera również szacunki rynkowe (np. szacunki PIOT dotyczące wartości polskiego rynku odzieżowego na poziomie 66,9 mld zł w 2024 r., z czego 10 mld zł przypada na produkcję krajową).

Litwa: model oparty na eksporcie ze stopniowym wzmacnianiem rynku krajowego

Litwa informuje, że około 75-80% produkcji jest eksportowane, podczas gdy sprzedaż krajowa wzrosła (ponad 20% produkcji sprzedawanej na rynku krajowym w porównaniu z 8% kilka dekad temu). Raport prognozuje, że wielkość rynku sektora osiągnie 579,5 mln euro w 2026 roku, odnotowując ożywienie pod koniec 2025 roku (roczny wzrost 2,6-

3,5%), ale utrzymującą się konkurencję ze strony krajów o niższych kosztach produkcji oraz strategiczną potrzebę przejścia na produkcję o wyższej wartości dodanej.

Grecja: sektor średniej wielkości zorientowany na eksport i ograniczenia innowacji

Raport Grecji podkreśla wysoki eksport (>2 mld euro rocznie, głównie na rynki UE) oraz ciągłą modernizację w kierunku zrównoważonego rozwoju i czystszej produkcji (SEPEE, 2023; Eurostat, 2023). Podkreśla również, że chociaż niektóre firmy wdrażają recykling wody i ulepszoną filtrację w procesach wykańczania/barwienia, dedykowana filtracja z mikrowłókien pozostaje ograniczona – szczególnie wśród MŚP ze względu na bariery kosztowe i brak krajowych wytycznych. Raport przytacza inicjatywy finansowane przez UE, takie jak CLAIM, jako dowód na to, że technologie filtracji o wysokiej retencji (do 95%) są technicznie wykonalne w obszarze gospodarki ściekowej (Gkanasos i in., 2021).

2.6. Porównawcze implikacje dla znaczenia mikrowłókien

Łącznie cztery krajowe profile branżowe wskazują na wspólną europejską rzeczywistość, rozdrobnione struktury produkcji i silną presję konkurencyjną, ale z odrębnymi krajowymi konfiguracjami „istotnymi dla mikrowłókien”:

- Znaczenie dla strony produkcyjnej (odprowadzanie ścieków przemysłowych / ścieki z obróbki na mokro): Silne tam, gdzie występują skupiska wykańczania/barwienia oraz gdzie ścieki przemysłowe oddziałują z miejskimi systemami ściekowymi. Grecja wyraźnie wskazuje na te ścieżki w północnej Grecji i łączy klastrowanie przemysłowe z podatnością na ścieki (Koutsikos i in., 2023). Litwa opisuje modernizujący się sektor wykańczania (bielenie, barwienie, drukowanie, powlekanie), wspierający producentów nastawionych na eksport, co implikuje skoncentrowane działania w zakresie obróbki na mokro, istotne dla środków wychwytywania mikrowłókien. Hiszpania i Polska również dokumentują silne struktury tkackie/wykończalnicze w ramach klastrów regionalnych.
- Znaczenie fazy użytkowania (pranie tekstyliów syntetycznych i mieszanych w kraju): Grecja wyraźnie łączy zwiększone zużycie włókien syntetycznych z obecnością włókien w greckim środowisku morskim (np. w zatokach o wpływie urbanizacji, takich jak Saronik; Adamopoulou i in., 2021). Bardzo duży wolumen importu odzieży do Polski w porównaniu z importem z rynków zbytu sugeruje silny wpływ procesów konserwacji, napędzanych konsumpcją tekstyliów (nawet przy spadku krajowej produkcji tekstyliów syntetycznych). Deficyt handlowy Hiszpanii i wysokie przepływy importowe wzmacniają podobne znaczenie prania brudnych pieniędzy na konsumpcję.
- Zdolność do wdrażania technologii łagodzących: Dominacja MŚP widoczna jest we wszystkich czterech krajach, przy czym Hiszpania i Polska stanowią silne dowody na istnienie struktur mikroprzedsiębiorstw (Moral, 2004; ~97%

mikroprzedsiębiorstw z branży odzieżowej w Polsce). Oznacza to, że środki łagodzące mogą wymagać wsparcia politycznego, ujednoliconych wytycznych i zachęt, ponieważ wielkość firmy ogranicza możliwości inwestycyjne. Grecja wyraźnie wspomina o barierach kosztowych i ograniczonym wdrożeniu dedykowanych filtrów z mikrowłókien wśród MŚP.

Ogólnie rzecz biorąc, raporty krajowe wskazują, że ograniczanie uwalniania mikrowłókien musi być projektowane z uwzględnieniem struktury sektora krajowego:

- tam, gdzie produkcja jest skoncentrowana, a wykańczanie ma duże znaczenie, środki skoncentrowane na ściekach stają się niezwykle istotne;
- tam, gdzie dominują import i konsumpcja odzieży, centralne znaczenie mają środki stosowane w fazie użytkowania (praktyki prania, filtracja w pralniach domowych/przemysłowych);
- a we wszystkich przypadkach przewaga MŚP wskazuje na znaczenie dostępnych technologii, doradztwa i wspierających ram politycznych.



3. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym

Chociaż wszystkie cztery raporty krajowe uznają mikroplastik i syntetyczne mikrowłókna za istotne dla środowiska, sposób ujęcia ich znaczenia na szczeblu krajowym różni się w zależności od stopnia narażenia środowiska, struktury przemysłu, dojrzałości przepisów i nacisku na badania naukowe.

W Grecji problem ten jest silnie ujęty w kontekście wrażliwości obszarów morskich i przybrzeżnych, odzwierciedlając rozległą linię brzegową i gospodarkę kraju opartą na turystyce. W raporcie podkreślono, że cząstki w kształcie włókien dominują w profilach mikroplastiku w greckim środowisku morskim i śródlądowym, i powiązano te ustalenia z drogami przepływu ścieków i ograniczeniami infrastruktury. Sezonowa presja turystyczna i niewystarczający zasięg trzeciorzędnych oczyszczalni ścieków w niektórych obszarach są przedstawiane jako czynniki wzmacniające ten problem. Dowody naukowe z systemów przybrzeżnych i rzecznych potwierdzają znaczenie włókien tekstylnych w krajowym monitoringu środowiska (Adamopoulou i in., 2021; Koutsikos i in., 2023). W związku z tym zanieczyszczenie mikrowłóknami w Grecji jest postrzegane nie tylko jako problem przemysłowy, ale także jako problem ekosystemu morskiego i problem społeczno-ekonomiczny, mający wpływ na rybołówstwo, bioróżnorodność i turystykę przybrzeżną.

Na Litwie znaczenie mikrowłókien postrzegane jest przede wszystkim w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym i transformacji w kierunku zrównoważonego rozwoju. Raport krajowy pozycjonuje uwalnianie mikrowłókien jako element szerszej transformacji środowiskowej litewskiego sektora tekstylnego i odzieżowego, zgodnie z zobowiązaniami UE w zakresie zrównoważonego rozwoju i krajowymi strategiami politycznymi. Zamiast koncentrować się głównie na dowodach zanieczyszczeń w systemach naturalnych, Litwa kładzie nacisk na ustrukturyzowaną ocenę, dostosowanie polityki i skoordynowane działania władz publicznych, przemysłu i instytucji badawczych. Kwestia ta wpisuje się zatem w narrację modernizacji przemysłu, w której efektywność środowiskowa i modernizacja technologiczna mają kluczowe znaczenie dla utrzymania konkurencyjności eksportu.

W Polsce znaczenie mikroplastiku odzwierciedla skala, struktura i dynamika rynku krajowego przemysłu tekstylnego i odzieżowego. Raport podkreśla potrzebę zrozumienia wielkości i pozycji ekonomicznej sektora, aby ocenić jego wpływ na zanieczyszczenie wód gruntowych. Szczególną uwagę poświęcono trendom produkcyjnym, roli importu włókien syntetycznych oraz skali konsumpcji odzieży. Takie ujęcie łączy uwalnianie mikrowłókien zarówno z działalnością przemysłową na wcześniejszych etapach

łańcucha dostaw, jak i ze wzorcami użytkowania przez konsumentów na późniejszych etapach łańcucha dostaw. Polskie podejście łączy zatem analizę przemysłową z rozważaniami na temat łagodzenia skutków zmian klimatu, podkreślając znaczenie strategii sektorowych w celu ograniczenia wpływu na środowisko.

W Hiszpanii znaczenie mikroplastiku i mikrowłókien jest osadzone w szerszym kontekście restrukturyzacji przemysłu, dostosowania przepisów i konkurencyjności w obliczu presji handlu międzynarodowego. Hiszpański raport łączy wyzwania środowiskowe z długoterminową transformacją sektorową wynikającą z liberalizacji handlu i globalnej konkurencji (Moral, 2004; Komisja Europejska, 2004). Kwestie związane z mikrowłóknami są uwzględniane w szerszych dyskusjach na temat zrównoważonego rozwoju, innowacji i modernizacji technologicznej jako strategicznych narzędzi utrzymania konkurencyjności w segmentach tekstyliów o wyższej wartości dodanej. W tym kontekście efektywność środowiskowa staje się zarówno kwestią zgodności z przepisami, jak i czynnikiem różnicującym rynek.

Chociaż zjawisko zanieczyszczenia środowiska mikrowłóknami występuje powszechnie we wszystkich czterech krajach, jego specyfika na szczeblu krajowym różni się:

- Grecja podkreśla narażenie środowiska morskiego, ograniczenia dotyczące ścieków i presję związaną z turystyką.
- Litwa podkreśla znaczenie dostosowania polityki i zrównoważonej transformacji przemysłowej.
- Polska podkreśla skalę przemysłu, przepływy handlowe i wpływ konsumpcji.
- Hiszpania koncentruje się na restrukturyzacji, dostosowaniu przepisów i konkurencyjności opartej na zrównoważonym rozwoju.

Te różnice pokazują, że istotność zanieczyszczenia mikrowłóknami zależy nie tylko od danych środowiskowych, ale także od konfiguracji przemysłu, wzorców handlu i kontekstu politycznego. Spójna reakcja europejska wymaga zatem kontekstualizowanych strategii łagodzenia skutków, które odzwierciedlają krajowe uwarunkowania strukturalne, a jednocześnie opierają się na wspólnych podstawach naukowych.

4. Źródła uwalniania mikrowłókien w sektorze tekstylnym

W niniejszym rozdziale przedstawiono porównawczą syntezę głównych źródeł i ścieżek uwalniania syntetycznych mikrowłókien zidentyfikowanych w raportach krajowych Grecji, Litwy, Polski i Hiszpanii. Źródła analizowane są z perspektywy cyklu życia w trzech głównych etapach: (1) produkcji i przetwarzania przemysłowego, (2) fazy użytkowania (pranie w gospodarstwach domowych i komercyjnych) oraz (3) utylizacji i gospodarowania odpadami po zakończeniu cyklu życia. Chociaż ogólne ścieżki są strukturalnie podobne we wszystkich krajach, ich względne znaczenie różni się w zależności od konfiguracji przemysłowej, infrastruktury ściekowej, wzorców konsumpcji i dojrzałości polityki.

4.1. Etap produkcji

We wszystkich czterech krajach procesy produkcji tekstyliów uznawane są za potencjalne źródła uwalniania mikrowłókien, szczególnie tam, gdzie występuje ścieranie mechaniczne i obróbka na mokro.

Grecki raport jednoznacznie wskazuje na przędzenie, tkanie/dzianie, szrotkowanie, krojenie, farbowanie, pranie i wykańczanie jako punkty przemysłowego zużycia. W północnej Grecji, a zwłaszcza w Macedonii Środkowej, Macedonii Wschodniej oraz Tracji i Tesalii, skoncentrowane są skupiska zakładów przetwórstwa tekstyliów, w tym farbiarni i innych wykończalni. Skupiska te generują lokalne obciążenia dla sieci kanalizacyjnych, zwłaszcza tam, gdzie ścieki przemysłowe odprowadzane są do rzek lub miejskich oczyszczalni ścieków (OŚ). Dowody z projektu CLAIM pokazują, że mikroplastik, w tym cząstki włókniste, jest obecny w ściekach, a zaawansowane technologie filtracji mogą osiągnąć skuteczność usuwania nawet do 95% w warunkach pilotażowych (Gkanasos i in., 2021). Grecki raport dodatkowo łączy wykorzystanie włókien syntetycznych (poliester, poliamid, mieszanki akrylowe) z rodzajami polimerów wykrytymi w środowiskach wodnych, co wzmacnia związek między produkcją a środowiskiem (Kermenidou i in., 2023).

Litwa przedstawia szczegółowy strukturalny podział działalności produkcyjnej w ramach EVRK 13, obejmujący przędzenie, tkanie, dzianie, wykańczanie, produkcję włóknin i szycie. Chociaż produkcja włókien syntetycznych i chemicznych jest ograniczona w przypadku wielu firm, procesy wykańczania, bielenia, farbowania, drukowania, powlekania i impregnacji są powszechnie stosowane. W raporcie zauważono, że wiele firm integruje działy wykańczania i szybko modernizuje się w kierunku technologii przyjaznych dla środowiska, które ograniczają zużycie wody i chemikaliów. Biorąc pod uwagę silne ukierunkowanie Litwy na eksport (eksportowane jest 75–80% produkcji),

znaczenie redukcji mikroplastiku w przemyśle jest ściśle powiązane ze zgodnością z wymogami zrównoważonego rozwoju UE i unowocześnianiem technologii.

Polski raport zawiera obszerne dane dotyczące kategorii produkcji objętych klasyfikacją PKD, w tym przędzenia, tkania, wykańczania, włóknin i tekstyliów technicznych. Co istotne, produkcja przędz syntetycznych i tkanin systematycznie spada od 2020 roku, przy czym produkcja przędz syntetycznych spadła trzykrotnie i zbliżyła się do poziomu produkcji przędzy bawełnianej. Jednak import włókien syntetycznych pozostaje znaczący i rośnie w niektórych kategoriach. Wskazuje to, że chociaż krajowa produkcja włókien syntetycznych może spadać, to wciąż istotne pozostają przemysłowe i handlowe ścieżki wprowadzania mikrowłókien.

Raport Hiszpanii podkreśla produkcyjną specjalizację w zakresie tkanin, tekstyliów technicznych i tekstyliów domowych, z geograficznie skoncentrowanym przędzeniem, tkaniem i wykańczaniem w regionach takich jak Katalonia i Wspólnota Walencka. Chociaż nie jest to ujęte wyłącznie w kategoriach mikrowłókien, obecność klastrów intensywnie wykańczających sugeruje podobne ścieżki uwalniania włókien w procesie przetwarzania na mokro, jak zidentyfikowano w innych krajach. Restrukturyzacja sektorowa Hiszpanii pod presją globalnego handlu (Moral, 2004; Komisja Europejska, 2004) wzmocniła konkurencyjność w segmentach o wyższej wartości dodanej, gdzie zaawansowane technicznie tekstylia syntetyczne są powszechne i potencjalnie związane z uwalnianiem włókien podczas produkcji i wykańczania.

Wszystkie cztery kraje wskazują przetwórstwo przemysłowe, a w szczególności oddziaływania mechaniczne i wykańczanie na mokro, jako potencjalne punkty uwalniania mikrowłókien. Grecja zapewnia najbardziej wyraźne powiązanie między klastrami produkcyjnymi a drogami ucieczki ścieków, podczas gdy Litwa i Polska oferują szczegółowe mapowanie strukturalne podsektorów. Hiszpania sytuuje procesy przemysłowe w ramach szerszej narracji restrukturyzacyjnej, ale ma podobne profile technologiczne.

4.2. Faza użytkowania

We wszystkich czterech kontekstach krajowych faza użytkowania, a w szczególności pranie odzieży syntetycznej, jest uznawana za główne źródło uwalniania mikrowłókien.

Grecki raport podkreśla, że większość emisji mikrowłókien pochodzi z prania w gospodarstwach domowych, ponieważ na krajowym rynku tekstylnym dominują ubrania syntetyczne. Prawie wszystkie gospodarstwa domowe korzystają z konwencjonalnych pralek bez filtrów włókien, co pozwala uwolnionym włóknom przedostawać się bezpośrednio do systemów ściekowych. Dominacja włókien w próbkach morskich (np. z Morza Egejskiego, Jońskiego i Saronijskiego) potwierdza związek między praniem a

obciążeniem środowiska (Adamopoulou i in., 2021). Sezonowa turystyka zwiększa częstotliwość prania w obszarach przybrzeżnych, zwiększając presję na ścieki.

Raport Polski łączy istotność fazy użytkowania z wysokim poziomem importu odzieży i konsumpcji krajowej. Wartość importu odzieży znacznie przewyższa import włókien/przędzy, co sugeruje, że pranie importowanej odzieży syntetycznej może stanowić istotne źródło krajowej emisji mikrowłókien.

Choć w mniejszym stopniu skupiona na danych z monitoringu środowiska, silna orientacja Litwy na eksport i produkcja tekstyliów syntetycznych i mieszanych wskazują na znaczenie fazy użytkowania, zarówno na rynku krajowym, jak i na rynkach docelowych. Przejście sektora na tekstylia o wysokiej wydajności i techniczne może wpłynąć na trwałość włókien i ich właściwości związane z fazą użytkowania.

Duży rynek odzieżowy w Hiszpanii i deficyt handlowy wskazują na silne przepływy napędzane konsumpcją. Chociaż hiszpański raport podkreśla konkurencyjność i restrukturyzację, powszechne wykorzystanie tekstyliów syntetycznych w segmentach o wyższej wartości dodanej i modowych wzmacnia znaczenie prania jako drogi uwolnienia mikroplastiku.

We wszystkich krajach faza użytkowania okazuje się strukturalnie istotna. Grecja dostarcza najsilniejszych dowodów środowiskowych łączących pranie z powszechnością mikrowłókien obecnych w wodach morskich. Polska podkreśla znaczenie konsumpcji i importu. Litwa i Hiszpania podkreślają struktury sektorowe, które pośrednio wzmacniają emisje związane z praniem poprzez powszechność włókien syntetycznych.

4.3. Obsługa końca cyklu życia

Utylizacja odpadów tekstylnych stanowi pośrednie, ale istotne źródło uwalniania mikrowłókien. W greckim raporcie zauważono, że tekstylia są często wyrzucane do zmieszanych odpadów komunalnych, eksportowane jako odzież używana lub zbierane nieformalnie. Składowanie odpadów nadal dominuje, umożliwiając stopniową fragmentację i wyciek mikrowłókien poprzez odcieki i dyfuzję do gleby. Chociaż wprowadzane są systemy rozszerzonej odpowiedzialności za odpady (ROP) dla tekstyliów, obecnie nie istnieje żadna specjalna strategia dotycząca mikrowłókien. Polska odnotowuje wzrost importu używanej odzieży i używanych wyrobów tekstylnych. Chociaż wydłużenie okresu użytkowania produktów może zmniejszyć emisje związane z produkcją, niewłaściwa utylizacja i fragmentacja nadal stanowią potencjalne ryzyko uwolnienia. Litwa dostosowuje gospodarkę odpadami tekstylnymi do unijnej polityki gospodarki o obiegu zamkniętym. W raporcie podkreślono ustrukturyzowane strategie zrównoważonego rozwoju i produkcji przyjaznej dla środowiska, chociaż szczegółowe środki dotyczące utylizacji mikrowłókien pozostają ograniczone. Hiszpania umieszcza

odpady tekstylne w szerszym kontekście dyskusji na temat zrównoważonego rozwoju i polityki przemysłowej. Podobnie jak w innych krajach, fragmentacja podczas utylizacji i niewystarczające systemy selektywnej zbiórki mogą przyczyniać się do przedostawania się mikrocząsteczek włókien do środowiska.



5. Badania naukowe i techniczne nad uwalnianiem mikrowłókien

Niniejszy rozdział syntetyzuje potencjał naukowo-techniczny opisany w raportach krajowych Grecji, Litwy, Polski i Hiszpanii. Koncentruje się on na instytucjonalnych strukturach badawczych, badaniach związanych z mikrowłóknami, innowacjach technologicznych oraz udziale w inicjatywach finansowanych przez UE.

5.1. Krajobraz badawczy i potencjał instytucjonalny

Grecki raport krajowy podkreśla silne zaangażowanie środowiska akademickiego w badania nad mikroplastikiem i mikrowłóknami, szczególnie w środowisku morskim i słodkowodnym. Badania przeprowadzone na Morzu Egejskim, w Zatoce Sarońskiej i systemach rzecznych (np. w rzece Kifissos) wykazują dominację włókien wśród zidentyfikowanych cząstek mikroplastiku (Adamopoulou i in., 2021; Koutsikos i in., 2023). Ponadto greckie instytucje uczestniczyły w finansowanym przez UE projekcie CLAIM, w ramach którego pilotażowo testowano technologie filtracji mikroplastiku w systemach oczyszczania ścieków, uzyskując skuteczność usuwania sięgającą 95% (Gkanasos i in., 2021). Raport zauważa jednak również, że pomimo dużego potencjału badawczego, przełożenie wyników naukowych na łagodzenie wpływu mikrowłókien na skalę przemysłową pozostaje ograniczone, zwłaszcza wśród MŚP.

Litewski raport opisuje ustrukturyzowany interfejs między badaniami a przemysłem, wspierany przez Uniwersytet Techniczny w Kownie (KTU) oraz Instytut Włókiennictwa Centrum Nauk Fizycznych i Technicznych (FTMC). Instytucje te prowadzą badania nad inteligentnymi tekstyliami, materiałami ochronnymi i zrównoważonymi technologiami wykończeniowymi. Raport kładzie nacisk na innowacje w zakresie przyjaznych dla środowiska procesów wykończeniowych, cyfrowego druku tekstyliów i zaawansowanej inżynierii materiałowej, w powiązaniu z modernizacją sektora zorientowanego na eksport. Chociaż litewski raport zawiera mniej danych z monitoringu środowiskowego niż raport grecki, sytuuje on badania w szerszym kontekście zrównoważonego rozwoju i transformacji sektora tekstylnego w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym.

Polski raport zawiera obszerne dane strukturalne i statystyczne dotyczące produkcji i handlu tekstyliami, uzupełnione raportami sektorowymi, statystykami krajowymi i analizami branżowymi. Chociaż monitoring środowiskowy pod kątem mikroplastiku jest mniej peksponowany w porównaniu z Grecją, polski raport podkreśla trendy produkcyjne, dynamikę importu i restrukturyzację sektora jako kluczowe elementy oceny znaczenia mikrowłókien. W związku z tym badania wydają się być silniej ukierunkowane na wydajność przemysłu, strukturę rynku i analizę ekonomiczną niż na kwantyfikację mikrowłókien środowiskowych.

Hiszpański raport uwzględnia badania i rozwój technologiczny w kontekście długoterminowej restrukturyzacji sektora tekstylnego pod presją globalnego handlu (Moral, 2004; Komisja Europejska, 2004). Raport podkreśla innowacyjność, cyfryzację i zrównoważony rozwój jako strategiczne narzędzia utrzymania konkurencyjności, szczególnie w segmentach tekstylnych o wyższej wartości dodanej, takich jak tekstylia techniczne i tkaniny specjalistyczne. Chociaż szczegółowe dane z monitoringu mikroplastiku nie są kluczowe dla hiszpańskiego raportu, zgodność z przepisami środowiskowymi i modernizacja technologiczna są przedstawiane jako niezbędne odpowiedzi na zmieniające się ramy regulacyjne UE.

5.2. Badania przemysłowe i innowacje technologiczne

We wszystkich czterech krajach działalność badawcza przemysłu koncentruje się na:

- redukcji wody i chemikaliów w procesach wykończeniowych,
- zrównoważonych metodach produkcji,
- tekstyliach o wysokiej wydajności i techniczne,
- Zgodności ze standardami zrównoważonego rozwoju UE.

W Grecji wspomina się o czystszych praktykach produkcyjnych, takich jak recykling wody i zaawansowana filtracja, choć technologie specyficzne dla mikrowłókien nie są jeszcze powszechnie wdrażane w sektorze przemysłowym. Litwa podkreśla szybką modernizację technologii wykończeniowych i rolę instytucji badawczych we wspieraniu innowacji przemysłowych. Polska dokumentuje transformację strukturalną w kierunku produkcji niszowej i o wyższej wartości dodanej. Hiszpania integruje innowacje oparte na zrównoważonym rozwoju ze swoją strategią konkurencyjności.

5.3. Udział w projektach UE i współpraca transgraniczna

Udział w projektach badawczych finansowanych przez Unię Europejską wydaje się być kluczowym czynnikiem napędzającym wymianę wiedzy i rozwój technologiczny.

- Grecja aktywnie angażuje się w projekty bezpośrednio związane z filtracją mikroplastiku i monitorowaniem ścieków (CLAIM)
- Litwa integruje unijne ramy zrównoważonego rozwoju ze strategiami modernizacji sektorów
- Polska i Hiszpania postrzegają integrację UE jako element szerszych procesów restrukturyzacji przemysłu i handlu.

5.4. Interpretacja porównawcza

Wyróżniają się trzy odrębne orientacje badawcze:

- Monitorowanie środowiska i pilotażowe technologie łagodzenia skutków (Grecja)

- Modernizacja technologiczna i innowacja w dziedzinie inteligentnych tekstyliów (Litwa)
- Analiza restrukturyzacji przemysłowej i rynkowej (Polska i Hiszpania)

Chociaż badania naukowe są prowadzone we wszystkich czterech krajach, łagodzenie skutków zmian klimatu w odniesieniu do mikrowłókien pozostaje nierównomierne we wdrażaniu przemysłowym. Wzmocnienie powiązań między monitorowaniem środowiska, innowacjami technologicznymi i wykorzystaniem MŚP jawi się jako wspólne wyzwanie dla wszystkich krajów.



6. Studia przypadków: dobre praktyki i przykłady interwencji

W tym rozdziale przedstawiono wybrane studia przypadków z Grecji, Litwy, Polski i Hiszpanii ilustrujące interwencje technologiczne, instytucjonalne i polityczne mające na celu rozwiązanie problemu uwalniania mikroplastiku i syntetycznych mikrowłókien w cyklu życia tekstyliów.

6.1. Grecja

6.1.1. Studium przypadku 1: Projekt CLAIM – Zaawansowana filtracja mikroplastiku w ściekach

Kontekst: Projekt CLAIM finansowany przez UE, w który zaangażowane są greckie instytucje badawcze.

Zidentyfikowany problem: Oczyszczalnie ścieków (OŚ) stanowią główne szlaki transportu mikrowłókien do ekosystemów morskich.

Wdrożone działania: Zainstalowano i przetestowano w środowiskach ściekowych zaawansowane technologie filtracji na skalę pilotażową.

Wyniki ilościowe: W warunkach pilotażowych osiągnięto skuteczność usuwania sięgającą 95% (Gkanasos i in., 2021)

Wnioski: Rozwiązania technologiczne są wykonalne, ale wymagają wsparcia politycznego i mechanizmów skalowania.

6.1.2. Studium przypadku 2: Monitorowanie mikroplastiku w Zatoce Sarońskiej – ocena dominacji włókien

Kontekst: Badania monitoringu morskiego prowadzone w greckich środowiskach przybrzeżnych.

Zidentyfikowany problem: Zwiększona wykrywalność mikroplastiku w ekosystemach morskich, w szczególności cząstek włóknistych.

Wyniki: Włókna stanowią znaczną część zidentyfikowanych mikroplastików w próbkach morskich, zwłaszcza na obszarach miejskich, takich jak Zatoka Sarońska (Adamopoulou i in., 2021).

Wnioski: Monitoring środowiskowy potwierdza, że procesy prania i odprowadzania ścieków przyczyniają się do zanieczyszczania środowiska mikrowłóknami morskimi.

6.2. Litwa

6.2.1. Studium przypadku 3: Zrównoważona modernizacja wykańczania tekstyliów – redukcja zużycia wody i chemikaliów

Kontekst: Litewskie przedsiębiorstwa zajmujące się wykańczaniem tekstyliów unowocześniają technologie produkcji.

Zidentyfikowany problem: Procesy barwienia, bielenia i wykańczania tekstyliów powodują powstawanie ścieków, które mogą zawierać mikrowłókna i pozostałości chemiczne.

Wdrożone działania: Wdrożenie przyjaznych dla środowiska technologii wykończeniowych, druku cyfrowego i systemów ograniczających zużycie wody.

Wyniki: Udokumentowane zmniejszenie zużycia wody i środków chemicznych; poprawa zgodności z normami środowiskowymi UE.

6.2.2. Studium przypadku 4: Innowacje w dziedzinie tekstyliów technicznych – tekstylia inteligentne i ochronne

Kontekst: Współpraca badawczo-przemysłowa wspierana przez Uniwersytet Techniczny w Kownie (KTU) i FTMC.

Zidentyfikowany problem: Konieczne jest przejście od taniej masowej produkcji do produkcji tekstyliów o wysokiej wartości i zrównoważonym charakterze.

Wdrożone działania: Rozwój inteligentnych tekstyliów, tkanin medycznych i ochronnych oraz innowacje w zakresie zaawansowanych materiałów.

Wnioski: Modernizacja technologiczna sprzyja zrównoważonemu rozwojowi, ale wymaga ciągłych inwestycji w prace badawczo-rozwojowe.

6.3. Polska

6.3.1. Studium przypadku 5: Redukcja krajowej produkcji przędzy syntetycznej (2020–2024)

Kontekst: Analiza krajowych statystyk produkcyjnych.

Zidentyfikowany problem: Produkcja włókien syntetycznych może przyczyniać się do powstawania mikrowłókien.

Wyniki: Produkcja przędzy syntetycznych zmniejszyła się trzykrotnie pomiędzy 2020 a 2024 r., osiągając poziom porównywalny z produkcją przędzy bawełnianej.

Implikacja: Potencjalne ograniczenie wytwarzania mikrowłókien w kraju, mimo że dynamika importu pozostaje istotna.

6.3.2. Studium przypadku 6: Dynamika importu odzieży i ryzyko związane z mikrofibrą napędzane konsumpcją

Kontekst: Analiza statystyk handlowych i importu tekstyliów.

Zidentyfikowany problem: Duże ilości importowanej odzieży i włókien syntetycznych.

Wyniki: Wartość importu odzieży znacznie przekracza wartość importu włókien i przędzy; wartość importu włókien syntetycznych jest prawie trzykrotnie większa od wartości importu bawełny.

Wnioski: Pranie importowanej odzieży w fazie użytkowania może stanowić główną drogę uwalniania mikrowłókien.

6.4. Hiszpania

6.4.1. Studium przypadku 7: Restrukturyzacja sektorowa i zrównoważona konkurencyjność

Kontekst: Restrukturyzacja hiszpańskiego przemysłu tekstylnego po liberalizacji handlu.

Zidentyfikowany problem: Rosnąca konkurencja ze strony krajów o niskich kosztach w ramach integracji WTO (Morał, 2004; Komisja Europejska, 2004).

Wdrożona interwencja: Strategiczna zmiana w kierunku segmentów o wyższej wartości dodanej, cyfryzacji i zrównoważonego rozwoju.

Wyniki: obroty w 2024 r. wyniosły 5,996 mld euro, pomimo dostosowań strukturalnych (CITYC, 2025).

6.4.2. Studium przypadku 8: Regionalne klastry tekstylne – specjalizacja w zakresie innowacji i procesów

Kontekst: Koncentracja przędzenia, tkania i wykańczania w Katalonii i Wspólnocie Walenckiej.

Zidentyfikowany problem: Potrzeba zwiększenia konkurencyjności poprzez unowocześnienie technologiczne i procesowe.

Wdrożona interwencja: Innowacja procesowa, specjalizacja w tekstyliach technicznych i tekstyliach domowych.

Wnioski: Klastry przemysłowe wspierają innowacyjność, ale wymagają dostosowania do wymogów ochrony środowiska.

6.5. Porównawcze wnioski ze studiów przypadków

Na podstawie ośmiu studiów przypadku można wyróżnić trzy dominujące wzorce interwencji:

1. Filtracja ścieków i monitoring środowiska (Grecja)
2. Modernizacja procesów i udoskonalanie oparte na badaniach i rozwoju (Litwa)
3. Napędzana rynkiem transformacja strukturalna (Polska i Hiszpania)

Grecja dostarcza najsilniejszych dowodów ilościowych dotyczących wpływu mikrowłókien na środowisko. Litwa podkreśla transformację w kierunku zrównoważonego rozwoju opartą na innowacjach. Polska i Hiszpania kładą nacisk na restrukturyzację przemysłu i transformację rynkową. Te studia przypadków pokazują, że strategie łagodzenia skutków zmian klimatu różnią się w zależności od kraju, ale zbiegają się wokół modernizacji technologicznej, dostosowania przepisów i świadomości cyklu życia.



7. Główne wyzwania i bariery ograniczające uwalnianie mikrowłókien

W niniejszym rozdziale dokonano syntezy głównych wyzwań strukturalnych, technologicznych, ekonomicznych i regulacyjnych zidentyfikowanych w raportach krajowych Grecji, Litwy, Polski i Hiszpanii, dotyczących redukcji emisji syntetycznych mikrowłókien z sektora tekstylnego. Chociaż ścieżki cyklu życia emisji mikrowłókien są podobne we wszystkich krajach, przeszkody w łagodzeniu emisji różnią się w zależności od struktury przemysłowej, infrastruktury ściekowej, rozwoju polityki i dynamiki rynku.

7.1. Ograniczenia technologiczne i infrastrukturalne

Wspólnym wyzwaniem we wszystkich czterech krajach jest ograniczone wdrożenie dedykowanych technologii filtracji mikrowłókien, szczególnie w przemyśle i gospodarstwach domowych. W Grecji, chociaż pilotażowe rozwiązania filtracyjne wykazały wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń w ramach projektów finansowanych przez UE, takich jak CLAIM, ich wdrożenie na szeroką skalę pozostaje ograniczone, zwłaszcza wśród MŚP, ze względu na ograniczenia finansowe i regulacyjne. Ponadto zmienność infrastruktury oczyszczania ścieków, w tym nierównomierny zasięg oczyszczania trzeciego stopnia, zwiększa ryzyko zrzutu mikrowłókien do systemów wodnych. Litwa podkreśla trwającą modernizację technologii wykończeniowych, ale przyznaje, że systemy wychwytywania specyficzne dla mikrowłókien nie są jeszcze systematycznie wdrażane. Silna orientacja sektora na eksport wywiera presję na zgodność z przepisami dotyczącymi ochrony środowiska, a potencjał inwestycyjny jest zróżnicowany w poszczególnych przedsiębiorstwach. W Polsce, pomimo spadku krajowej produkcji przędz syntetycznych, wysoki wolumen importu i znaczna konsumpcja odzieży utrzymują znaczenie mikrowłókien w fazie użytkowania. Jednak fragmentacja sektora i przewaga mikroprzedsiębiorstw tworzą bariery dla inwestycji technologicznych. Podobne ograniczenia występują w Hiszpanii, gdzie duża fragmentacja przedsiębiorstw i presja restrukturyzacji ograniczają możliwości inwestycyjne w zaawansowane technologie środowiskowe (Moral, 2004).

7.2. Ograniczenia ekonomiczne i strukturalne

Wszystkie cztery kraje zgłaszają dominację MŚP i fragmentację sektora, co ogranicza korzyści skali i możliwości finansowe w zakresie modernizacji środowiska. W Polsce około 97% przedsiębiorstw odzieżowych to mikroprzedsiębiorstwa. Hiszpania informuje, że ponad połowa firm zatrudnia mniej niż pięciu pracowników. Litwa identyfikuje dominację MŚP w szyciu i produkcji odzieży, a jedynie około 0,2% z nich to duże przedsiębiorstwa. Grecja również podkreśla przewagę MŚP i bariery kosztowe

utrudniające wdrażanie zaawansowanych technologii filtracji mikrowłókien. Ponadto międzynarodowa konkurencja i presja handlowa obniżają marże zysku i stawiają krótkoterminową konkurencyjność ponad inwestycje w ochronę środowiska, szczególnie w Hiszpanii i Polsce.

7.3. Luki regulacyjne i polityczne

Chociaż polityka środowiskowa i polityka gospodarki o obiegu zamkniętym na poziomie UE zapewniają wspólne ramy, wdrażanie na poziomie krajowym pozostaje nierównomierne. Grecja odnotowuje brak szczegółowych wytycznych krajowych dotyczących uwalniania mikrowłókien z tekstyliów, pomimo aktywnego zaangażowania w badania. Litwa podkreśla zgodność z polityką zrównoważonego rozwoju UE, ale przyznaje, że strukturalne regulacje dotyczące mikrowłókien wciąż się rozwijają. Polska i Hiszpania sytuują efektywność środowiskową w szerszym kontekście polityki przemysłowej i handlowej, a nie w ukierunkowanych regulacjach dotyczących mikrowłókien. Barierą między krajami jest zatem brak zharmonizowanych norm dotyczących mikrowłókien w zakresie produkcji tekstyliów, urządzeń do prania lub odprowadzania ścieków, pomimo rosnącej liczby dowodów naukowych.

7.4. Ograniczenia danych i monitorowania

Kolejnym wspólnym wyzwaniem jest ograniczona standaryzacja metod monitorowania i niewystarczający, systematyczny zbiór danych na temat uwalniania mikrowłókien. Grecja dostarcza solidnych dowodów z monitoringu morskiego, ale ciągła, ogólnokrajowa atrybucja pochodzenia tekstylnego pozostaje ograniczona. Litwa i Polska w większym stopniu opierają się na statystykach przemysłowych i danych produkcyjnych niż na ilościowym oznaczaniu mikrowłókien środowiskowych. Hiszpania uwzględnia kwestie związane z mikroplastikiem w szerszym raportowaniu dotyczącym zrównoważonego rozwoju, ale nie przedstawia obszernych zestawów danych dotyczących mikrowłókien. Brak zharmonizowanych i porównywalnych systemów monitorowania mikrowłókien komplikuje opracowywanie polityki opartej na dowodach w różnych krajach.

7.5. Świadomość i bariery behawioralne

Emisje w fazie użytkowania w dużym stopniu zależą od praktyk prania brudnych ubrań przez konsumentów. Jednak żaden z raportów krajowych nie wskazuje na powszechne stosowanie domowych urządzeń filtrujących z mikrofibry. Grecja podkreśla dominację konwencjonalnych pralek bez filtrów włóknistych. Duży rynek konsumpcyjny odzieży w Polsce sugeruje podobne ścieżki narażenia. Świadomość społeczna, zasady ekoprojektowania i mechanizmy etykietowania produktów pozostają słabo rozwinięte we wszystkich czterech kontekstach.

7.6. Interpretacja porównawcza

W Grecji, na Litwie, w Polsce i Hiszpanii pojawia się sześć wspólnych barier przekrojowych:

- Ograniczone wdrożenie filtracji mikrowłókien na skalę przemysłową
- Struktura sektora zdominowana przez MŚP
- Ograniczenia inwestycyjne w warunkach konkurencji międzynarodowej
- Brak ram regulacyjnych dotyczących mikrowłókien
- Niewystarczająca liczba zharmonizowanych systemów monitorowania
- Ograniczone środki łagodzące na poziomie konsumenta

Podczas gdy Grecja dysponuje silnymi dowodami w zakresie badań środowiskowych, Litwa prowadzi zorganizowaną modernizację przemysłu, a Polska i Hiszpania kładą nacisk na restrukturyzację przemysłu i presję handlową, wszystkie cztery kraje borykają się z podobnymi ograniczeniami strukturalnymi w zakresie przekładania wyników badań na systemową redukcję mikrowłókien.



8. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki w zakresie ograniczania uwalniania mikrowłókien

W niniejszym rozdziale podsumowano udane inicjatywy, innowacyjne praktyki i nowe dobre praktyki zidentyfikowane w raportach krajowych Grecji, Litwy, Polski i Hiszpanii. Chociaż stopień bezpośredniego wdrożenia rozwiązań w zakresie mikrowłókien jest zróżnicowany, wszystkie cztery kraje przedstawiają przykłady modernizacji technologicznej, produkcji zorientowanej na zrównoważony rozwój, integracji badań i modernizacji sektorowej, które przyczyniają się, bezpośrednio lub pośrednio, do ograniczenia emisji syntetycznych mikrowłókien.

Zidentyfikowane najlepsze praktyki można podzielić na cztery główne kategorie:

1. Innowacje technologiczne w oczyszczaniu i wykańczaniu ścieków
2. Zrównoważona produkcja i integracja ekoprojektowania
3. Modele współpracy badań z przemysłem
4. Dostosowanie polityki i konkurencyjność poprzez zrównoważony rozwój

8.1. Innowacje technologiczne i rozwiązania w zakresie gospodarki ściekowej

Grecja: Demonstracja zaawansowanej filtracji mikroplastiku

Jeden z najbardziej wyrazistych przykładów sukcesu w zakresie mikrowłókien pochodzi z Grecji, gdzie uczestniczy w finansowanym przez UE projekcie CLAIM. Pilotażowe systemy filtracji ścieków osiągnęły skuteczność usuwania mikroplastiku sięgającą 95%, co dowodzi technicznej wykonalności wychwytywania cząstek w kształcie włókien przed ich odprowadzeniem do środowiska morskiego (Gkanasos i in., 2021). Chociaż wdrożenie na dużą skalę przemysłową jest nadal ograniczone, projekt stanowi dowód słuszności koncepcji, pokazujący, że wysokie wskaźniki retencji są technicznie osiągalne w warunkach operacyjnych.

Litwa: Nowoczesne, zrównoważone technologie wykończeniowe

Litewskie firmy tekstylne zmodernizowały procesy wykończeniowe, aby zmniejszyć zużycie wody i chemikaliów, integrując technologie przyjazne dla środowiska i systemy cyfrowego druku na tekstyliach. Ta modernizacja zmniejsza ogólny ślad środowiskowy i pośrednio ogranicza emisję mikrowłókien poprzez poprawę kontroli procesów i gospodarki ściekowej. Szybkie wdrażanie zrównoważonych technologii wykończeniowych, szczególnie wśród firm nastawionych na eksport, odzwierciedla dostosowanie do unijnych norm środowiskowych.

8.2. Transformacja przemysłu w kierunku tekstyliów o wyższej wartości dodanej i tekstyliów technicznych

Polska: Zmiana strukturalna i redukcja produkcji syntetycznej

Polska odnotowuje znaczny spadek krajowej produkcji przędz syntetycznych między 2020 a 2024 rokiem, osiągając poziom porównywalny z produkcją przędzy bawełnianej. Chociaż dynamika importu komplikuje ogólny obraz, to zmniejszenie krajowej produkcji przędz syntetycznych stanowi potencjalny strukturalny wkład w zmniejszenie produkcji mikrowłókien przemysłowych. Ponadto, repozycjonowanie sektora w kierunku tekstyliów technicznych i tekstyliów o wyższej wartości dodanej wskazuje na strategiczne odejście od masowej, niskokosztowej produkcji.

Hiszpania: Konkurencyjna modernizacja poprzez zrównoważony rozwój i specjalizację

Hiszpański sektor tekstylny zareagował na presję globalnego handlu, specjalizując się w segmentach o wyższej wartości dodanej, takich jak tekstylia techniczne, zaawansowane materiały włókiennicze i tekstylia domowe. W raporcie hiszpańskim innowacyjność, cyfryzacja i zrównoważony rozwój są pozycjonowane jako czynniki napędzające konkurencyjność, odzwierciedlając długoterminowy proces restrukturyzacji (Moral, 2004; Komisja Europejska, 2004). Przechodząc na produkcję specjalistyczną i zorientowaną na jakość, hiszpańskie firmy wzmacniają swoją zdolność do przestrzegania przepisów ochrony środowiska i zmniejszają zależność od tanich, masowych modeli produkcji syntetycznej.

8.3. Współpraca badań z przemysłem jako dobra praktyka

Litwa prezentuje ustrukturyzowany model współpracy między przemysłem a instytucjami badawczymi, w szczególności Uniwersytetem Technologicznym w Kownie (KTU) i Instytutem Włókiennictwa (FTMC), wspierając innowacje w dziedzinie inteligentnych tekstyliów, materiałów ochronnych i zrównoważonych procesów. Podobnie Grecja wykazuje aktywne zaangażowanie instytucji akademickich w monitoring środowiska i projekty badawcze UE dotyczące mikroplastiku. Te ekosystemy współpracy reprezentują najlepsze praktyki, ponieważ ułatwiają transfer wiedzy z badań środowiskowych do zastosowań przemysłowych.

8.4. Zgodność z celami UE w zakresie zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym

Wszystkie cztery konteksty krajowe wykazują coraz większą zgodność z unijnymi ramami zrównoważonego rozwoju. Grecja kładzie nacisk na czystsza produkcję i innowacje w zakresie gospodarki ściekowej. Litwa integruje zasady gospodarki o obiegu zamkniętym i zgodność z przepisami środowiskowymi zorientowanymi na eksport. Polska sytuje transformację sektorową w ramach szerszej dynamiki restrukturyzacji przemysłu. Hiszpania postrzega zrównoważony rozwój jako strategię konkurencyjności w ramach globalnej integracji handlowej. Chociaż regulacje dotyczące mikrowłókien pozostają ograniczone, modernizacja oparta na zrównoważonym rozwoju w różnych krajach stanowi ramy umożliwiające przyszłe ograniczenie emisji mikrowłókien.

8.5. Interpretacja porównawcza

Historie sukcesu we wszystkich czterech krajach mają wspólne cechy:

- Demonstracja wykonalności technologicznej (Grecja)
- Modernizacja procesów wykończeniowych i integracja prac badawczo-rozwojowych (Litwa)
- Zmiany strukturalne w produkcji i repozycjonowanie przemysłu (Polska)
- Strategie konkurencyjności oparte na zrównoważonym rozwoju (Hiszpania)

Pojawia się jednak pewna istotna obserwacja: większość najlepszych praktyk pośrednio ogranicza uwalnianie mikrowłókien poprzez poprawę zrównoważonego rozwoju, zamiast bezpośrednio skupiać się na uwalnianiu włókien jako odrębnym parametrze środowiskowym.

Przyszłe najlepsze praktyki skorzystałyby na integracji:

- Standaryzowanych protokołów pomiaru mikrowłókien
- Dedykowanych systemów filtracji na poziomie przemysłowym i domowym
- Kryteriach ekoprojektowania dotyczących trwałości włókien

9. Polityki krajowe i ramy regulacyjne

W niniejszym rozdziale dokonano syntezy ram regulacyjnych i politycznych dotyczących mikroplastiku i uwalniania mikrowłókien syntetycznych w Grecji, na Litwie, w Polsce i Hiszpanii. Chociaż wszystkie cztery kraje działają w ramach nadrzędnego unijnego systemu prawnego, ich wdrażanie na szczeblu krajowym, intensywność egzekwowania przepisów i integracja sektorowa różnią się. Analiza koncentruje się na:

1. Krajowych przepisach dotyczących mikroplastiku i zrównoważonego rozwoju tekstyliów
2. Zgodności z dyrektywami UE i politykami gospodarki o obiegu zamkniętym
3. Planach strategicznych i systemach motywacyjnych
4. Działaniach normalizacyjnych i monitorujących

9.1. Krajowy kontekst legislacyjny

We wszystkich czterech krajach nie ma odrębnych przepisów krajowych, które konkretnie dotyczyłyby uwalniania mikrowłókien z tekstyliów. Zamiast tego regulacje są osadzone w szerszych ramach dotyczących środowiska, gospodarki odpadami i gospodarki wodnej.

Grecki raport wskazuje, że ochrona środowiska jest regulowana przede wszystkim poprzez krajową transpozycję dyrektyw UE dotyczących jakości wody, ochrony środowiska morskiego i gospodarki odpadami. Chociaż mikroplastik jest coraz częściej uznawany za problem zanieczyszczenia mórz, obecnie nie ma norm emisji mikrowłókien dla konkretnych tekstyliów. Zrzut ścieków jest regulowany krajowymi przepisami wodnymi, dostosowanymi do ram UE, ale ilościowe oznaczanie mikrowłókien nie jest jeszcze formalnym parametrem zgodności.

Litwa ściśle dostosowuje swoje zarządzanie środowiskowe do strategii UE w zakresie zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym. Raport podkreśla strukturalną zgodność z unijnymi normami efektywności środowiskowej w produkcji i wykańczaniu tekstyliów, szczególnie w przypadku firm nastawionych na eksport. Jednak, podobnie jak w Grecji, w prawie krajowym nie określono konkretnych progów emisji mikrowłókien.

Polska reguluje produkcję tekstyliów i gospodarkę ściekami w ramach ogólnych przepisów o ochronie środowiska, prawa wodnego i przepisów dotyczących odpadów. Raport sytuje kwestie związane z mikroplastikiem w przemyśle tekstylnym w szerszych ramach polityki przemysłowej i handlowej, a nie w ramach odrębnych przepisów dotyczących ochrony środowiska.

Hiszpańskie otoczenie regulacyjne w sektorze tekstylnym odzwierciedla integrację z UE i restrukturyzację handlu związaną z członkostwem w WTO (Moral, 2004; Komisja

Europejska, 2004). Obowiązki w zakresie zgodności z przepisami ochrony środowiska są realizowane poprzez krajowe wdrożenie dyrektyw UE dotyczących wody i odpadów. Zrównoważony rozwój coraz częściej stanowi wymóg konkurencyjności, ale regulacje dotyczące mikrowłókien pozostają pośrednie.

9.2. Zgodność z przepisami UE

Wszystkie cztery kraje działają w ramach ram UE, obejmujących:

- Ramową Dyrektywę Wodną
- Dyrektywę ramową w sprawie strategii morskiej
- Dyrektywę w sprawie oczyszczania ścieków komunalnych
- Plan działania na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym

Sprawozdania krajowe jednoznacznie wskazują na silną współpracę z UE.

- Grecja podkreśla obowiązki związane z monitorowaniem środowiska morskiego i oczyszczaniem ścieków
- Litwa integruje zasady gospodarki o obiegu zamkniętym z rozwojem sektora tekstylnego
- Polska pozycjonuje transformację tekstylną w kontekście integracji przemysłowej i handlowej UE
- Hiszpania łączy przestrzeganie zasad zrównoważonego rozwoju ze strategiami UE dotyczącymi konkurencyjności i restrukturyzacji

Jednak regulacje prawne dotyczące mikroplastiku na szczeblu UE wciąż ewoluują, ale szczegółowe normy dotyczące uwalniania mikrowłókien dla tekstyliów czy pralek nie zostały jeszcze w pełni zharmonizowane na szczeblu krajowym.

9.3. Plany strategiczne, zachęty i programy

Grecja podkreśla udział w finansowanych przez UE inicjatywach badawczych (np. CLAIM) dotyczących technologii filtracji mikroplastiku. Jednak strukturalne krajowe programy zachęt ukierunkowane konkretnie na redukcję mikrowłókien w produkcji tekstyliów są ograniczone.

Litwa integruje działania na rzecz zrównoważonego rozwoju ze strategiami rozwoju sektorowego, w szczególności poprzez wsparcie innowacji, współpracę badawczo-rozwojową oraz przyjazne dla środowiska procesy produkcyjne. Przestrzeganie przepisów eksportowych działa jako pośredni czynnik regulacyjny.

Raport Polski podkreśla transformację strukturalną i adaptację do segmentów o wyższej wartości dodanej, na którą wpływ ma presja rynkowa i integracja z UE. Jednak

ukierunkowane zachęty do ograniczania emisji mikrowłókien nie zostały jeszcze w wystarczającym stopniu udokumentowane.

Hiszpania sytuuje zrównoważony rozwój i innowacyjność w ramach polityki konkurencyjności przemysłu. Dostosowanie sektora do globalnej konkurencji wzmacnia rolę ochrony środowiska jako strategicznej konieczności, choć instrumenty specyficzne dla mikrowłókien pozostają pośrednie.

9.4. Działania normalizacyjne i monitorujące

Monitoring mikroplastiku różni się w zależności od kraju.

- Grecja dostarcza udokumentowanych danych z monitoringu środowiska w systemach morskich i słodkowodnych
- Litwa koncentruje się bardziej na wydajności przemysłowej i modernizacji technologicznej niż na ilościowym określaniu włókien dostających się do środowiska
- Polska w dużym stopniu opiera się na statystykach przemysłowych i handlowych
- Hiszpania integruje raportowanie zrównoważonego rozwoju, ale nie przedstawia szczegółowych ram monitorowania mikrowłókien

Podstawową luką między krajami jest brak zharmonizowanych norm krajowych dotyczących pomiaru uwalniania mikrowłókien podczas produkcji lub prania.



10. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

Niniejszy rozdział syntetyzuje potrzeby szkoleniowe i zalecenia edukacyjne zidentyfikowane w raportach krajowych Grecji, Litwy, Polski i Hiszpanii. Analiza ma na celu zidentyfikowanie wspólnych luk i priorytetów przekrojowych, które wpływają na rozwój produktów WP2 w ramach MicroWeave-TEX (nr projektu 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411).

Mimo że cztery kraje różnią się pod względem struktury przemysłowej i nacisku na badania, łączy je potrzeba ustrukturyzowanych, interdyscyplinarnych i zorientowanych na zrównoważony rozwój działań edukacyjnych dotyczących uwalniania syntetycznych mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów.

10.1. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

Ograniczona integracja systematyczna w szkolnictwie wyższym

Ze wszystkich czterech raportów krajowych wynika, że chociaż rośnie świadomość badań i polityki, treści dotyczące mikrowłókien nie zostały jeszcze systematycznie włączone do programów nauczania w szkolnictwie wyższym.

- Grecja wykazuje intensywną działalność badawczą w zakresie monitorowania środowiska morskiego i ścieków, jednak integracja programów nauczania jest nadal ograniczona.
- Na Litwie widać rosnące zapotrzebowanie na kompetencje inżynierskie w miarę jak sektor ten ewoluuje w kierunku wysokojakościowych tekstyliów technicznych.
- W Polsce kładzie się nacisk na strukturę sektora i trendy produkcyjne, ale szkolenia w zakresie ograniczania emisji mikrowłókien nie są konsekwentnie sformalizowane w ścieżkach edukacyjnych.
- Hiszpania integruje zrównoważony rozwój ze strategiami konkurencyjności, ale dedykowane moduły dotyczące mikrowłókien nie są wyraźnie zinstytucjonalizowane

Świadczy to o powszechnej rozbieżności między wiedzą naukową a przekazem edukacyjnym.

Potrzeba kompetencji interdyscyplinarnych

Uwalnianie mikrowłókien obejmuje wiele obszarów:

- Inżynieria tekstylna
- Nauka o polimerach
- Inżynieria ścieków

- Monitorowanie środowiska
- Gospodarka o obiegu zamkniętym
- Zarządzanie zrównoważonym rozwojem przemysłu

Litwa wyraźnie odnotowuje rosnące zapotrzebowanie na specjalistów technicznych i inżynierskich, podczas gdy Grecja dysponuje bogatą wiedzą specjalistyczną z zakresu monitoringu środowiska, którą można by głębiej zintegrować z programami nauczania inżynierii. Programy edukacyjne muszą zatem łączyć nauki o środowisku z systemami produkcji tekstyliów.

Praktyczne umiejętności monitorowania i pomiaru

Chociaż Grecja dostarcza udokumentowane dane z monitoringu wód morskich i słodkich, systematyczne szkolenia laboratoryjne w zakresie wykrywania i kwantyfikacji mikrowłókien nie są spójnie zinstytucjonalizowane we wszystkich czterech krajach. Litwa i Polska koncentrują się bardziej na statystykach przemysłowych i strukturach produkcji niż na metodologiach analitycznych dotyczących konkretnych włókien.

Istnieje powszechna potrzeba szkoleń w zakresie:

- Metodyki pobierania próbek włókien
- Techniki identyfikacji laboratoryjnej
- Oceny emisji w cyklu życia
- Oceny technologii filtracji

Edukacja w zakresie zrównoważonego rozwoju zorientowana na MŚP

W sektorze tekstylnym we wszystkich czterech krajach dominują MŚP:

- Polska: ok. 97% mikroprzedsiębiorstw w branży odzieżowej
- Hiszpania: większość firm zatrudniających mniej niż pięciu pracowników
- Litwa: tylko około 0,2% dużych przedsiębiorstw
- Grecja: duża przewaga MŚP przy barierach wdrażania związanych z kosztami

Taka struktura wymaga praktycznych, dostępnych i skalowalnych narzędzi szkoleniowych, które mogą pomóc małym i średnim przedsiębiorstwom we wdrażaniu strategii ograniczania emisji mikrowłókien.

10.2. Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych

Na podstawie analizy porównawczej zaproponowano następujące priorytety:

1. Moduły oparte na cyklu życia: integracja modułów obejmujących produkcję włókien, odpady przemysłowe, ścieżki ścieków, emisje powstające w procesie prania oraz fragmentację pod koniec cyklu życia.
2. Stosowane komponenty laboratoryjne: szkolenie praktyczne w zakresie wykrywania włókien, analizy ścieków i oceny technologii łagodzenia skutków.
3. Edukacja w zakresie ekoprojektowania i zrównoważonych materiałów: włączenie zasad trwałości, doboru materiałów i gospodarki o obiegu zamkniętym, odzwierciedlające ścieżkę modernizacji Litwy i hiszpańskie podejście do konkurencyjności opartej na zrównoważonym rozwoju
4. Wiedza z zakresu polityki i regulacji: szkolenie na temat dyrektyw UE dotyczących ochrony środowiska i ram zrównoważonego rozwoju obowiązujących we wszystkich czterech krajach
5. Innowacyjne narzędzia pedagogiczne (kontekst WP2)
 - a. Materiały edukacyjne wielojęzyczne
 - b. Słownik interpretacyjny
 - c. Podcasty łączące badania naukowe i przemysł
 - d. Uczenie się oparte na symulacji
 - e. Metodyki „pokojów zagadek” zorientowane na zrównoważony rozwój

Narzędzia te bezpośrednio wspierają cele WP2 w ramach MicroWeave-TEX.

W Grecji, na Litwie, w Polsce i Hiszpanii główna luka edukacyjna nie wynika z braku badań, ale z niewystarczającej integracji wiedzy o mikrowłóknach z ustrukturyzowanymi, interdyscyplinarnymi i zorientowanymi na praktykę programami studiów wyższych. Zaspokojenie tych potrzeb szkoleniowych jest niezbędne do budowania długoterminowych możliwości ograniczania uwalniania syntetycznych mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów.



11. Wnioski

Niniejszy raport, opracowany w ramach zadania 2.1 pakietu roboczego WP2 w ramach projektu MicroWeave-TEX (nr projektu 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411), zawiera skonsolidowaną i porównawczą analizę najnowszego stanu wiedzy dotyczącą uwalniania mikroplastiku i syntetycznych mikrowłókien z sektora tekstylnego w Grecji, na Litwie, w Polsce i Hiszpanii. Zamiast powielać raporty krajowe, dokument syntetyzuje ustalenia strukturalne, środowiskowe, technologiczne i edukacyjne z różnych krajów, aby zidentyfikować wspólne wzorce i różnice w zależności od kontekstu.

11.1. Uwalnianie mikrowłókien jako problem cykliczny i systemowy

We wszystkich czterech kontekstach krajowych potwierdzono, że uwalnianie mikrowłókien jest zjawiskiem cyklicznym, zachodzącym na wielu etapach, takich jak:

- produkcja przemysłowa i wykończanie,
- pranie domowe i komercyjne,
- utylizacja i fragmentacja po zakończeniu eksploatacji.

Chociaż względna waga każdego etapu różni się w zależności od kraju, struktura problemu jest wspólna. Grecja dostarcza najbardziej jednoznacznych dowodów z monitoringu środowiska, wykazując dominację włókien w systemach morskich i słodkowodnych oraz łącząc drogi przepływu ścieków z narażeniem środowiska morskiego. Polska podkreśla wpływ dynamiki produkcji i importu, wykazując spadek krajowej produkcji przędzy syntetycznej, ale znaczny import odzieży. Litwa ujmuje uwalnianie włókien w ramach modernizacji przemysłu i zrównoważonej modernizacji wykończalniczej, podczas gdy Hiszpania integruje ten problem z szerszymi strategiami restrukturyzacji i konkurencyjności sektora. Te różnice pokazują, że chociaż zanieczyszczenie mikrowłóknami jest naukowo potwierdzone w różnych kontekstach, jego krajowe znaczenie zależy od struktury przemysłowej, przepływów handlowych i narażenia środowiska.

11.2. Ograniczenia strukturalne i wspólne bariery

Pomimo różnic w wielkości i specjalizacji sektorów, cztery kraje mają kilka wspólnych ograniczeń strukturalnych:

- Silna dominacja MŚP ogranicza możliwości inwestycyjne
- Brak norm dotyczących uwalniania mikrowłókien
- Ograniczone zharmonizowane metodyki monitorowania

- Uzależnienie od ogólnych przepisów dotyczących wody i odpadów, a nie od ukierunkowanych regulacji dotyczących emisji z tekstyliów

Polska i Hiszpania zgłaszają dużą fragmentację przedsiębiorstw. Litwa i Grecja również podkreślają przewagę MŚP i bariery kosztowe utrudniające wdrażanie technologii środowiskowych. Chociaż unijne ramy ochrony środowiska stanowią wspólną podstawę regulacyjną, krajowe wdrażanie środków dotyczących mikrowłókien pozostaje ograniczone.

11.3. Potencjał technologiczny i badawczy

Potencjał badawczo-innowacyjny istnieje we wszystkich czterech krajach, lecz nie przekłada się on równomiernie na łagodzenie zjawiska uwalniania mikroplastiku na skalę przemysłową.

- Grecja wykazuje się dużym zaangażowaniem w badania środowiskowe i technologie filtracji pilotażowej (np. projekt CLAIM).
- Litwa prezentuje zorganizowaną współpracę badawczo-przemysłową wspierającą zrównoważone wykańczanie i inteligentne tekstylia.
- Polska dostarcza szczegółowych analiz przemysłowych i handlowych, przydatnych przy ocenie czynników wpływających na emisję.
- Hiszpania łączy modernizację technologiczną z długoterminowymi strategiami konkurencyjności i zrównoważonego rozwoju.

Jednak powszechne wdrażanie technologii filtracji specyficznych dla mikrowłókien lub standardów ekoprojektowania pozostaje ograniczone.

11.4. Nakazy edukacyjne i budowania potencjału

Głównym wnioskiem płynącym z raportu jest to, że ograniczenie emisji syntetycznych mikrowłókien wymaga nie tylko środków technologicznych i regulacyjnych, ale także systematycznej interwencji edukacyjnej.

We wszystkich czterech raportach krajowych stwierdzono luki w następujących kwestiach:

- Włączenie zagadnień mikrowłókien do programów nauczania tekstyliów i inżynierii
- Szkolenia interdyscyplinarne łączące nauki o środowisku i produkcję tekstyliów
- Praktyczne kompetencje laboratoryjne w zakresie detekcji i monitorowania włókien
- Edukacja w zakresie zrównoważonego rozwoju zorientowana na MŚP

Wyniki te bezpośrednio uzasadniają opracowanie ustrukturyzowanych, wielojęzycznych i interdyscyplinarnych wyników edukacyjnych w ramach pakietu roboczego WP2 projektu MicroWeave-TEX.

11.5. W kierunku skoordynowanej reakcji europejskiej

Analiza porównawcza pokazuje, że problemu zanieczyszczenia mikrowłóknami nie da się rozwiązać za pomocą pojedynczych interwencji. Skuteczne łagodzenie skutków wymaga:

1. Podejścia opartego na cyklu życia obejmujące etapy produkcji, użytkowania i końca cyklu życia.
2. Zharmonizowanych metod monitorowania i pomiarów.
3. Rozwiązań technologicznych dostępnych dla MŚP.
4. Integracji zrównoważonego rozwoju ze strategiami konkurencyjności przemysłowej.
5. Ustrukturyzowanych programów kształcenia wyższego i szkolenia zawodowego.

Choć dane z monitoringu morskiego Grecji, modernizacja przemysłu Litwy, dane dotyczące produkcji i handlu w Polsce oraz przebieg restrukturyzacji w Hiszpanii ukazują różne wymiary problemu, to jednak wszystkie one razem wskazują na potrzebę skoordynowanych działań na szczeblu europejskim.

11.6. Ostateczna refleksja

Uwalnianie mikrowłókien z sektora tekstylnego stanowi złożone wyzwanie środowiskowe, osadzone w systemach przemysłowych, zachowaniach konsumentów, handlu globalnym i ewolucji przepisów. Dowody porównawcze zebrane w niniejszym raporcie potwierdzają, że:

- Istnieją solidne podstawy naukowe uzasadniające te obawy.
- Strukturalne cechy przemysłowe mają duży wpływ na wzorce emisji.
- Ramy regulacyjne ewoluują, ale nadal nie są kompletne w zakresie kontroli mikrowłókien stosowanych w tekstyliach.
- Edukacja i budowanie potencjału są niezbędnymi mechanizmami umożliwiającymi długoterminowe łagodzenie skutków zmian klimatu.

Dzięki Centrum Edukacyjnemu i ustrukturyzowanemu przekazywaniu wiedzy project MicroWeave-TEX przyczynia się do zacieśniania więzi między badaniami, przemysłem i szkolnictwem wyższym, wzmacniając podstawy bardziej zrównoważonych systemów tekstylnych w Europie.

12. Bibliografia

- Adamopoulou, A., Zeri, C., Garaventa, F., Gambardella, C., Ioakeimidis, C., & Pitta, E. (2021). Distribution patterns of floating microplastics in open and coastal waters of the Eastern Mediterranean Sea (Ionian, Aegean, and Levantine Seas). *Frontiers in Marine Science*, 8, 699000. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699000>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Andrady, A. L. (2017a). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (Eds.). (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., et al. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- Burns, E. E., & Boxall, A. B. A. (2018a). Microplastics in the aquatic environment: Evidence for or against adverse impacts and major knowledge gaps. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37, 2776-2796. <https://doi.org/10.1002/etc.4268>
- Caruso, G. (2019). Microplastics as vectors of contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 921-924. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.052>
- Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC. (2025). Datos Generales Industria Textil Española.
- Cesa, F. S., Turra, A., Checon, H. H., et al. (2020). Laundering and textile parameters influence fibers release in household washings. *Environmental Pollution*, 257, 113553. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113553>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., & Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, 9, 6633. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43023-x>
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., et al. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24, 1405-1416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>

Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., et al. (2017a). A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environmental Pollution*, 221, 453-458. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.013>

Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., et al. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>

European Commission. (2004). Study on the implications of the 2005 trade liberalization in the textile and clothing sector.

Eurostat. (2023). Manufacturing industry statistics - Textiles and wearing apparel (NACE C13-C14). <https://ec.europa.eu/eurostat/>

Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>

Gasperi, J., Wright, S. L., Dris, R., et al. (2018a). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Gkanasos, A., Tsiaras, K., Triantaphyllidis, G., Panagopoulos, A., Pantazakos, G., Owens, T., Karametsis, C., Pollani, A., Nikoli, E., Katsafados, N., & Triantafyllou, G. (2021). Stopping macroplastic and microplastic pollution at source by installing novel technologies in river estuaries and wastewater treatment plants: The CLAIM project. *Frontiers in Marine Science*, 8, 738876. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.738876>

Halden, R. U. (2010). Plastics and health risks. *Annual Review of Public Health*, 31, 179-194. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.012809.103714>

Hermesen, E., Mintenig, S. M., Besseling, E., & Koelmans, A. A. (2018). Quality criteria for the analysis of microplastic in biota samples: A critical review. *Environmental Science & Technology*, 52, 10230-10240. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01611>

Instituto Nacional de Estadística. (2023). Estadística estructural de empresas: Sector industrial. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/EEESI2023.htm>

Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., et al. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 831, 154907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907>

Kermenidou, M., Frydas, I. S., Moschoula, E., Kousis, D., Christofilos, D., Karakitsios, S., & Sarigiannis, D. (2023). Quantification and characterization of microplastics in the Thermaic Gulf, in the North Aegean Sea. *Science of the Total Environment*, 892, 164299. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164299>

Koutsikos, N., Koi, A. M., Zeri, C., Tsangaris, C., Dimitriou, E., & Kalantzi, O.-I. (2023). Exploring microplastic pollution in a Mediterranean river: The role of introduced species as bioindicators. *Heliyon*, 9(4), e15069. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15069>

Leslie, H. A., et al. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199.

Moral, M. J. , & P. C. (2004). El sector textil y confección en España ante un futuro incierto.

Murphy, F., Russell, M., Ewins, C., & Quinn, B. (2017). The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, 122, 353-359. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.073>

Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>

Od potęgi do niszy dla wytrwałych. Co czeka branżę włókienniczą? 2024; <https://media.big.pl/informacje-prasowe/832884/od-potegi-do-niszy-dla-wytrwalych-co-czeka-branze-wlokiennicza>

Polska branża odzieżowa na tle światowych rynków, <https://www.trade.gov.pl/wiedza/polska-branza-odziezowa-na-tle-swiatow>, 25.11.2025; KO BP, Departament Analiz Ekonomicznych, „Rynki międzynarodowe: odzież. Sytuacja bieżąca i prognozy do 2029”, sierpień 2025

Producenci tekstyliów 24-11-2025; https://www.coig.com.pl/wykaz_lista_producentow-tekstyliow.php

Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., et al. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>

Rosalio. Blog. 2025. Polska jest 6. w Europie w wydatkach na modę, ale 78% nadal kupuje stacjonarnie. Co się zmieni? https://rosalio.pl/blog/polska-rynek-mody-digitalizacja-2025-prognozy/?srsId=AfmBOoob_Z-Ee1RcJgoWtDdwVfWktDVhfug5EtEjB8HtazUs8wZsNues#badanie-cyfrowa-przepasc

Sajjad, M., Huang, Q., Khan, S., et al. (2022). Microplastics in the soil environment: A critical review. *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102408. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102408>

Schwabl, P., Koppel, S., Königshofer, P., et al. (2019a). Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. *Annals of Internal Medicine*, 171, 453-457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>

SEPEE - Hellenic Fashion Industry Association. (2023). Annual report of the Greek textile and clothing sector 2023.

Suaria, G., Achtypi, A., Perold, V., et al. (2020). Microfibers in oceanic surface waters: A global characterization. *Science Advances*, 6, eaay8493.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aay8493>

Walkowska-Macias K. Produkcja wyrobów przemysłowych w latach 2020-2024, GUS, Warszawa 2025.

Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., et al. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1, 140317.
<https://doi.org/10.1098/rsos.140317>

Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017a). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science & Technology*, 51, 6634-6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022, 2023, 2024.



13. Załączniki

Załącznik I: Sprawozdanie krajowe – Grecja

13.1. Wstęp

Mikroplastik i mikrowłókna stały się krytycznymi zanieczyszczeniami środowiska w globalnych systemach morskich i słodkowodnych, a ich rozpowszechnienie, los i wpływ na środowisko wzbudzają coraz większe zainteresowanie naukowców. W Europie, a zwłaszcza w regionie Morza Śródziemnego, problem ten nasila się ze względu na wysoką gęstość zaludnienia, intensywną aktywność przybrzeżną, sezonowy ruch turystyczny oraz półzamknięte akweny sprzyjające akumulacji cząstek plastiku. Grecja, położona w sercu wschodniej części Morza Śródziemnego, wykazuje podobne wzorce, a liczne badania dokumentują obecność mikroplastiku w wodach powierzchniowych, osadach, organizmach morskich, rzekach i środowisku przybrzeżnym. Odkrycia te podkreślają potrzebę systematycznej analizy danych krajowych i dynamiki sektorowej, zwłaszcza w odniesieniu do mikrowłókien pochodzących z tekstyliów, które są kluczowym, lecz słabo zbadanym źródłem zanieczyszczenia mikroplastikiem (Adamopoulou i in., 2021).

Mikroplastik w greckim środowisku morskim został zarejestrowany w różnych przedziałach morskich, w tym w otwartych wodach Morza Egejskiego i Jońskiego, zatokach w pobliżu obszarów metropolitalnych oraz na odległych wyspach. Najnowsze badania wskazują na znaczną zmienność przestrzenną, kształtowaną przez takie czynniki oceanograficzne, jak plamy na powierzchni, lokalne prądy i bliskość ośrodków miejskich. Na przykład, unoszące się na wodzie mikroplastiki w Morzu Egejskim i Jońskim wykazują stężenia porównywalne z globalnymi hotspotami, przy czym w składzie polimerów dominują polietylen (PE), polipropylen (PP) i polistyren (PS), a ich zawartość jest ściśle związana z opakowaniami i fragmentacją tekstyliów (Kalogerakis i in., 2017; Adamopoulou i in., 2021). Ten kontekst umiejscawia mikrowłókna jako centralny temat dla Grecji, biorąc pod uwagę wysokie zużycie tekstyliów syntetycznych, powszechne użytkowanie pralek i starzejącą się infrastrukturę oczyszczania ścieków.

Co więcej, badania biomonitoringowe w morzach greckich ujawniają wyraźne dowody na połykanie mikroplastiku przez wiele gatunków. Badania przeprowadzone na Zakynthos wykazały, że jeżowce *Paracentrotus lividus* połykają mikroplastik obecny w osadach, a biomarkery stresu oksydacyjnego wskazują na reakcje fizjologiczne na ekspozycję (Gigka i in., 2023). Podobnie, u mniszki śródziemnomorskiej (*Monachus monachus*), gatunku krytycznie zagrożonego wyginięciem, którego próbki pobrano nieinwazyjnie z odchodów, stwierdzono połykanie mikroplastiku i związanych z nim dodatków chemicznych, takich jak ftalany, co wskazuje na biodostępność i troficzny transfer tych cząstek w wodach greckich (Hernandez-Milian i in., 2023). Odkrycia te potwierdzają ekologiczne znaczenie zanieczyszczenia mikroplastikiem w kontekście krajowym.

Greckie systemy słodkowodne pełnią również kluczowe funkcje szlaków transportu mikroplastiku z działalności lądowej do stref przybrzeżnych. Niedawne badanie rzeki Kifissos, przepływającej przez obszar metropolitalny Aten, wykazało obecność mikroplastiku zarówno w toni wodnej, jak i w przewodzie pokarmowym ryb słodkowodnych, co wskazuje na umiarkowany, ale ciągły przepływ

mikroplastiku pochodzącego z obszarów miejskich w kierunku ekosystemów przybrzeżnych. Dominującymi typami polimerów były polietylen, polipropylen i alkohol poliwinylowy, odzwierciedlając typowe źródła, takie jak materiały opakowaniowe i włókna tekstylne (Koutsikos i in., 2023). Dowody te są szczególnie istotne w przypadku zanieczyszczenia mikrowłóknami, ponieważ włókna syntetyczne pochodzące z prania odzieży stanowią jedną z głównych dróg przedostawania się mikroplastiku przez systemy ściekowe do rzek i wód przybrzeżnych.

Na poziomie krajowym greckie instytucje badawcze, w tym Greckie Centrum Badań Morskich (HCMR), główne uniwersytety i organizacje ochrony środowiska, opracowały coraz bogatszy zbiór prac dokumentujących występowanie, dystrybucję i ekologiczne implikacje mikroplastiku. Raporty z HCMR i badań przeprowadzonych przez socjologów (np. w ramach współpracy Aegean Rebreath) wykazują znaczne ilości mikroplastiku na greckich plażach, a jedną z najczęstszych kategorii są cząstki włókniste, co jest zgodne ze źródłami tekstylnymi (HCMR, 2022). Odkrycia te podkreślają znaczenie mikrowłókien w kontekście krajowym oraz potrzebę lepszego monitorowania, ograniczania i regulacji.

Europejska Dyrektywa Ramowa w sprawie Strategii Morskiej (MSFD) stanowi ramy polityczne dla oceny i rozwiązania problemu odpadów morskich w Grecji, w tym mikroplastiku i mikrowłókien (KE, 2017). Jednak pomimo postępów w monitorowaniu makroplastiku, systematyczne dane krajowe dotyczące mikrowłókien, zwłaszcza tych uwalnianych podczas produkcji tekstyliów, prania i utylizacji po zakończeniu eksploatacji, są nadal ograniczone. Niniejszy raport krajowy ma na celu wypełnienie tej luki poprzez zapewnienie zintegrowanego przeglądu greckiego sektora tekstylnego, ocenę występowania i źródeł mikrowłókien, ocenę krajowego wkładu naukowego oraz identyfikację barier i możliwości w zakresie łagodzenia skutków i szkoleń.

13.1.1. Cel raportu krajowego

Celem niniejszego raportu krajowego jest przedstawienie kompleksowego przeglądu stanu mikroplastiku i mikrowłókien w Grecji, ze szczególnym uwzględnieniem ich znaczenia dla cyklu życia tekstyliów i związanego z tym wpływu na środowisko. Obejmuje to syntezę ustaleń naukowych, ocenę krajowych charakterystyk sektorowych oraz identyfikację wyzwań i możliwości specyficznych dla danego kraju. Raport opiera się na wspólnej strukturze zdefiniowanej w Zadaniu T2.1: Stan wiedzy w dziedzinie uwalniania mikroplastiku i mikrowłókien syntetycznych z produktów odzieżowych do wody, w ramach projektu Erasmus+ o numerze: 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411, Zrównoważone rozwiązania w przemyśle tekstylnym mające na celu ograniczenie uwalniania mikroplastiku/włókien syntetycznych, MicroWeave-TEX, aby zapewnić porównywalność między krajami uczestniczącymi i przyczynić się do opracowania raportu o stanie wiedzy na poziomie europejskim (D2.1).

Zakres i struktura

W niniejszym raporcie omówiono:

- wprowadzenie do zagadnienia mikroplastiku w kontekście greckim;
- przegląd krajowego przemysłu tekstylnego;
- ocenę znaczenia mikroplastiku/mikrowłókien w Grecji;
- identyfikację krajowych źródeł uwalniania mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów; oraz
- dokumentację badań naukowych i technicznych przeprowadzonych przez organizacje greckie.

W kolejnych rozdziałach zamieszczono szczegółowe analizy oparte na recenzowanych publikacjach, raportach krajowych, przesłanych dokumentach naukowych i uzupełniających danych pochodzących z Internetu, odnoszące się do polityki i przemysłu.

13.2. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego

Grecki przemysł tekstylny i odzieżowy jest jednym z najstarszych sektorów produkcyjnych w kraju i historycznie odgrywał znaczącą rolę w krajowym zatrudnieniu i eksporcie. Chociaż sektor ten odnotował spadek po początku XXI wieku z powodu rosnącej konkurencji ze strony krajów o niskich kosztach produkcji, nadal stanowi istotną część greckiego krajobrazu produkcyjnego. Obecnie przemysł ten charakteryzuje się mieszanką małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), firm zintegrowanych pionowo oraz wyspecjalizowanych producentów koncentrujących się na wysokiej jakości tkaninach, przetwórstwie bawełny, produkcji przędzy, tekstyliach technicznych i niszowych produktach modowych. Według najnowszych danych Greckiego Stowarzyszenia Przemysłu Modowego (SEPEE), w Grecji działa ponad 1200 przedsiębiorstw tekstylnych i odzieżowych, zatrudniających ponad 25 000 pracowników, których roczny eksport przekracza 2 miliardy euro, głównie do państw członkowskich UE (SEPEE, 20230). Te cechy strukturalne czynią Grecję średniej wielkości, ale silnym graczem europejskim, a wysiłki modernizacyjne są coraz bardziej ukierunkowane na zrównoważony rozwój i czystsza produkcję (Eurostat, 2023).

Pod względem produkcji i wykorzystania włókien, grecki przemysł tekstylny historycznie opierał się w dużej mierze na bawełnie, ponieważ Grecja jest największym producentem bawełny w Unii Europejskiej. Tekstylia i przędze bawełniane pozostają kluczowym elementem produkcji sektora, ale tekstylia z włókien syntetycznych, zwłaszcza poliestrowych, poliamidowych, akrylowych i ich mieszanek, zyskują coraz większą dominację ze względu na przystępną cenę, trwałość i możliwość dostosowania do rynków modowych. Wzrost wykorzystania włókien syntetycznych ma bezpośredni związek z zanieczyszczeniem mikrowłóknami, ponieważ odzież poliestrowa i poliamidowa traci włókna podczas prania, noszenia i procesów produkcyjnych. Tendencja ta jest zgodna z rodzajami polimerów zidentyfikowanymi w greckich środowiskach wodnych, gdzie polietylen (PE) i polipropylen (PP), często kojarzone z opakowaniami i tekstyliami syntetycznymi, dominują w globalnej ilości mikroplastiku. Na przykład badania przeprowadzone w Zatoce Termajskiej wykazały, że PE i PP były najczęstszymi polimerami mikroplastiku w wodach powierzchniowych, osadach i rybach komercyjnych – co odzwierciedla zarówno zużycie tekstyliów konsumenckich, jak i źródła przemysłowe (Kermenidou i in., 2023).

Geograficznie, produkcja tekstyliów w Grecji koncentruje się w północnej części kraju – szczególnie w Macedonii Środkowej (region Salonik), Macedonii Wschodniej i Tracji oraz Tesalii. W regionach tych działają przedsiębiorstwa, zakłady tkackie i dziewiarskie, farbiarnie, wykańczalnie oraz producenci odzieży. Koncentracja działalności tekstylnej wywiera lokalną presję na sieci ściekowe, zwłaszcza na obszarach, gdzie ścieki przemysłowe odprowadzane są do rzek lub miejskich oczyszczalni ścieków (OŚ). Takie szlaki są powiązane z uwalnianiem mikroplastiku do wód greckich. Na przykład, najnowsze badania w rzece Kifissos (Ateny), choć nie są powiązane wyłącznie z zakładami tekstylnymi, pokazują, że ścieki miejskie i przemysłowe w znacznym stopniu przyczyniają się do ładunków mikroplastiku w ekosystemach

środkowodnych, co uwypukla podatność na zagrożenia, które mogą występować w podobnych regionach o dużej intensywności produkcji tekstyliów (Koutsikos i in., 2023).

Innowacje przemysłowe w Grecji w coraz większym stopniu koncentrują się na efektywności środowiskowej, napędzanej zarówno przepisami UE, jak i popytem rynkowym. Wiele greckich firm wdrożyło czystsze metody produkcji, takie jak recykling wody, zaawansowane systemy filtracji oraz zmniejszone zużycie chemikaliów w procesie barwienia i wykańczania. Jednak wdrażanie dedykowanych technologii filtracji mikrowłókien pozostaje ograniczone, szczególnie wśród MŚP, ze względu na bariery kosztowe i brak wytycznych na szczeblu krajowym. Inicjatywy finansowane ze środków UE, takie jak projekt CLAIM, w który greckie instytucje były silnie zaangażowane, zademonstrowały rozwiązania technologiczne, które mogłyby zostać zaadaptowane przez sektor tekstylny. W ramach projektu pilotażowo przetestowano technologie filtracji mikroplastiku w oczyszczalniach ścieków i wykazano wysoki wskaźnik retencji (do 95%), co ilustruje potencjał takich systemów w odniesieniu do przemysłowych ścieków tekstylnych (Gkanasos i in., 2021).

Z perspektywy rynku, grecki sektor w coraz większym stopniu koncentruje się na segmentach o wysokiej wartości, takich jak tekstylia techniczne, odzież sportowa, tkaniny ekologiczne oraz produkcja odzieży w małych partiach. Zmiany te mogą wpłynąć na profile mikrowłókien, biorąc pod uwagę rosnące globalne wykorzystanie wysokowydajnych tekstyliów syntetycznych, które tracą włókna podczas produkcji i prania w gospodarstwach domowych. Występowanie mieszanek syntetycznych jest również zgodne z charakterystyką morfologiczną mikroplastiku znalezionego w greckich próbkach morskich, gdzie włókna stanowią znaczną część zidentyfikowanych cząstek – szczególnie w zatokach o wpływie urbanizacji, takich jak Saronik (Adamopoulou i in., 2021).

Ogólnie rzecz biorąc, grecki przemysł tekstylny, choć nie tak duży jak w poprzednich dekadach, pozostaje ważnym sektorem krajowym, z istotnymi powiązaniami z ochroną środowiska. Jego zależność od włókien syntetycznych, w połączeniu ze starzejącą się infrastrukturą ściekową i dużym rynkiem konsumenckim, pozycjonuje go jako istotnego sprawcę emisji mikrowłókien. Zrozumienie tych cech przemysłowych jest niezbędne do identyfikacji strategicznych punktów interwencji w całym cyklu życia tekstyliów, od wyboru surowców, przez produkcję, użytkowanie, aż po utylizację po zakończeniu cyklu życia.

13.3. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym

Mikroplastik i mikrowłókna stały się coraz poważniejszym problemem środowiskowym w Grecji ze względu na wysoką gęstość zaludnienia obszarów przybrzeżnych, intensywną turystykę i uzależnienie od tekstyliów syntetycznych. Morze Śródziemne jest uznawane za jeden z największych na świecie zbiorników akumulacji mikroplastiku, a badania pokazują, że we wschodniej części Morza Śródziemnego i w morzach greckich występują stężenia porównywalne z globalnymi hotspotami. Badania greckie wykazały, że mikroplastik, a zwłaszcza pochodzący z włókien, występuje w wodach powierzchniowych, osadach, na plażach i wśród organizmów morskich, co wskazuje na jego powszechną obecność i ciągły dopływ zarówno ze źródeł lądowych, jak i morskich (Adamopoulou i in., 2021).

W Grecji mikrowłókna mają szczególne znaczenie, ponieważ są silnie powiązane z użytkowaniem tekstyliów i zachowaniami związanymi z praniem. Rynek krajowy coraz bardziej ewoluuje w kierunku odzieży na bazie włókien syntetycznych (poliesterowych, nylonu, akrylu), odzwierciedlając globalne trendy w zakresie szybkiej mody. Znajduje to odzwierciedlenie w rodzajach polimerów występujących w greckim środowisku morskim, gdzie polietylen (PE) i polipropylen (PP), powszechnie występujące w mieszkankach tekstylnych, dominują w profilach mikroplastiku. Badania w Zatoce Termajskiej, jednej z najbardziej uprzemysłowionych stref przybrzeżnych Grecji, ujawniły wyjątkowo wysokie stężenie mikroplastiku w wodzie morskiej i osadach, przy czym polietylen (PE) i polipropylen (PP) stanowią główne polimery, z których wiele ma kształt włókien, co sugeruje związek z użytkowaniem tekstyliów i ich fragmentacją (Kermenidou i in., 2023).

Turystyka znacząco zwiększa znaczenie mikroplastiku w kontekście Grecji. Grecję odwiedza rocznie ponad 30 milionów turystów, a szczyt aktywności letniej koncentruje się wzdłuż wybrzeży. Sezonowy wzrost ilości mikroplastiku i makroplastiku został udokumentowany w licznych krajowych działaniach monitorujących, w tym w raporcie krajowym HCMR z 2022 roku dotyczącym greckich plaż, w którym włókna syntetyczne stanowiły jedną z najczęstszych kategorii mikroplastiku. W raporcie podkreślono, że generowanie odpadów przez turystykę, pranie pościeli w obiektach zakwaterowania turystycznego oraz zwiększone zużycie tekstyliów rekreacyjnych przyczyniają się do presji zanieczyszczenia mikroplastikiem (HCMR, 2022).

Na poziomie ekologicznym, greckie badania konsekwentnie wykazują, że mikroplastik, w tym włókna, jest połykany przez organizmy morskie na wszystkich poziomach troficznych, w tym przez kluczowe gatunki w ekosystemach krajowych. Stwierdzono, że jeżowce (*Paracentrotus lividus*) zebrane w Morzu Jońskim połykają mikroplastik obecny w osadach, a niektóre z nich wykazywały biomarkery stresu oksydacyjnego związane z ekspozycją (Digka i in., 2023).

Co więcej, w przewodach pokarmowych gatunków ryb o znaczeniu handlowym w Zatoce Termajskiej i innych obszarach regularnie wykrywa się włókniste cząstki, co wskazuje na potencjalne drogi transferu troficznego w kierunku ludzi, biorąc pod uwagę duże spożycie owoców morza w Grecji (Kermenidou i in., 2023).

Znaczenie mikroplastiku jest również powiązane z zagrożonym gatunkiem flagowym Grecji. Badanie z wykorzystaniem nieinwazyjnych próbek odchodów mniszki śródziemnomorskiej (*Monachus monachus*) na Zakynthos wykazało znaczną ilość połkniętego mikroplastiku, głównie małych (<3 mm) cząsteczek, wraz z dodatkami ftalanowymi. Włókna stanowiły znaczną część połkniętych przedmiotów, co ilustruje, jak mikrowłókna pochodzące z tekstyliów przenikają nawet do odległych lub chronionych siedlisk morskich (Hernandez-Milian i in., 2023).

Systemy śladowe dodatkowo zwiększają znaczenie mikrowłókien w skali kraju, ponieważ rzeki stanowią główne szlaki transportowe z obszarów miejskich do mórz przybrzeżnych. Badania nad rzeką Kifissos, silnie zurbanizowaną rzeką przecinającą Ateny, wykazały, że mikroplastik, w tym włókna, występował w dużych ilościach zarówno w wodzie, jak i w przewodzie pokarmowym ryb. Zidentyfikowane rodzaje polimerów (PE, PP, PVA) odpowiadają popularnym materiałom tekstylnym i opakowaniowym, co sugeruje, że czynniki wpływające na ten stan to pranie w gospodarstwach domowych, spływy z dróg i zrzuty przemysłowe (Koutsikos i in., 2023). Jest to szczególnie istotne,

biorąc pod uwagę, że wiele greckich oczyszczalni ścieków nie jest wyposażonych w zaawansowane systemy filtracji zdolne do wychwytywania mikrowłókien.

Ogólnie rzecz biorąc, mikroplastik i mikrowłókna mają istotne znaczenie środowiskowe, społeczne i gospodarcze dla Grecji, ze względu na wzorce konsumpcji tekstyliów w tym kraju, ukształtowanie wybrzeża oraz wrażliwość ekologiczną. Stała obecność włókien pochodzących z tekstyliów w różnych przedziałach środowiskowych wskazuje na potrzebę ukierunkowanych strategii łagodzenia skutków, dostosowanych do zwyczajów i infrastruktury danego kraju.

13.3.1. Świadomość narodowa i uwaga polityczna

W Grecji świadomość zanieczyszczenia mikroplastikiem znacznie wzrosła w ciągu ostatniej dekady, czemu sprzyjały publikacje naukowe, kampanie organizacji pozarządowych oraz zobowiązania polityczne UE. Media krajowe regularnie nagłaśniają odkrycia dotyczące mikroplastiku w morzach greckich, zwłaszcza wokół popularnych miejsc turystycznych, takich jak Zakynthos, Kreta i wyspy Morza Egejskiego. Inicjatywy na rzecz zwiększenia świadomości społecznej, prowadzone przez organizacje ekologiczne, takie jak Aegean Rebreath, WWF Grecja i HCMR, przyczyniły się do mobilizacji obywateli poprzez sprzątanie plaż, kampanie obywatelskiego badania próbek oraz warsztaty edukacyjne. Dane z krajowego badania HCMR–Aegean Rebreath 2022 wskazują na silne społeczne uznanie dla problemów związanych z mikroplastikiem, szczególnie w odniesieniu do odpadów plażowych i fragmentów włókien (HCMR, 2022).

Na poziomie politycznym Grecja wdraża dyrektywę ramową w sprawie strategii morskiej (MSFD) poprzez krajowe programy monitoringu, które obejmują wskaźniki mikroplastiku. Jednakże, mikrowłókna nie są jeszcze niezależnie kwantyfikowane w ramach przepisów krajowych, pomimo ich uznanego znaczenia dla środowiska. Projekt CLAIM, z dużym udziałem Grecji, wykazał, że systemy ściekowe można zaprojektować tak, aby usuwały mikroplastik, jednak polityka krajowa nie wprowadziła jeszcze technologii wychwytywania włókien w urządzeniach gospodarstwa domowego ani obiektach przemysłowych (Gkanasos i in., 2021).

Ponadto Grecja transponowała dyrektywy UE zakazujące stosowania niektórych tworzyw sztucznych jednorazowego użytku, ale działania te dotyczą przede wszystkim makroplastiku, a nie mikrowłókien, co uwydatnia lukę w polityce. Rosnąca obecność mikroplastiku w gatunkach owoców morza o znaczeniu komercyjnym, udokumentowana w Zatoce Termajskiej i innych regionach, wzbudziła zaniepokojenie organów zdrowia publicznego i konsumentów, motywując do dalszych badań i długoterminowego monitoringu (Kermenidou i in., 2023).

Znaczenie przemysłowe i społeczne

Mikrowłókna mają szczególne znaczenie dla greckiego sektora tekstylnego i mody, wzorców konsumpcji w gospodarstwach domowych oraz infrastruktury ściekowej. Rosnące uzależnienie od tekstyliów syntetycznych w Grecji, napędzane przystępnością cenową i trendami szybkiej mody, prowadzi do zwiększonego uwalniania mikrowłókien podczas prania. Z uwagi na fakt, że prawie wszystkie gospodarstwa domowe korzystające z konwencjonalnych pralek nie posiadają filtrów z mikrowłókien, duże ilości włókien są codziennie transportowane do systemów ściekowych. Brak zaawansowanej filtracji trzeciorzędowej w wielu greckich oczyszczalniach ścieków zwiększa prawdopodobieństwo przedostawania się mikrowłókien do rzek, a ostatecznie do morza.

Równie istotne jest znaczenie przemysłowe: klastry produkcji tekstyliów w północnej Grecji obejmują liczne zakłady farbiarskie, drukarskie i wykończeniowe, które na całym świecie generują ścieki bogate w mikrowłókna. Chociaż grecki przemysł coraz częściej stosuje praktyki przyjazne dla środowiska, rozwiązania w zakresie wychwytywania włókien wciąż w dużej mierze nie istnieją. Wyniki projektu CLAIM wskazują, jak przemysłowe i komunalne systemy ściekowe mogą nieumyślnie uwalniać włókna, co potwierdza znaczenie mikrowłókien na etapie produkcji (Gkanasos i in., 2021).

Společnie, zanieczyszczenie mikrowłóknami jest powiązane z tożsamością Grecji jako kraju nadmorskiego, opartego na turystyce. Czyste plaże są integralną częścią gospodarki turystycznej kraju, a rosnąca świadomość społeczna dotycząca mikrowłókien, często widocznych jako kłaczkowe fragmenty w piasku, wywiera presję na lokalne władze i przedsiębiorstwa, aby podjęły działania. Powszechne wykrywanie włókien u greckich gatunków morskich, w tym u fok mniszek zagrożonych wyginięciem i powszechnie spożywanych ryb, dodatkowo zwiększa poczucie pilności problemu wśród obywateli i interesariuszy (Hernandez-Milian i in., 2023).

13.4. Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien

Emisje mikrowłókien w Grecji występują w całym cyklu życia tekstyliów, od produkcji przemysłowej, przez użytkowanie konsumenckie, po ostateczną utylizację, odzwierciedlając zarówno strukturalne cechy greckiego sektora tekstylnego, jak i krajowe wzorce konsumpcji. Dane z badań morskich i śladowodnych w Grecji konsekwentnie wskazują na wysoki odsetek mikroplastiku w postaci włókien w próbkach środowiskowych, co podkreśla wagę zrozumienia jego pochodzenia i dróg przemieszczania się.

13.4.1. Etap produkcji

Źródła odpadów przemysłowych

Mikrowłókna uwalniane podczas produkcji tekstyliów w Grecji pochodzą głównie z przędzenia, tkania/dziania, szczotkowania, krojenia, farbowania, prania i wykańczania. W północnej Grecji znajduje się większość wykończalni, z których wiele wykorzystuje włókna syntetyczne, takie jak mieszanki poliestru, poliamidu i akrylu – materiały, o których wiadomo, że tracą włókna podczas mechanicznego ścierania i obróbki na mokro. Chociaż nie istnieją żadne specjalistyczne badania dotyczące ilościowego oznaczania mikrowłókien w Grecji, międzynarodowe badania pokazują, że wykańczanie tekstyliów przed ich wprowadzeniem do użytku może powodować utratę milionów włókien na kilogram tkaniny, szczególnie podczas szczotkowania i wykańczania mechanicznego. Jest to zgodne z typami polimerów znalezionymi w greckich próbkach morskich, głównie PE i PP, co wskazuje, że fragmenty przemysłowe przyczyniają się do obciążenia środowiska (Kermenidou i in., 2023).

Etapy procesu mające największy wpływ

Procesy obejmujące mieszanie mechaniczne (szczotkowanie, ścinanie, drapanie) i przetwarzanie na mokro (barwienie, odklejanie, czyszczenie enzymatyczne) są uznawane na całym świecie za główne punkty emisji mikrowłókien. W kontekście Grecji, klastry przemysłowe odprowadzające ścieki do rzek lub sieci miejskich zwiększają ryzyko omijania przez mikrowłókna niewystarczających systemów filtracji. Dowody z projektu CLAIM w greckich oczyszczalniach ścieków potwierdzają, że mikroplastik, w tym cząstki w kształcie włókien, jest obecny w ściekach i że zaawansowana filtracja może usunąć do

95% z nich. Świadczy to zarówno o obecności mikroplastiku w ściekach przemysłowych/miejskich, jak i o potencjale technologii łagodzących (Gkanasos i in., 2021).

13.4.2. Faza użytkowania

Etap użytkowania przez konsumenta

Większość emisji mikrowłókien w Grecji pochodzi z prania w domu, ponieważ na krajowym rynku tekstylnym dominują ubrania syntetyczne. Każdy cykl prania uwalnia tysiące, a nawet miliony mikrowłókien, w zależności od rodzaju tkaniny, detergentu i stanu wody. Biorąc pod uwagę, że prawie wszystkie greckie gospodarstwa domowe korzystają z konwencjonalnych pralek bez filtrów, uwolnione włókna bez przeszkód przedostają się do systemów kanalizacyjnych.

Włókna stanowią najczęstszą morfologię mikroplastiku udokumentowaną w greckich środowiskach morskich, takich jak Zatoka Egejska, Jońska, Termajska i Sarońska, co potwierdza, że pranie w gospodarstwach domowych w znacznym stopniu przyczynia się do obciążenia środowiska włóknami (Adamopoulou i in., 2021).

Specyficzne dla Grecji nawyki związane z praniem

W greckich domach ubrania są zazwyczaj prane w temperaturze 30-40°C, z częstym korzystaniem z szybkich programów prania i wysokich obrotów wirowania, co – jak wiadomo – sprzyja wypadaniu włókien. Dodatkowo:

- W wielu gospodarstwach domowych ubrania są suszone na zewnątrz, gdzie światło słoneczne i tarcie przyspieszają fragmentację włókien.
- Częstotliwość prania jest nieco większa w regionach turystycznych latem ze względu na krótkotrwałą rotację miejsc noclegowych.
- W popularnych wśród turystów nadmorskich kurortach (Cyklady, Kreta, Wyspy Jońskie) sezonowo wzrasta liczba prania w hotelach i wynajmowanych obiektach, co zwiększa obciążenie lokalnych systemów ściekowych.

Wyniki badań na Zakynthos, wyspie o wzmożonym ruchu turystycznym w sezonie, wskazują na zwiększoną obecność mikroplastiku w osadach i organizmach morskich, co potwierdza korelację między aktywnością turystyczną a ilością mikroplastiku (Digka i in., 2023).

Lokalne rynki detergentów

Greccy konsumenci w dużym stopniu polegają na detergentach w proszku i płynach zmiękczających o wzbożonych zapachach. Detergenty w proszku, z natury ścierne, mogą zwiększać wypadanie włókien podczas działania mechanicznego. Powszechne stosowanie płynów zmiękczających tkaniny może zmniejszyć elektryczność statyczną, ale nie zmniejsza znacząco uwalniania mikrowłókien.

Wpływ twardości wody

W dużej części Grecji, a zwłaszcza w Atenach, Tesalii, na Krecie i Dodekanezie, woda jest twarda lub bardzo twarda. Twarda woda zwiększa naprężenia mechaniczne tkanin, co prowadzi do:

- większej utraty włókien podczas prania,
- zwiększonego zużycia detergentów,
- wyższej temperatury prania,

- szybszej degradacji odzieży syntetycznej.

Czynniki te pośrednio odzwierciedlają badania wykazujące wysokie stężenie włókien w systemach wodnych o wpływie obszarów miejskich, takich jak rzeka Kifissos i Zatoka Sarońska (Koutsikos i in., 2023).

13.4.3. Obsługa końca cyklu życia

Praktyki utylizacji

W Grecji zarządzanie zużytymi tekstyliami pozostaje ograniczone, przy czym większość używanej odzieży:

- wyrzucana jest do odpadów komunalnych mieszanych,
- eksportowana jest jako odzież używana,
- nieformalnie zbierana przez organizacje charytatywne.

Składowanie na wysypiskach śmieci pozostaje dominującą metodą utylizacji odpadów, a tekstylia ulegają tam powolnej fragmentacji, stopniowo wytwarzając mikrowłókna, które mogą przedostawać się do odcieków lub rozprzestrzeniać się w okolicznych glebach.

Włókniste cząsteczki znalezione w próbkach pobranych z wybrzeży i plaż Grecji potwierdzają hipotezę, że rozproszone wycieki lądowe przyczyniają się do gromadzenia się mikroplastiku (HCMR, 2022).

Krajowe strategie dotyczące odpadów tekstylnych

Grecja rozpoczęła dostosowywanie się do wymogów gospodarki o obiegu zamkniętym UE, wprowadzając systemy rozszerzonej odpowiedzialności producenta (ROP) dla tekstyliów, które mają w pełni wejść w życie w latach 2025-2026. Jednakże:

- Obecnie nie istnieje żadna krajowa strategia dotycząca mikrowłókien.
- Wskaźniki zbiórki tekstyliów pozostają niskie.
- Gminy rzadko sortują tekstylia.

W rezultacie, wskutek niewłaściwej utylizacji i rozdrobnienia niezagospodarowanych odpadów tekstylnych, mikrowłókna nadal przedostają się do środowiska.

Krajowe Systemy Oczyszczania Ścieków

W Grecji działa ponad 400 oczyszczalni ścieków, jednak wiele mniejszych wysp i obszarów wiejskich nie posiada systemu oczyszczania trzeciego stopnia. Istniejące oczyszczalnie usuwają część mikroplastiku poprzez sedymentację, ale mikrowłókna są zbyt małe i wyporne, co pozwala im na przepływ.

Dowody z badań greckich wykazały, co następuje:

- W profilach mikroplastiku w wodach przybrzeżnych w pobliżu Aten i Salonik dominują włókna, co wskazuje na drogi ucieczki z oczyszczalni ścieków (Adamopoulou i in., 2021).
- Włókna są obecne w systemach rzecznych, takich jak Kifissos, co potwierdza niepełne wychwytywanie w górnym biegu rzeki (Koutsikos i in., 2023).

- Testy przeprowadzone w ramach projektu CLAIM w Grecji wykazały, że mikroplastik utrzymuje się nawet po konwencjonalnym oczyszczaniu, co podkreśla potrzebę stosowania zaawansowanych technologii filtracji (bioreaktory membranowe, dynamiczne filtry piaskowe, elektrokoagulacja) (Gkanasos i in., 2021).

Niedostateczna infrastruktura ściekowa na małych wyspach, a także intensywna turystyka sprawiają, że wyciek mikrowłókien jest szczególnie dotkliwy w miesiącach szczytowych.

13.5. Krajowe badania naukowo-techniczne

Grecja rozwinęła silną i szybko rozwijającą się bazę badawczą dotyczącą mikroplastiku, a w coraz większym stopniu także mikrowłókien, obejmującą obszary morskie, słodkowodne i biotę. Badania krajowe dokumentują obecność mikroplastiku w wodach otwartego morza, strefach przybrzeżnych, rzekach, osadach, rybach komercyjnych, bezkręgowcach i chronionych ssakach morskich, często koncentrując się na wschodniej części Morza Śródziemnego. Razem stanowią one solidne podstawy naukowe do zrozumienia źródeł, dróg i wpływu mikroplastiku, które można bezpośrednio wykorzystać w badaniach nad mikrowłóknami tekstylnymi.

13.5.1. Aktywne instytucje badawcze

Greckie Centrum Badań Morskich (HCMR) jest wiodącą krajową instytucją zajmującą się mikroplastikiem, z wieloma instytutami i laboratoriami zajmującymi się monitorowaniem, pracami eksperymentalnymi i rozwojem metod. Instytut Oceanografii opracował kluczowe badania dotyczące unoszących się na wodzie mikroplastików w Morzu Jońskim, Egejskim i Lewantyńskim, charakteryzując ich stężenia, kształty i rodzaje polimerów w odniesieniu do wzorców cyrkulacji i bliskości źródeł miejskich (Adamopoulou i in., 2021).

Instytut Zasobów Biologicznych Morza i Wód Śródlądowych (IMBRIW) przyczynia się do badań śródlądowych i przybrzeżnych oraz utrzymuje zaawansowane urządzenia do ekstrakcji i analizy mikroplastiku, co udokumentowano w ocenie instytucjonalnej, w której zwrócono uwagę na monitorowanie zanieczyszczeń wód i wskaźników biologicznych (IMBRIW, 2022).

Na kilku greckich uniwersytetach działają aktywne grupy badawcze zajmujące się mikroplastikiem. Uniwersytet Egejski (Wydział Nauk o Morzu i Wydział Ochrony Środowiska) ściśle współpracuje z HCMR w zakresie badań terenowych i biomonitoringu w środowiskach morskich i słodkowodnych, w tym w zakresie połykania mikroplastiku przez jeżowce i ryby rzeczne. Uniwersytet Arystotelesa w Salonikach (AUTH), w szczególności za pośrednictwem Laboratorium Inżynierii Środowiska i powiązanych ośrodków badawczych (np. Centrum Badawczego HERACLES), prowadzi badania nad mikroplastikiem w Zatoce Termajskiej, integrując monitoring środowiska z oceną narażenia i zdrowia ludzi.

Kluczową rolę odgrywają również pozarządowe organizacje badawcze. Archipelagos – Instytut Ochrony Morza współpracuje z HCMR i włoskimi partnerami w badaniach nad fokami mniszkami, wdrażając nieinwazyjne metody wykrywania mikroplastiku i cząsteczek z tworzyw sztucznych w odchodach (Hernandez – Milian i in., 2023). Instytucje te wykorzystują szereg infrastruktur laboratoryjnych, w tym spektroskopię FT-IR i μ FT-IR, spektroskopię Ramana, stereomikroskopię oraz laboratoria biochemiczne/biomarkerów, aby charakteryzować cząsteczki i oceniać skutki biologiczne, jak opisano szczegółowo w krajowych studiach przypadku.

13.5.2. Projekty badawcze uniwersyteckie

Greckie uniwersytety prowadziły lub współprowadziły wiele projektów badawczych dotyczących mikroplastiku i mikrowłókien, często we współpracy z HCMR. Na otwartym morzu wschodniego Morza Śródziemnego i wodach przybrzeżnych Adamopoulou i in. (2021) dokonali ilościowej oceny unoszących się na wodzie mikroplastików i zbadali wzorce dystrybucji w odniesieniu do źródeł i plam powierzchniowych, ujawniając dużą zmienność i dominację PE, PP i PS w wodach greckich – polimerów silnie związanych z opakowaniami i tekstyliami. W Zatoce Termajskiej Kermenidou i in. (2023) przeprowadzili jedno z pierwszych zintegrowanych badań mikroplastiku w wodach powierzchniowych, osadach plażowych i rybach komercyjnych, dokumentując niezwykle wysokie ilości (nawet do milionów sztuk na km²) i wskazując PE i PP jako dominujące polimery.

Współpraca Uniwersytetu i HCMR koncentrowała się również na efektach biologicznych i bioindykatorach. Digka i in. badali połykanie mikroplastiku przez dzikie jeżowce morskie *Paracentrotus lividus* na Zakynthos i powiązali je z biomarkerami stresu oksydacyjnego, neurotoksycznością i genotoksycznością, wykazując subtelne reakcje fizjologiczne nawet przy stosunkowo niskich stężeniach w środowisku (Digka i in., 2023). Hernandez-Milian i in. (2023) opracowali nieinwazyjną metodę wykorzystującą odchody mniszki śródziemnomorskiej do oceny połykania mikroplastiku i dodatków do plastiku, wykazując obecność 166 cząstek mikroplastiku i kilku ftalanów w próbkach z morskich jaskiń na Zakynthos.

Projekty skoncentrowane na wodach słodkich rozszerzają te prace w głąb lądu. Koutsikos i in. (2023) zbadali mikroplastik w rzece Kifissos, rzece miejskiej przepływającej przez obszar metropolitalny Aten, wykorzystując introdukowany gatunek ryby jako bioindykator. Badanie wykazało umiarkowane zanieczyszczenie mikroplastikiem w przewodzie pokarmowym ryb i wodzie rzecznej, z dominującymi polimerami PE, PVA i PP, co powiązało wyniki z odpływem wód miejskich i zrzutami ścieków. Greckie zespoły przeprowadziły uzupełniające prace dotyczące rzek i ścieków wpływających do Morza Egejskiego, dostarczając pierwszych danych na temat ilości i rodzajów mikroplastiku w ściekach rzecznych i z oczyszczalni ścieków oraz potwierdzając ich rolę jako dróg przedostawania się do morza (Zeri i in., 2021).

Historyczne doświadczenie w zakresie zanieczyszczeń i biomarkerów, zdobyte w Grecji, również stanowi podstawę obecnych możliwości badawczych w zakresie mikroplastiku. Wczesne badania nad biochemicznymi markerami zanieczyszczeń u małży (*Mytilus galloprovincialis*) z Zatoki Saronijskiej stworzyły protokoły biomonitoringu i oceny reakcji na zanieczyszczenia, które zostały następnie dostosowane do kontekstu narażenia na mikroplastik i substancje dodatkowe (Tsangaris i in., 2004).

13.5.3. Badania przemysłowe i krajowe działania badawczo-rozwojowe

Badania nad mikroplastikiem, powiązane z przemysłem, w Grecji są szczególnie widoczne w projekcie CLAIM w ramach programu Horyzont 2020, w ramach którego greckie MŚP i firmy inżynierskie współpracowały z HCMR w celu opracowania i przetestowania rozwiązań technologicznych bezpośrednio ukierunkowanych na emisję plastiku i mikroplastiku. Gkanasos i in. (2021) opisują projekt i wdrożenie systemu CLEAN TRASH w ujściu rzeki Kifissos oraz system filtracji mikroplastiku zainstalowany w oczyszczalni ścieków Megara, wykazując ~90% retencji makroplastiku i ~95% retencji mikroplastiku w skali laboratoryjnej.

Greckie MŚP New Naval kierowało pracami rozwojowymi i testami terenowymi systemu zbierania odpadów rzecznych w ramach projektu CLAIM, koncentrując się na przechwytywaniu makro- i mezoplastyków u ujść rzek wpływających do Zatoki Saryńskiej (New Naval, 2024). Te projekty pilotażowe, choć nie są specyficzne dla tekstyliów, mają bezpośrednie znaczenie dla przyszłego ograniczania emisji mikrowłókien, ponieważ podobne technologie mogłyby zostać zaadaptowane do ścieków przemysłowych przemysłu tekstylnego lub zlewni miejskich o dużym stężeniu włókien. Ponadto greckie firmy działające w obszarze oczyszczania ścieków i technologii środowiskowych (np. Waste & Water SARL, również zaangażowane w projekt CLAIM) zbudowały infrastrukturę testową dla systemów filtracji, wstępnego oczyszczania i zaawansowanego utleniania, które mogą być stosowane do usuwania mikroplastiku i mikrowłókien.

Krajowe i regionalne działania dotyczące odpadów morskich, w szerszym ujęciu, często angażujące izby handlowe, władze portowe i lokalne przedsiębiorstwa, dostarczyły danych, programów pilotażowych i zwiększyły świadomość na temat mikroplastiku. Na przykład, współpraca między HCMR a lokalnymi interesariuszami w Zatoce Saryńskiej i Termajskiej połączyła monitorowanie mikroplastiku w bocie i osadach z dyskusjami na temat gospodarki odpadami portowymi, praktyk żeglugowych i spływu wód miejskich, kładąc podwaliny pod przyszłe badania i rozwój w branży tekstylnej.

13.5.4. Udział w projektach UE

Greckie instytucje aktywnie uczestniczą w projektach finansowanych przez UE, związanych z odpadami morskimi i mikroplastikiem, które zapewniają niezbędną wiedzę i infrastrukturę do prac nad mikrowłóknami.

- Horyzont 2020 – CLAIM (Cleaning Litter by Development and Applying Innovative Methods in European Seas): Projekt CLAIM, koordynowany przez HCMR, zgromadził 19 instytucji (w tym sześć MŚP) w celu opracowania nowych strategii zapobiegania zanieczyszczeniu mórz odpadami plastikowymi, koncentrując się na barierach rzecznych, filtracji mikroplastiku w oczyszczalniach ścieków oraz modelowaniu. Partnerzy greccy kierowali rozwojem technologicznym, próbami terenowymi i modelowaniem dla wschodniej części Morza Śródziemnego.
- Interreg MED – Plastic Busters MPAs: Projekt, z udziałem Grecji, obejmował pełen cykl zarządzania odpadami morskimi na Morzu Śródziemnym – od monitorowania i oceny po zapobieganie i łagodzenie skutków. W ramach projektu zharmonizowano metody monitorowania mikroplastiku i opracowano zalecenia dotyczące polityki dla MPA w kilku krajach, w tym w Grecji.
- Interreg i inicjatywy pokrewne – rodzina projektów ACT4LITTER i Plastic Busters: Greckie instytucje i eksperci brali udział w kolejnych projektach Interreg skupiających się na zarządzaniu plastikowymi odpadami morskimi i planach działania w obszarze Morza Śródziemnego, które uwzględniały kwestie mikroplastiku w szerszych ramach gospodarki o obiegu zamkniętym i ochrony środowiska morskiego.
- Erasmus+ – Sea4All i powiązane projekty edukacyjne: Partnerzy greccy (np. Regionalna Dyrekcja Edukacji Podstawowej i Średniej na Krecie, Archipelagi, uniwersytety) uczestniczyli w projektach Erasmus+, takich jak Sea4All, w ramach których opracowano materiały edukacyjne

i narzędzia cyfrowe mające na celu podniesienie świadomości nauczycieli i uczniów na temat zanieczyszczenia mórz, w tym plastiku i mikroplastiku.

Te projekty UE znacząco wzmocniły grecki potencjał w zakresie pobierania próbek, analizy, modelowania, technologii ograniczania emisji i edukacji na temat mikroplastiku. Stanowią one również bezpośredni pomost między krajowymi wynikami badań naukowych, a procesami politycznymi na poziomie europejskim, co czyni je niezwykle istotnymi dla włączenia zagadnień mikrowłókien tekstylnych do przyszłych programów nauczania, materiałów szkoleniowych i zaangażowania interesariuszy w ramach WP2.

13.6. Studia przypadków

W Grecji większość działań mających na celu rozwiązanie problemu zanieczyszczenia mikroplastikami koncentrowała się na trzech kluczowych obszarach: ekosystemach morskich, gospodarce ściekowej i działaniach związanych z tym obszarem oraz strefie przybrzeżnej. Odzwierciedla to długą linię brzegową Grecji oraz znaczenie infrastruktury wodnej i działalności morskiej. Pomimo ograniczonego zakresu działań, które wyraźnie dotyczą mikroplastiku pochodzącego z tekstyliów, kilka badań empirycznych i inicjatyw pilotażowych dostarczyło istotnych dowodów na temat ścieżek łagodzenia skutków, szczególnie w zakresie systemów oczyszczania ścieków i tekstyliów technicznych wykorzystywanych w rybołówstwie. Poniższe studia przypadków ilustrują reprezentatywne przypadki greckie o udowodnionym znaczeniu dla zanieczyszczenia mikroplastikami pochodzącego z tekstyliów (Adamopoulou i in., 2021; HCMR, 2022; WWF, 2025).

13.6.1. CLAIM – Ograniczanie mikroplastiku na poziomie oczyszczalni ścieków

Kontekst

Projekt CLAIM (Clean Litter by Developing and Applied Innovative Methods in European Seas) to inicjatywa badawcza programu Horyzont 2020, w którą zaangażowane są greckie organizacje badawcze, w tym Greckie Centrum Badań Morskich (HCMR). Inicjatywa koncentruje się na opracowaniu i testowaniu nowych metod redukcji odpadów morskich. W kontekście Grecji, projekt CLAIM zbadał dopływy rzek i oczyszczalnie ścieków (WWTP) jako krytyczne drogi przedostawania się mikroplastiku do środowiska morskiego. Jest to szczególnie istotne w zlewniach miejskich odprowadzających ścieki do Zatoki Saronijskiej (Gkanasos i in., 2021; Tsangaris i in., 2004; HCMR, 2022).

Zidentyfikowano problem

Konwencjonalne oczyszczalnie ścieków nie są specjalnie zaprojektowane do wychwytywania mikroplastiku i mikrowłókien. Chociaż znaczna część cząstek jest zatrzymywana podczas oczyszczania, resztkowe mikroplastiki mogą być uwalniane wraz z oczyszczonymi ściekami, a znaczna ich część trafia do linii osadowej. Powoduje to ciągłą presję na środowisko, zarówno poprzez zrzuty do wód, jak i praktyki związane z gospodarką osadami. Mikrowłókna pochodzące z tekstyliów, wytwarzane głównie podczas prania w domu, są uznawane za część tego strumienia wejściowego.

Wdrożona interwencja

W ramach projektu CLAIM opracowano i przetestowano zintegrowane rozwiązania technologiczne w celu wychwytywania mikroplastiku, zanim dotrze on do środowiska morskiego. Podejście to łączyło systemy wychwytywania w rzekach z technologiami retencji stosowanymi na wlotach i wylotach

oczyszczalni ścieków. Rozwiązania te zostały zaprojektowane tak, aby działały jako moduły uzupełniające w ramach istniejącej infrastruktury oczyszczania, bez zakłócania standardowych procesów. Testy pilotażowe objęły szeroki zakres rozmiarów i morfologii cząstek, w tym włókniste mikroplastiki odpowiadające ścieraniu tekstyliów (Gkanasos i in., 2021).

Wyniki ilościowe (redukcja kg/rok, %, itp.)

Testy pilotażowe i laboratoryjne wykazały skuteczność usuwania mikroplastiku sięgającą 95%, w zależności od charakterystyki cząstek i warunków operacyjnych. Scenariusze modelowania dostosowane do greckich warunków miejskich sugerowały, że zastosowanie takich systemów mogłoby skutkować szacowaną redukcją ładunków mikroplastiku przedostających się do środowiska morskiego o około 87% w ciągu dwóch lat. Spektrum zatrzymanych cząstek obejmowało mikroplastiki pochodzące z włókien, chociaż wyniki nie zostały przypisane wyłącznie do źródeł tekstylnych (Gkanasos i in., 2021).

Zaangażowanie interesariuszy

Wdrożenie projektu CLAIM wymagało współpracy między instytucjami badawczymi, miejskimi zarządcami gospodarki wodnej oraz europejskimi partnerami projektu. Grecy interesariusze odegrali istotną rolę, dostarczając dane operacyjne i informacje dotyczące konkretnych lokalizacji, ułatwiając w ten sposób adaptację proponowanych rozwiązań do rzeczywistych warunków infrastrukturalnych. Wyniki projektu zostały rozpowszechnione poprzez publikacje naukowe i działania komunikacyjne skierowane do interesariuszy, co pozwoliło na osiągnięcie podwójnego celu: ułatwienia transferu wiedzy i zachęcenia do jej powielania w przyszłości.

Wyciągnięte wnioski

Studium przypadku CLAIM potwierdza tezę, że oczyszczalnie ścieków stanowią kluczowy punkt interwencji w ograniczaniu emisji mikroplastiku, w tym mikrowłókien tekstylnych. Studium przypadku wskazuje, że integracja udoskonaleń technologicznych przed punktami zrzutu ścieków do morza może znacząco poprawić efektywność retencji. Jednak długoterminowa skuteczność tych środków w dużej mierze zależy od wdrożenia systematycznych programów monitorowania, skrupulatnych harmonogramów konserwacji oraz płynnej integracji z kompleksowymi strategiami redukcji emisji mikroplastiku u źródła.

13.6.2. Sprzęt wędkarski i tekstylia techniczne jako morskie źródła mikroplastiku

Kontekst

Studium przypadku analizuje rybołówstwo przybrzeżne na małą skalę wzdłuż wybrzeża Grecji oraz zakres, w jakim syntetyczny sprzęt połowowy, taki jak sieci i liny wykonane z włókien poliamidowych (nylonu) i polietylenowych, jest wykorzystywany w tym rybołówstwie. Materiały te to „tekstylia techniczne” zaprojektowane z myślą o trwałości w trudnych warunkach morskich. Jest oczywiste, że sektor rybołówstwa komercyjnego stanowi szczególnie istotny temat w kontekście spraw krajowych, biorąc pod uwagę intensywność działalności połowowej i długotrwałą ekspozycję sprzętu połowowego na środowisko morskie (Adamopoulou i in., 2021; Kermenidou i in., 2023).

Zidentyfikowano problem

Sieci i liny rybackie to narzędzia codziennego użytku, które pozostają w morzu przez długi czas. Z biegiem czasu normalne użytkowanie prowadzi do degradacji materiału, co skutkuje uwalnianiem

drobnych cząsteczek do wody. W przypadku utraty lub porzucenia sprzętu połowowego proces ten postępuje w sposób niekontrolowany, zwiększając tym samym ogólną obecność plastiku w środowisku morskim. Konieczne są dalsze badania, aby wyjaśnić, w jakim stopniu polimery związane z rybołówstwem przyczyniają się do zanieczyszczenia mikroplastikiem (Adamopoulou i in., 2021; Kermenidou i in., 2023).

Wdrożona interwencja

Na poziomie krajowym brakuje dedykowanego programu skoncentrowanego na zapobieganiu zanieczyszczeniu mikroplastikiem pochodzącemu ze sprzętu rybackiego. Niemniej jednak szereg programów monitoringu i remediacji, popartych analizami naukowymi, pośrednio rozwiązało ten problem. Systematyczna i kompleksowa klasyfikacja odpadów plastikowych według morfologii i rodzaju polimeru została osiągnięta dzięki krajowym działaniom monitoringu plaż i środowiska morskiego, koordynowanym przez instytucje badawcze. Przedsięwzięcie to utorowało drogę do identyfikacji materiałów włóknistych, które wykazują niezwykle podobieństwo do tekstyliów związanych z rybołówstwem, ułatwiając tym samym skuteczne strategie zarządzania i remediacji w kontekście zanieczyszczenia morza. Działania te stanowią podstawę naukową do opracowania ukierunkowanych środków zapobiegawczych, takich jak usprawnione zarządzanie sprzętem połowowym i programy jego odzyskiwania (HCMR, 2022; Koutsikos i in., 2023).

Wyniki ilościowe (redukcja kg/rok, %, itp.)

Dane z monitoringu wskazują, że włókniste cząstki plastiku występują w niskich, ale stałych ilościach w środowiskach przybrzeżnych i morskich, głównie w frakcjach o większych rozmiarach. Analizy polimerów pozwoliły zidentyfikować materiały zgodne ze składem narzędzi połowowych. Chociaż nie są dostępne konkretne dane dotyczące rocznej redukcji, dowody wskazują na ciągły udział tekstyliów technicznych pochodzenia morskiego, a nie na krótkotrwałe lub epizodyczne wpływy (Adamopoulou i in., 2021; Digka i in., 2023).

Zaangażowanie interesariuszy

Udział interesariuszy obejmował organizacje badawcze, pozarządowe organizacje ochrony środowiska (NGO), lokalnych rybaków oraz sieci wolontariuszy zaangażowanych w monitorowanie i usuwanie odpadów morskich. Chociaż ustrukturyzowane, prowadzone przez przemysł programy łagodzenia skutków mają ograniczony zakres, interakcje te zwiększyły świadomość dotyczącą narzędzi połowowych jako źródła plastikowych odpadów i zanieczyszczeń mikroplastikiem oraz ułatwiły wymianę wiedzy fachowej między podmiotami naukowymi a lokalnymi (WWF, 2025).

Wyciągnięte wnioski

Niniejsze studium przypadku podkreśla, że tekstylia techniczne związane z rybołówstwem stanowią odrębną i niedostatecznie zbadaną ścieżkę powstawania mikroplastiku w Grecji. W przeciwieństwie do lądowych źródeł tekstylnych, materiały te uwalniają cząsteczki bezpośrednio do środowiska morskiego, omijając systemy oczyszczania ścieków. Zajęcie się tą ścieżką wymaga sektorowych rozwiązań łączących profilaktykę, monitorowanie i ukierunkowane szkolenia dla interesariuszy sektora rybołówstwa.

13.7. Główne wyzwania i bariery

13.7.1. Ograniczone przypisanie mikroplastiku źródłom związanym z tekstyliami

Wyzwania w łączeniu zaobserwowanych mikroplastików z tekstyliami

W kontekście Grecji, istnieje znaczne wyzwanie związane ze złożonością powiązania wykrytych mikroplastików z konkretnymi źródłami, zwłaszcza tymi związanymi z działalnością tekstylną. Większość badań krajowych koncentrowała się na dokumentowaniu obecności, rozmieszczenia przestrzennego i wpływu na środowisko mikroplastików w środowisku morskim i słodkowodnym. Kwestia pochodzenia mikroplastików była rzadziej badana. W związku z tym, udział tekstyliów jest zazwyczaj wnioskowany pośrednio, na podstawie parametrów takich jak kształt cząstek lub rodzaj polimeru. Z kolei jednoznaczne przypisanie źródła zazwyczaj nie jest stosowane.

Badania prowadzone na wodach otwartych i przybrzeżnych wielokrotnie wykazały obecność cząstek włóknistych; niemniej jednak cząstki te stanowią zazwyczaj mniejszą część próbki w porównaniu z fragmentami lub piankami, co ogranicza ich przydatność do ilościowego określania źródła (Adamopoulou i in., 2021). Podobnie, zakrojone na szeroką skalę programy monitoringu plaż koordynowane przez Greckie Centrum Badań Morskich (HCMR) wykazały, że włókna nie są dominującym rodzajem cząstek w osadach plażowych. Odkrycie to sugeruje, że ten obszar środowiskowy nie jest dobrze przystosowany do identyfikacji mikroplastiku pochodzącego z tekstyliów (HCMR, 2022).

13.7.2. Nacisk na środowiska morskie w porównaniu ze źródłami górnymi

Luki w monitorowaniu ścieków i szlaków rzecznych

Należy zauważyć, że kolejną istotną barierą jest duży nacisk kładziony na środowisko morskie i przybrzeżne w kontekście krajowych inicjatyw monitoringowych. Chociaż badania te dostarczają istotnych informacji na temat narażenia środowiska i wpływu na środowisko, są one mniej skuteczne w ilościowym określaniu emisji związanych z użytkowaniem tekstyliów, które z większym prawdopodobieństwem występują na dalszych etapach.

Badania przeprowadzone w kontekście analizy rzek i ścieków wykazały obecność cząstek mikroplastiku, czyli cząstek o średnicy mniejszej niż 5 mm, w tym elementów włóknistych, przed ich przedostaniem się do środowiska morskiego (Gkanasos i in., 2021; Koutsikos i in., 2023). Obserwacja ta podkreśla potencjał ekosystemów miejskich, takich jak rzeki i oczyszczalnie ścieków, jako kanałów dystrybucji tych cząstek do ekosystemu morskiego. W Grecji brakuje systematycznych danych monitorowanych dla tych obszarów. Rodzi to obawy dotyczące możliwości opracowania skutecznych strategii łagodzenia emisji związanych z przemysłem tekstylnym w miejscu ich pochodzenia lub w jego pobliżu.

13.7.3. Niewystarczające dowody ilościowe dotyczące skuteczności łagodzenia

Brak długoterminowych i lokalnych danych dotyczących redukcji

Pomimo testowania interwencji pilotażowych i rozwiązań technologicznych w warunkach kontrolowanych lub półoperacyjnych, nadal brakuje długoterminowych danych ilościowych opisujących ich skuteczność w warunkach rzeczywistych. Projekt CLAIM wykazał, że w określonych warunkach można osiągnąć wysoką skuteczność usuwania, a modelowanie sugeruje znaczną redukcję

ilości mikroplastiku przedostających się do środowiska morskiego (Gkanasos i in., 2021). Jednak wyniki te nie są jeszcze poparte spójnymi danymi na poziomie obiektów, wyrażonymi w rocznych wskaźnikach redukcji.

To ograniczenie jest szczególnie widoczne w kontekście morskich źródeł tekstylnych, takich jak sprzęt rybacki. Chociaż istnieje kilka badań monitorujących, które potwierdziły obecność cząstek włóknistych kompatybilnych z polimerami połówowymi, badania te nie dostarczyły żadnych ilościowych szacunków redukcji związanej z konkretnymi działaniami zarządczymi lub naprawczymi (Adamopoulou i in., 2021; Kermenidou i in., 2023).

13.7.4. Ograniczenia polityczne i regulacyjne

Brak podejść specyficznych dla tekstyliów

Z punktu widzenia polityki, obecne przepisy nie uwzględniają wprost kwestii mikroplastiku pochodzącego z tekstów. Krajowe ramy regulacyjne i strategiczne sektorów w Grecji odnoszą się do problemu odpadów w środowisku morskim głównie w szerokim ujęciu, bez szczegółowego podejścia, które rozróżniałoby różne rodzaje materiałów lub kategorie produktów. W związku z tym tekstylia rzadko są traktowane jako niezależne źródło wymagające dostosowanego monitoringu lub środków łagodzących.

Przeprowadzono analizy zorientowane na politykę, które wskazały, że takie uogólnione podejście prowadzi do osłabienia skuteczności strategii prewencyjnych i ograniczenia wdrażania rozwiązań specyficznych dla poszczególnych sektorów. Dotyczy to w szczególności tekstyliów technicznych wykorzystywanych w działalności morskiej (WWF, 2025).

13.7.5. Luki metodologiczne i związane z potencjałem

Potrzeba harmonizacji i ukierunkowanej wiedzy specjalistycznej

Synteza przeanalizowanych badań ostatecznie ujawnia różnice metodologiczne w zakresie pobierania próbek, analizy i raportowania. Te rozbieżności sprawiają, że porównywanie i synteza zbiorów danych jest zadaniem złożonym. W wielu przypadkach zaobserwowano, że ograniczenia dotyczące identyfikacji i charakterystyki włókien utrudniają interpretację wyników. Zjawisko to jest szczególnie istotne przy ocenie potencjalnego wkładu materiałów tekstylnych (Digka i in., 2023; Hernandez-Milian i in., 2023).

Te luki podkreślają konieczność harmonizacji metodologii i inicjatyw na rzecz budowania potencjału. Uważa się za konieczne podniesienie kompetencji technicznych badaczy, specjalistów ds. ścieków i interesariuszy zaangażowanych w działalność morską, aby zoptymalizować jakość monitoringu i trafność wyników dla kształtowania polityki (WWF, 2025).

13.8. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki

W Grecji skuteczne praktyki związane z ograniczaniem emisji mikroplastiku wiążą się przede wszystkim z rozwiązaniami technologicznymi opartymi na badaniach, ukierunkowanymi zastosowaniach pilotażowych oraz inicjatywami współpracy łączącymi instytucje naukowe z władzami publicznymi i społeczeństwem obywatelskim. Chociaż wdrożenie przemysłowe na dużą skalę pozostaje ograniczone,

kilka przykładów pokazuje praktyczny postęp i dostarcza praktycznych spostrzeżeń, szczególnie w odniesieniu do gospodarki ściekowej, metodologii monitorowania i współpracy międzysektorowej.

13.8.1. Innowacyjne technologie

Zaawansowane technologie przechwytywania mikroplastiku w ściekach

Jednym z najbardziej znaczących przykładów sukcesu technologicznego w kontekście greckim jest rozwój i testowanie zaawansowanych systemów przechwytywania mikroplastiku w środowisku rzeczonym i ściekowym. W ramach projektu CLAIM opracowano innowacyjne technologie wychwytywania mikroplastiku, szczególnie w newralgicznych punktach wejścia, takich jak ujścia rzek i dopływy do oczyszczalni ścieków. Celem tego procesu wychwytywania jest zapobieganie uwalnianiu mikroplastiku do ekosystemów morskich.

Jak wykazali Gkanasos i in. (2021), systemy te wykazały wysoką skuteczność usuwania w warunkach pilotażowych. Potwierdza to fakt, że ukierunkowane ulepszenia technologiczne mają potencjał znacznej poprawy wydajności istniejącej infrastruktury ściekowej w zakresie retencji mikroplastiku. Technologie zaprojektowane do wychwytywania mikroplastiku są skuteczne, nawet jeśli pierwotnie nie zostały opracowane w tym celu.

Powyższy przykład ilustruje, w jaki sposób innowacje oparte na badaniach można przełożyć na praktyczne rozwiązania, które są kompatybilne z istniejącą infrastrukturą i można je dostosować do różnych kontekstów operacyjnych.

13.8.2. Inicjatywy przemysłowe lub miejskie

Zaangażowanie samorządów w monitorowanie i ograniczanie szlaków mikroplastiku

Na poziomie gminnym najlepsze praktyki znajdują odzwierciedlenie przede wszystkim w rosnącym zaangażowaniu władz lokalnych w monitorowanie i ocenę zanieczyszczenia mikroplastikiem. Współpraca między gminami, operatorami kanalizacji i instytucjami badawczymi ułatwiła gromadzenie danych dotyczących konkretnych lokalizacji oraz testowanie koncepcji łagodzenia skutków w rzeczywistych warunkach operacyjnych.

Inicjatywy tego rodzaju, często realizowane we współpracy ze współpracownikami naukowymi, przyczyniły się do lepszego zrozumienia przepływów mikroplastiku w zlewniach miejskich i systemach ściekowych, szczególnie na obszarach gęsto zaludnionych, gdzie ścieki trafiają do wrażliwych środowisk morskich, takich jak Zatoka Saronńska (HCMR, 2022; Tsangaris i in., 2004). Pomimo braku tych środków w formalnych, miejskich programach łagodzenia skutków, stanowią one znaczący postęp w kierunku uwzględnienia zagadnień związanych z mikroplastikiem w lokalnych praktykach gospodarki wodnej.

13.8.3. Certyfikacje lub programy dobrowolne

Dobrowolne zaangażowanie i praktyki zwiększające świadomość

W przeciwieństwie do praktyk w innych krajach europejskich, w Grecji brakuje obecnie certyfikowanych programów lub dobrowolnych norm, które konkretnie dotyczyłyby emisji mikroplastiku z tekstyliów. Niemniej jednak, zaobserwowano wzrost dobrowolnego zaangażowania w postaci inicjatyw opartych na świadomości, a także uczestnictwa w programach monitoringu prowadzonych przez instytucje badawcze i organizacje ekologiczne.

Pomimo nieformalnego charakteru, działania te umożliwiły gromadzenie danych, podniosły świadomość społeczną i zachęciły interesariuszy do zaangażowania, zwłaszcza w kontekście regionów przybrzeżnych i morskich. Jak wskazują oceny ukierunkowane na politykę, działania dobrowolne odgrywają rolę skutecznych prekursorów bardziej ustrukturyzowanych ram, zwłaszcza w obliczu wyraźnego braku wiążących wymogów regulacyjnych dotyczących mikroplastiku pochodzącego z tekstyliów (WWF, 2025).

13.8.4. Udane partnerstwa lub projekty

Partnerstwa oparte na badaniach łączące naukę i politykę

W Grecji rozwój współpracy między instytucjami badawczymi a władzami publicznymi był napędzany przede wszystkim przez inicjatywy z zakresu badań stosowanych. Wspólne przedsięwzięcia obejmujące ośrodki badawcze, uniwersytety, instytucje publiczne i organizacje pozarządowe ułatwiły systematyczne gromadzenie danych dotyczących zanieczyszczenia mikroplastikiem. Oczywiście jest, że z biegiem czasu działania te doprowadziły do udoskonalenia metodologii analitycznych i wzmocnienia wiarygodności dostępnych zbiorów danych. Wyniki badań zostały również rozpowszechnione poza publikacją naukową, przyczyniając się do ich wykorzystania w zarządzaniu środowiskiem.

Badania przeprowadzone przez Greckie Centrum Badań Morskich odegrały kluczową rolę w tym procesie. Coraz liczniejsze badania dostarczają spójnych dowodów na występowanie, dystrybucję i wpływ mikroplastiku na różne elementy środowiska (Adamopoulou i in., 2021; Digka i in., 2023; Hernandez-Milian i in., 2023). Pomimo obecnych ograniczeń w zakresie zastosowań przemysłowych na dużą skalę, doświadczenie to podkreśla skuteczność trwałej współpracy między instytucjami naukowymi i publicznymi w kształtowaniu polityki.

13.9. Polityki krajowe i ramy regulacyjne

Greckie ramy regulacyjne dotyczące tworzyw sztucznych i mikroplastiku są w dużej mierze oparte na transpozycji przepisów UE, w szczególności dyrektywy ramowej w sprawie strategii morskiej (MSFD), dyrektyw dotyczących odpadów i gospodarki o obiegu zamkniętym oraz dyrektywy w sprawie produktów jednorazowego użytku z tworzyw sztucznych (SUP). Chociaż nie ma jeszcze odrębnych przepisów dotyczących mikrowłókien, mikroplastik jest coraz częściej uwzględniany w polityce krajowej poprzez monitorowanie odpadów morskich, reformy gospodarki odpadami i strategię gospodarki o obiegu zamkniętym. Opis 10. dyrektywy MSFD („właściwości i ilość odpadów morskich nie powodują szkód dla środowiska przybrzeżnego i morskiego”) stanowi nadrzędne ramy oceny ilości odpadów, w tym mikroplastiku, w greckich wodach morskich (Galgani i in., 2013; EC, 2017; iSea, 2026).

13.9.1. Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku

Podstawowym prawem krajowym regulującym kwestie tworzyw sztucznych i odpadów w Grecji jest ustawa 4819/2021 o gospodarce odpadami i gospodarce o obiegu zamkniętym, która transponuje kluczowe dyrektywy UE dotyczące odpadów i wprowadza rozszerzoną odpowiedzialność producenta (ROP), cele dotyczące selektywnej zbiórki oraz cele dotyczące redukcji składowania odpadów na wysypiskach. Ustawa wzmacnia między innymi obowiązki w zakresie ROP w odniesieniu do opakowań, przygotowuje grunt pod wprowadzenie ROP w tekstyliach i zachęca do selektywnej zbiórki odpadów tekstylnych do 2025-2026 roku, zgodnie z wymogami UE (Republika Grecka, 2020; 2021).

Drugim filarem jest ustawa 4736/2020, która transponuje unijną dyrektywę w sprawie tworzyw sztucznych jednorazowego użytku (UE 2019/904) i wprowadza zakazy lub ograniczenia dotyczące szeregu artykułów jednorazowego użytku z tworzyw sztucznych, w tym sztućców, talerzy, słomek, mieszadełek i pojemników na żywność z polistyrenu spienionego. Ustawa weszła w życie w lipcu 2021 r. i łączy zakazy dotyczące produktów z instrumentami ekonomicznymi, kampaniami informacyjnymi i zielonymi środkami zamówień publicznych (KE, 2020; Republika Grecka, 2020; NKUA, 2026). Chociaż jej głównym celem jest makroplastik, spodziewana redukcja ilości odpadów i opakowań może również pośrednio zmniejszyć generowanie mikroplastiku poprzez jego fragmentację.

Równocześnie, przepisy i strategie sektorowe (np. krajowe plany zapobiegania powstawaniu odpadów i polityki dotyczące środowiska morskiego) traktują odpady morskie i zanieczyszczenie plastikiem jako kwestie priorytetowe. Jednak mikrowłókna pochodzące z tekstyliów nadal nie są wyraźnie ujęte jako odrębna kategoria, a na poziomie krajowym nie ma wiążących wymogów dotyczących filtrów z mikrowłókien w pralkach i obiektach przemysłowych (Republika Grecka, 2021).

13.9.2. Zgodność z przepisami UE

Grecja wdraża Ramową Dyrektywę w sprawie Strategii Morskiej (2008/56/WE) za pośrednictwem krajowych strategii morskich i programów monitorowania koordynowanych przez Ministerstwo Środowiska i Energii oraz instytuty badawcze, takie jak HCMR. Wskaźnik 10 dotyczący odpadów morskich doprowadził do ustanowienia programów monitorowania odpadów na plażach, odpadów na dnie morskim oraz mikroplastiku w wodzie i biocie, z wykorzystaniem wskaźników i metodologii zgodnych z wytycznymi UE i konwencjami regionalnymi (Galgani i in., 2013; KE, 2017). Niedawne syntezy odpadów morskich i mikroplastiku w Archipelagu Egejskim, prowadzone przez greckich naukowców, dostarczają zintegrowanej bazy dowodowej wspierającej te zobowiązania wynikające z Dyrektywy w sprawie Strategii Morskiej i wskazują na luki w wiedzy istotne dla polityki, w tym potrzebę bardziej systematycznego monitorowania mikrowłókien i zanieczyszczeń rzecznych (Zeri i in., 2022; Anagnostou i in., 2024).

W ramach unijnych przepisów dotyczących odpadów i gospodarki o obiegu zamkniętym, Grecja opracowała również strategie krajowe zgodne z celami w zakresie selektywnej zbiórki, redukcji składowania na wysypiskach i rozszerzonej odpowiedzialności producenta (ROP), w tym przepisy, które będą miały bezpośrednie zastosowanie do strumieni odpadów tekstylnych. Ustawa 4819/2021 przewiduje systemy selektywnej zbiórki tekstyliów oraz opłaty dla producentów z uwzględnieniem modulacji ekologicznej, które w przyszłości mogłyby uwzględniać kryteria dotyczące mikroplastiku (np. ekoprojekt dla tekstyliów o niskim współczynniku odkładania się) (Republika Grecka, 2021).

13.9.3. Plany strategiczne, zachęty i programy

Grecja przyjęła Narodowy Program Zapobiegania Powstawaniu Odpadów oraz szerszy program gospodarki o obiegu zamkniętym, które kładą nacisk na zapobieganie powstawaniu odpadów, ponowne wykorzystanie i recykling materiałów, w tym tworzyw sztucznych. Strategie te promują selektywną zbiórkę, zielone zamówienia publiczne i ekoinnowacje, z możliwością zintegrowania wymogów i zachęt dotyczących tekstyliów o niskim wskaźniku zanieczyszczenia, filtrów z mikrofibry oraz lepszego projektowania produktów syntetycznych (Republika Grecka, 2012; 2021).

Kilka projektów krajowych i finansowanych ze środków UE pełni de facto funkcję pilotażowych projektów politycznych. Projekty takie jak CLAIM i inicjatywy krajowe, takie jak EVMAR (Ocena odpadów morskich w Grecji), wygenerowały dane i zalecenia dotyczące dróg przemieszczania się odpadów morskich, monitorowania mikroplastiku i technologii ograniczających jego emisję, wspierając wdrażanie opisu 10 dyrektywy ramowej w sprawie strategii morskiej (MSFD) oraz określając priorytety krajowe (Rigatou i in., 2025; iSea, 2026). Projekty edukacyjne i obywatelskie (np. „Szkoły przeciwko plastikom”) były wykorzystywane przez decydentów i organizacje pozarządowe jako przykłady dobrych praktyk w zakresie uwzględniania mikroplastiku w edukacji ekologicznej i lokalnych planach działania (HCMR, 2023; Beyond Plastics Med, 2026; Patsiou i in., 2026).

13.9.4. Krajowe działania normalizacyjne

Formalne działania normalizacyjne w Grecji, dotyczące konkretnie mikroplastiku i mikrowłókien, pozostają ograniczone. Laboratoria krajowe zazwyczaj stosują się do protokołów międzynarodowych lub europejskich (np. wytycznych monitorowania MSFD, protokołów Plastic Busters MPA, zharmonizowanych metod interkalibracji), a nie do norm obowiązujących w Grecji. Prace harmonizacyjne prowadzone przez greckich naukowców w ramach międzylaboratoryjnych badań porównawczych i ewaluacji metod, takich jak badania protokołów ekstrakcji i bioindykatorów, bezpośrednio przyczyniły się jednak do rozwoju najlepszych praktyk przyjętych w MSFD i regionalnych konwencjach morskich (Tsangaris i in., 2004; Scacco i in., 2022; Zeri i in., 2022).

W przyszłości Grecka Organizacja Normalizacyjna (ELOT), instytuty badawcze i przemysł mają możliwość opracowania lub przyjęcia krajowych specyfikacji technicznych dotyczących pobierania próbek mikroplastiku, metod analitycznych i kryteriów wydajności dla tekstyliów o niskim wydzielaniu zanieczyszczeń lub technologii filtracyjnych. Wspomogłoby to spójny monitoring, ułatwiło kontrolę zgodności i stworzyło jaśniejsze sygnały dla podmiotów rynkowych w sektorze tekstylnym i wodno-ściekowym.

13.10. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

13.10.1. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

Gwałtowny rozwój greckich badań nad mikroplastikiem i mikrowłóknami nie przełożył się jeszcze w pełni na systematyczne szkolenia kluczowych grup zawodowych. Widoczne są pewne luki w szkolnictwie wyższym, zawodowym i doskonaleniu zawodowym:

- Inżynierowie zajmujący się tekstyliami i modą potrzebują głębszego zrozumienia mechanizmów uwalniania mikrowłókien, eko-projektowania tkanin o niskim uwalnianiu, oceny cyklu życia (LCA) i systemów włókien nadających się do recyklingu.
- Specjaliści z branży ścieków i wodociągów potrzebują szkoleń w zakresie monitorowania mikroplastiku, technologii filtracji, zarządzania osadem i uwzględniania kwestii mikrowłókien w działaniu i projektowaniu oczyszczalni.
- Nauczyciele i wychowawcy potrzebują dostępnych, dostosowanych do wieku zasobów, aby włączyć mikroplastik i mikrowłókna do programów nauczania przedmiotów ścisłych, geografii i ochrony środowiska.

- Decydenci i pracownicy samorządowi potrzebują szkoleń w zakresie interpretacji danych dotyczących mikroplastiku, oceny możliwości łagodzenia skutków oraz projektowania lokalnych planów działań obejmujących środki związane z tekstyliami.

Niedawne projekty edukacyjne i obywatelskie wskazują zarówno na potrzebę, jak i potencjał takiego szkolenia. Inicjatywa „Szkoły przeciwko plastikom” zaangażowała greckich uczniów szkół podstawowych w monitoring makro- i mikroplastiku na plażach, łącząc proste protokoły pobierania próbek z gromadzeniem i interpretacją danych; wyniki wskazują na poprawę świadomości ekologicznej uczniów i ich zrozumienia problemu zanieczyszczenia plastikiem (HCMR, 2023; Patsiou i in., 2026). Podobne greckie prace nad opowiadaniem historii w formie cyfrowej i edukacją ekologiczną również wykazały, że innowacyjne podejścia pedagogiczne mogą skutecznie budować zrozumienie i postawy uczniów dotyczące odpadów plastikowych (Andriopoulou i in., 2022).

Jednocześnie nowatorskie badania nad mikroplastikiem w kluczowych greckich ekosystemach, takich jak łąki trawy morskiej działające jako pochłaniacze i wektory (Rigatou i in., 2025), lub całościowe analizy odpadów morskich i mikroplastiku na archipelagu egejskim (Zeri i in., 2022), podkreślają potrzebę szkolenia naukowców, inżynierów i menedżerów ds. środowiska w zakresie zaawansowanych metod (np. modelowania, ekotoksykologii, stosowania bioindykatorów) oraz przekładania wyników badań na środki zarządzenia.

13.10.2. Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych

Bazując na zidentyfikowanych lukach i istniejących najlepszych praktykach, można przedstawić kilka konkretnych propozycji szkoleniowych dla Grecji:

1. Szkolnictwo wyższe (uniwersytety)
 - Zintegrowanie specjalnych modułów poświęconych mikroplastikowi i mikrowłókniom z programami nauczania w zakresie: nauk o środowisku, nauk o morzu, inżynierii chemicznej i inżynierii tekstylnej.
 - Wykorzystanie greckich studiów przypadków, np. dotyczących spożywania mikroplastiku przez małże i ryby, łąk trawy morskiej jako pochłaniaczy, monitorowania mniszek śródziemnomorskich, jako materiałów dydaktycznych służących umieszczeniu globalnych koncepcji w kontekście krajowej rzeczywistości (Scacco i in., 2022, Zeri i in., 2022; Rigatou i in., 2025).
 - Promowanie interdyscyplinarnych projektów dyplomowych łączących projektowanie tekstyliów, oczyszczanie ścieków i monitorowanie środowiska.
2. Szkolenia zawodowe i profesjonalne (VET, CPD)
 - Opracowanie krótkich kursów dla operatorów oczyszczalni ścieków, pracowników miejskich i techników branżowych na temat pobierania próbek mikroplastiku, podstawowej analityki, interpretacji wyników i technologii ograniczających (np. filtracji, modernizacji). Wyniki programu CLAIM i greckich pilotażowych projektów oczyszczalni ścieków oferują gotowe przykłady materiałów szkoleniowych (Rigatou i in., 2025; iSea, 2026).

- Wprowadzenie modułów dotyczących projektowania tekstyliów o niskim wskaźniku wydzielania substancji szkodliwych, modeli biznesowych w gospodarce o obiegu zamkniętym oraz obowiązków EPR dla profesjonalistów z sektora tekstylnego/modowego, łączących przyszłe przepisy UE dotyczące tekstyliów z polityką krajową w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym (Republika Grecka, 2021 r.).
3. Edukacja szkolna i kształcenie nauczycieli
- Rozwinięcie programów takich jak „Szkoły przeciwko plastikom” do postaci krajowej inicjatywy edukacyjnej na temat mikroplastiku, zapewniającej ujednolicony zestaw narzędzi do pobierania próbek, prostej analizy i udostępniania danych, przy wsparciu HCMR i Ministerstwa Edukacji (HCMR, 2023; Patsiou i in., 2026).
 - Włączenie zagadnień mikroplastiku i mikrowłókien do istniejących ram edukacji ekologicznej, obejmujących takie tematy, jak zrównoważona konsumpcja, bioróżnorodność morska i gospodarka o obiegu zamkniętym.
4. Rybołówstwo i interesariusze strefy przybrzeżnej
- Zapewnienie ukierunkowanych szkoleń dla rybaków i operatorów akwakultury na temat odpadów morskich i mikroplastiku z narzędzi połowowych, w tym najlepszych praktyk w zakresie konserwacji narzędzi, programów odzyskiwania i udziału w monitoringu nauk obywatelskich. Najnowsze, wielodekadowe zbiory danych dotyczące połknięcia odpadów morskich przez żółwie morskie i ryby, z udziałem greckich współautorów, dostarczają cennych materiałów do podnoszenia świadomości i szkoleń zawodowych (Zeri i in., 2022; Kouvara i in., 2024).

Propozycje te mogą bezpośrednio wpłynąć na programy nauczania, podcasty i materiały dydaktyczne pakietu roboczego WP2 w ramach projektu MicroWeave-TEX, gwarantując, że wyniki kształcenia będą oparte na aktualnych dowodach greckich i będą odpowiadać konkretnym potrzebom szkoleniowym interesariuszy krajowych.

13.11. Wnioski

Grecja rozwinęła imponujący i dynamicznie rozwijający się zbiór badań nad mikroplastikiem i mikrowłóknami, a greccy naukowcy wnoszą wkład zarówno w krajowe studia przypadków, jak i globalne syntezy. Badania obejmują obecnie otwarte wody morskie, strefy przybrzeżne, łąki trawy morskiej, plaże, rzeki, systemy ściekowe oraz szeroką gamę organizmów, w tym ryby hodowlane, małże, jeżowce, żółwie morskie i zagrożone wyginięciem foki mniszki. Najnowsze prace dotyczące łąk trawy morskiej jako pochłaniaczy mikroplastiku, zintegrowane oceny archipelagu egejskiego oraz inicjatywy obywatelskie, takie jak „Szkoły przeciwko plastikom”, ilustrują dojrzałość i różnorodność krajowego krajobrazu badawczego.

Pomimo tych postępów, nadal istnieją znaczne luki w powiązaniu obserwowanych mikroplastików bezpośrednio ze źródłami związanymi z tekstyliami, szczególnie w przypadku mikrowłókien. Większość greckich badań identyfikuje włókna jako ważną kategorię morfologiczną i wnioskuje o udziale tekstyliów w zależności od rodzajów polimerów, ale solidny podział źródeł (np. rozróżnienie między praniem domowym, procesami przemysłowymi i sprzętem połowowym) jest nadal ograniczony. Obszary takie jak: oczyszczalnie ścieków, zrzuty przemysłowe i pranie w gospodarstwach domowych,

pozostają stosunkowo słabo monitorowane w porównaniu ze środowiskami morskimi, co ogranicza projektowanie strategii łagodzenia skutków ukierunkowanych na źródła.

W zakresie polityki Grecja dostosowała się do dyrektyw UE dotyczących odpadów morskich, gospodarki odpadami i tworzyw sztucznych jednorazowego użytku, a także stopniowo włącza zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, selektywnej zbiórki tekstyliów i rozszerzonej odpowiedzialności producenta do prawa krajowego. Mikrowłókna nie są jednak jeszcze wyraźnie regulowane i nie ma wiążących wymogów dotyczących filtrów z mikrowłókien ani projektowania tekstyliów o niskim wskaźniku wydzielania zanieczyszczeń. Istniejące inicjatywy, takie jak pilotaże CLAIM, projekty Interreg i programy edukacyjne, wykazują wykonalność techniczną i społeczną, ale nie zostały jeszcze wdrożone w głównym nurcie polityki ani praktyki.

Z operacyjnego punktu widzenia wyróżnia się trzy główne kierunki działań:

1. Wzmocnienie monitorowania i łagodzenia skutków ukierunkowanych na źródło
 - Rozszerzenie systematycznego monitorowania mikrowłókien w ściekach, ściekach przemysłowych i rzekach, poprzez integrację zharmonizowanych metod i protokołów międzylaboratoryjnych.
 - Przeprowadzenie pilotażu i zwiększenie skali technologii przechwytywania mikroplastiku w oczyszczalniach ścieków i ujściach rzek, opierając się na doświadczeniach CLAIM i koncentrując się na zlewniach o dużej gęstości występowania tekstyliów.
2. Zintegrowanie zagadnienia mikrowłókien z polityką i standaryzacją
 - Uwzględnienie kwestii mikrowłókien w krajowej realizacji polityk UE w zakresie tekstyliów, odpadów i gospodarki o obiegu zamkniętym, w tym systemów rozszerzonej odpowiedzialności producenta i kryteriów ekoprojektowania.
 - Opracowywanie wytycznych technicznych lub norm dotyczących tekstyliów o niskim pyleniu, filtracji w pralkach oraz pobierania próbek i analizy mikroplastiku we współpracy z ELOT, przemysłem i laboratoriami badawczymi.
3. Inwestycje w edukację, szkolenia i zaangażowanie interesariuszy
 - Wykorzystanie krajowych badań i studiów przypadków do zaprojektowania ustrukturyzowanych szkoleń dla inżynierów tekstyliów, specjalistów ds. ścieków, nauczycieli i interesariuszy obszarów przybrzeżnych.
 - Rozwijanie inicjatywy obywatelskiej nauki i szkoły, które okazały się skuteczne w budowaniu świadomości ekologicznej i generowaniu przydatnych danych dla badaczy i decydentów.

Dla szkolnictwa wyższego, przemysłu i kadry zarządzającej sektora publicznego kluczowym przesłaniem jest to, że Grecja dysponuje już znacznym potencjałem naukowym i technicznym niezbędnym do rozwiązania problemu mikroplastiku związanego z tekstyliami. Wyzwaniem jest obecnie skonsolidowanie tej wiedzy w spójne polityki, standardy operacyjne i programy szkoleniowe, które zmniejszą emisję mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów – od projektu i produkcji, przez użytkowanie, po koniec cyklu życia – jednocześnie wspierając sprawiedliwą i innowacyjną transformację krajowego sektora tekstylnego.

13.12. Bibliografia

Adamopoulou, A., Zeri, C., Garaventa, F., Gambardella, C., Ioakeimidis, C., & Pitta, E. (2021). Distribution patterns of floating microplastics in open and coastal waters of the Eastern Mediterranean Sea (Ionian, Aegean, and Levantine Seas). *Frontiers in Marine Science*, 8, 699000. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699000>

Anagnostou, C., Kostianoy, A., Mariolakis, I., Panayotidis, P., Soilemezidou, M., & Tsaltas, G. (2024). Aegean Archipelagos: A significant place of human presence and civilization in the broader area – Human–nature interaction. In *The Aegean Sea Environment* (pp. 3–14). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/698_2024_1164

Archipelagos Institute of Marine Conservation. (2023). Marine mammal microplastic monitoring programme (Mediterranean monk seal), in collaboration with HCMR and international partners. (Documented via Hernandez-Milian et al., 2023.)

Aristotle University of Thessaloniki (AUTH) – Environmental Engineering Laboratory. (2023). Research infrastructure and expertise in microplastic environmental monitoring, as documented through projects in the Thermaic Gulf. (Referenced through peer-reviewed outputs.)

Beyond Plastic Med. (n.d.). *Schools Against Plastics*. Retrieved January 8, 2026, from <https://www.beyondplasticmed.org/en/projects/assemble-allies-mobilize/schools-against-plastics/>

Bray, L., Digka, N., Tsangaris, C., Camedda, A., Gambaiani, D., de Lucia, G. A., ... Kaberi, H. (2019). *Determining suitable fish to monitor plastic ingestion trends in the Mediterranean Sea*. *Environmental Pollution*, 247, 1071–1077. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.100>

Cadiou, J.-F., Gerigny, O., Koren, Š., Zeri, C., Kaberi, H., Alomar, C., Panti, C., Fossi, M. C., Adamopoulou, A., Digka, N., Deudero, S., Concato, M., Carbonnel, A., Baini, M., Galli, M., & Galgani, F. (2020). *Lessons learned from an intercalibration exercise on the quantification and characterisation of microplastic particles in sediment and water samples*. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111097. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111097>

Digka, N., Patsiou, D., Kaberi, H., Krasakopoulou, E., & Tsangaris, C. (2023). Microplastic ingestion and its effects on sea urchin *Paracentrotus lividus*: A field study in a coastal East Mediterranean environment. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115613. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115613>

ELSTAT – Hellenic Statistical Authority. (2023). *Industrial production statistics of Greece*. <https://www.statistics.gr>

Erasmus+ Programme. (2020-2023). Sea4All: Educational tools and training for marine pollution awareness. European Union.

European Commission. (n.d.) (2017). *EU Marine Strategy Framework Directive*. European Union. Retrieved January 2, 2026, from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/oceans-and-seas/eu-marine-strategy-framework-directive_en research-and-innovation.ec.europa.eu

European Commission. (2020). Directive (EU) 2019/904 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment (Single-Use Plastics Directive). Official Journal of the European Union.

European Commission. (2017-2022). CLAIM – Cleaning Litter by developing and Applying Innovative Methods in European Seas. Horizon 2020 Project. Grant No. 774586.

Eurostat. (2023). *Manufacturing industry statistics – Textiles and wearing apparel (NACE C13-C14)*. <https://ec.europa.eu/eurostat/>

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., & De Vrees, L. (2013). Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70(6), 1055–1064. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst122>

Galgani, F., Tsapakis, M., Pitta, P., Tsiola, A., Tzempelikou, E., Kalantzi, I., ... Loiselle, S. A. (2019). Microplastics increase the marine production of particulate forms of organic matter. *Environmental Research Letters*, 14, 124085. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab59ca>

Gkanasos, A., Tsiaras, K., Triantaphyllidis, G., Panagopoulos, A., Pantazakos, G., Owens, T., Karametsis, C., Pollani, A., Nikoli, E., Katsafados, N., & Triantafyllou, G. (2021). *Stopping macroplastic and microplastic pollution at source by installing novel technologies in river estuaries and wastewater treatment plants: The CLAIM project*. *Frontiers in Marine Science*, 8, 738876. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.738876>

Hellenic Centre for Marine Research (HCMR). (2022). Microplastics on the beaches of Greece: Results report. Aegean Rebreath.

Hellenic Centre for Marine Research (HCMR), Institute of Marine Biological Resources and Inland Waters (IMBRIW). (2022). Institute report 2018-2021. https://imbriw.hcmr.gr/wp-content/uploads/2024/10/imbriw_evaluation_report_final_17-21.pdf

Hellenic Centre for Marine Research (HCMR) & BeMed. (2023). *Schools against plastics* [Poster]. EuroOCEAN 2023.

Hellenic Republic. (2012). Law 4042/2012: Protection of the environment through criminal law-Framework for waste management and harmonization with Directive 2008/98/EC. Government Gazette A' 24/13-02-2012.

Hellenic Republic. (2020). Law 4736/2020. (2020). *Reduction of the impact of certain plastic products on the environment – Transposition of Directive (EU) 2019/904*. Government Gazette of Greece.

Hellenic Republic. (2021). Law 4819/2021. (2021). *Integrated waste management – Transposition of Circular Economy Package*. Government Gazette of Greece.

Hernandez-Milian, G., Tsangaris, C., Anestis, A., Fossi, M. C., Baini, M., Caliani, I., Panti, C., Bundone, L., & Panou, A. (2023). Monk seal faeces as a non-invasive technique to monitor the incidence of ingested microplastics and potential presence of plastic additives. *Marine Pollution Bulletin*, 193, 115227. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115227>

iSea – Institute for Sustainability (n.d.). *Evaluating Marine Litter in Greece (EVMAR Project)*. Retrieved January 7, 2026, from <https://isea.com.gr/evaluating-marine-litter-in-greece-evmar-project-eng/?lang=en>

Interreg MED Programme. (2018-2022). Plastic Busters MPAs: Monitoring, preventing and mitigating marine litter in Mediterranean Marine Protected Areas. Interreg MED reference documentation.

Kalogerakis, N., Karkanorachaki, K., Kalogerakis, G. C., Triantafyllidi, E. I., Gotsis, A. D., Partsinevelos, P., & Fava, F. (2017). Microplastics generation: Onset of fragmentation of polyethylene films in marine environment mesocosms. *Frontiers in Marine Science*, 4, 84. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00084>

Kermenidou, M., Frydas, I. S., Moschoula, E., Kousis, D., Christofilos, D., Karakitsios, S., & Sarigiannis, D. (2023). *Quantification and characterization of microplastics in the Thermaic Gulf, in the North Aegean Sea*. *Science of the Total Environment*, 892, 164299. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164299>

Koutsikos, N., Koi, A. M., Zeri, C., Tsangaris, C., Dimitriou, E., & Kalantzi, O.-I. (2023). Exploring microplastic pollution in a Mediterranean river: The role of introduced species as bioindicators. *Heliyon*, 9(4), e15069. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15069>

Kouvara, K., Kosmopoulou, A., Fakiris, E., Christodoulou, D., Filippides, A., Katsanevakis, S., Ioakeimidis, C., Geraga, M., Xirotagarou, P., Galgani, F., & Papatheodorou, G. (2024). Assessing marine litter in a highly polluted area in the Mediterranean: A multi-perspective approach in the Saronikos Gulf, Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 203, 116497. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116497>

New Naval Ltd. (2024). *EU Horizon 2020 CLAIM program: River trash & marine litter collection system*. Retrieved January 7, 2026, from <https://www.oilspillresponse.gr/project/eu-horizon-2020-claim-program-river-trash-marine-litter-collection-system/>

National and Kapodistrian University of Athens (NKUA), Faculty of Law. (n.d.). *Athens Public International Law Group*. Retrieved January 8, 2026, from <https://www.athenspil.law.uoa.gr/>

Patsiou, D., Digka, N., Galli, M., Bains, M., & Tsangaris, C. (2024). *Assessment of the impact of microplastic ingestion in striped red mullets from an Eastern Mediterranean coastal area (Zakynthos Island)*. *Marine Environmental Research*, 106438. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106438>

Patsiou, D., Adamopoulou, A., Digka, N., Kaberi, H., Zeri, C., & Tsangaris, C. (2026). Schools against plastics: Schooling environmentally conscious students and supporting research on marine litter and microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, 225, 119224. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2026.119224>

Rigatou, D., Gerakaris, V., Digka, N., Adamopoulou, A., Patsiou, D., Hatzonikolakis, Y., Tsiaras, K., Tsangaris, C., Zeri, C., Kaberi, H., & Raitos, D. E. (2025). *The role of seagrass meadows (Posidonia oceanica) as microplastics sink and vector to benthic food webs*. *Marine Pollution Bulletin*, 211, 117420. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117420>

Scacco, U., Mancini, E., Tiralongo, F., & Marcucci, F. (2022). Microplastics in the deep: Comparing dietary and plastic ingestion data between two Mediterranean bathyal opportunistic feeder species, *Galeus melastomus* (Rafinesque, 1810) and *Coelorinchus caelorhincus* (Risso, 1810), through stomach content analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5), 624. <https://doi.org/10.3390/jmse10050624>

SEPEE – Hellenic Fashion Industry Association. (2023). *Annual report of the Greek textile and clothing sector 2023*.

Tsangaris, C., Strogyloudi, E., & Papathanassiou, E. (2004). *Measurements of biochemical markers of pollution in mussels Mytilus galloprovincialis from coastal areas of the Saronikos Gulf (Greece)*. *Mediterranean Marine Science*, 5(1), 175–186. <https://doi.org/10.12681/mms.223>

Tsiaras, K., Costa, E., Morgana, S., Gambardella, C., Piazza, V., Faimali, M., Minetti, R., Zeri, C., Thyssen, M., Ben Ismail, S., Hatzonikolakis, Y., Kalaroni, S., & Garaventa, F. (2022). *Microplastics in the Mediterranean: Variability from observations and model analysis*. *Frontiers in Marine Science*, 9, 784937. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.784937>

University of the Aegean - Department of Environment & Department of Marine Sciences. (Various years). Internal research reports and laboratory protocols for microplastic extraction, microscopy and FT-IR analysis. (Unpublished institutional materials referenced through affiliated publications.)

WWF. (2025). *Plastics, health, and one planet: An evidence-based call for global rules*. WWF Germany.

Zeri, C., Adamopoulou, A., Koi, A., Koutsikos, N., Lytras, E., & Dimitriou, E. (2021). Rivers and wastewater-treatment plants as microplastic pathways to Eastern Mediterranean waters: First records for the Aegean Sea, Greece. *Sustainability*, 13(10), 5328. <https://doi.org/10.3390/su13105328>

Zeri, C., Tsangaris, C., & Kaberi, H. (2022). *Marine litter, plastics and microplastics in the Aegean Archipelago: Current knowledge and priorities for the future*. In *The Aegean Sea Environment: Anthropogenic Presence and Impact* (pp. 1-34). Springer. https://doi.org/10.1007/698_2022_906

Załącznik II: Sprawozdanie krajowe – Litwa

13.13. Wstęp

Zanieczyszczenie mikroplastikiem i syntetycznymi mikrowłóknami stało się poważnym zagrożeniem dla środowiska i zdrowia ludzi. Często powoduje choroby i śmierć ludzi i zwierząt wodnych. Aby zwalczać zanieczyszczenie mikroplastikiem, musimy zidentyfikować i określić główne źródła mikroplastiku oraz drogi jego przedostawania się do środowiska naturalnego. Urbanizacja i industrializacja doprowadziły do pogorszenia jakości wody w rzekach, jeziorach i oceanach. Głównym problemem jest to, że konwencjonalne oczyszczalnie ścieków nie są w stanie odprowadzać tych zanieczyszczeń. Przemysł tekstylny, domowe pranie wyrobów tekstylnych oraz odpady tekstylne przedostające się do środowiska w znacznym stopniu przyczyniają się do zanieczyszczenia wody mikroplastikiem. Włókna syntetyczne nie ulegają biodegradacji, więc nie rozkładają się długo w środowisku naturalnym i w postaci mikrowłókien przedostają się do ekosystemu zbiorników wodnych i mórz.

Mikrowłókna syntetyczne to krótkie syntetyczne elementy włókniste o średnicy około 10 mikrometrów lub mniejszej i długości około 0,5–2 cm. Powszechnie stosowane włókna syntetyczne w odzieży to głównie poliester, poliamid, akryl i polipropylen (Gago i in., 2018). Większe cząsteczki włókien syntetycznych uwalniane do środowiska stają się głównym źródłem mikrowłókien. Ostatnio wzrost wykorzystania tworzyw sztucznych i włókien syntetycznych jest głównym czynnikiem wysokiego zanieczyszczenia mikroplastikiem i mikrowłókien syntetycznych. Według badań (Tanaka, 2022), do 2015 roku przemysł tworzyw sztucznych wytworzył do 6300 milionów ton odpadów plastikowych, z których około 80% nadal nie ulega rozkładowi na wysypiskach śmieci na całym świecie. Przewiduje się, że do 2050 roku ta ilość odpadów plastikowych podwoi się, osiągając 12 miliardów ton (Greyer i in., 2017).

W przemyśle tekstylnym i odzieżowym dominującym włóknom syntetycznym jest włókno poliestrowe, a inne surowce syntetyczne również stanowią znaczną część. Ostatnio stosowanie włókien syntetycznych w przemyśle tekstylnym stało się wyraźnym trendem. Przemysł odzieży syntetycznej i innych wyrobów tekstylnych wyprzedził produkty z włókien naturalnych ze względu na ich trwałość i względną tanią, czyli opłacalność ekonomiczną. Produkcję włókien tekstylnych na świecie można podzielić na trzy kategorie: włókna syntetyczne, włókna pochodzenia naturalnego oraz różne mieszanki tych włókien. Włókna syntetyczne stanowią około 60% całkowitej produkcji, podczas gdy włókna naturalne (głównie bawełna) i mieszanki stanowią pozostałe 40% (Geyer i in., 2017). Podczas prania odzieży z włókien syntetycznych lub mieszanych po użyciu, włókna syntetyczne i ich fragmenty uwalniają się z odzieży i przedostają się do systemu ścieków, a stamtąd do zbiorników wodnych i oceanów, co wpływa na zdrowie dzięki przyrody.

Proces prania odpowiada za około 90% uszkodzeń odzieży w fazie konsumpcji (Rathinamoorthy i Balasaraswathi, 2020). Fizyczne starzenie się odzieży ma również istotny wpływ na uwalnianie mikrowłókien podczas prania. Poliester i inne tekstylia syntetyczne charakteryzują się zazwyczaj wyższą temperaturą przejścia niż temperatura pokojowa. Długotrwałe przechowywanie w temperaturze pokojowej może prowadzić do fizycznego starzenia, które powoduje zmiany na poziomie molekularnym jednostki polimerowej, w tym modyfikacje jej objętości swobodnej, entalpii i ruchliwości molekularnej (Rathinamoorthy i Balasaraswathi, 2020). W związku z tym mikrowłókna w tych produktach syntetycznych z czasem słabną, stają się kruche i ulegają usunięciu podczas prania.

Na Litwie przemysł tekstylny i odzieżowy stanowi znaczącą część sektora przemysłowego, gdzie wyroby tekstylne są wytwarzane i sprzedawane nie tylko na Litwie, ale także w innych krajach UE i poza nią. Litwa dąży do szybkiej transformacji przemysłu w kierunku wdrożenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym i stawia bardzo wysokie wymagania środowiskowe zarówno dla produkcji, jak i produktów oraz ich zbiórki po zakończeniu cyklu życia. Niniejszy raport krajowy dotyczący mikrowłókien syntetycznych w litewskim sektorze tekstylnym i odzieżowym został opracowany w celu zapewnienia ustrukturyzowanego i aktualnego przeglądu problemu uwalniania mikrowłókien tekstylnych do środowiska w kontekście krajowym. Celem raportu krajowego jest dostarczenie najnowszej wiedzy naukowej i technologicznej, identyfikacja głównych źródeł mikrowłókien syntetycznych, dróg ich uwalniania w całym cyklu życia wyrobów tekstylnych, przegląd obowiązujących krajowych ram regulacyjnych oraz istniejących inicjatyw w zakresie badań, innowacji technologicznych i współpracy, a

także wskazanie dobrych praktyk i zastosowanych rozwiązań technologicznych wdrożonych przez litewski przemysł we współpracy z innymi zainteresowanymi stronami.

Niniejszy raport krajowy ma również służyć jako narzędzie wspierające proces decyzyjny dla organów administracji publicznej, przedsiębiorstw, centrów technologicznych i innych interesariuszy, ułatwiając wdrażanie strategii i środków mających na celu redukcję emisji mikroplastiku i mikrowłókien syntetycznych, zgodnie z polityką europejską i krajowymi zobowiązaniami w zakresie zrównoważonego rozwoju, gospodarki o obiegu zamkniętym i ochrony środowiska. Celem niniejszego dokumentu jest przyczynienie się do skoordynowanych i opartych na dowodach działań, które promowałyby transformację sektora tekstylnego i odzieżowego na Litwie i w innych krajach UE w kierunku bardziej zrównoważonych i przyjaznych dla środowiska modeli produkcji.

13.14. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego

13.14.1. Wprowadzenie i definicja sektora

Sektor tekstylno-odzieżowy stanowi ważną część litewskiej gospodarki, która ma znaczący wpływ na zatrudnienie, eksport i PKB kraju. Na Litwie działa około 800 firm, które można zaklasyfikować jako przedsiębiorstwa z sektora tekstylno-odzieżowego; większość z nich to małe i średnie przedsiębiorstwa.

Litewski sektor tekstylno-odzieżowy zatrudniał na koniec 2025 roku około 26 tysięcy osób. Chociaż historycznie sektor ten zatrudniał ponad 30 tysięcy osób, w ostatnim czasie obserwuje się stały spadek liczby pracowników.

Zgodnie z Krajową Klasyfikacją Działalności Gospodarczej (EVRK 13) sektor tekstylno-odzieżowy obejmuje przygotowanie i przędzenie włókien, produkcję i wykańczanie tkanin, dzianin, dywanów, lin, materiałów nietkanych itp., wyrobów tekstylnych, produkcję odzieży itp. (patrz tabela 1).

Tabela 1: Struktura litewskiego sektora tekstylnego

Typ produkcji	Ten typ produkcji obejmuje	Liczba firm
Przygotowanie i przędzenie włókien	• uwanieanie z kokonów i mycie, • odtłuszczanie, karbonizacja i barwienie wełny, • zgrzeblenie i czesanie różnorodnych włókien zwierzęcych, roślinnych i syntetycznych, • przędzenie i wytwarzanie przędzy lub nici do tkania, dziania lub szycia, • zgrzeblenie lnu, • produkcja przędz w włókien sztucznych i syntetycznych, w tym przędz wzmocnionych • teksturowanie, skręcanie, dwojenie i impregnowanie przędz chemicznych.	12
Tkactwo	• produkcja szerokich tkanin z przędz bawełnianych, lnianych, konopnych, jutowych, wełnianych, czesankowych i jedwabnych, w tym z przędz mieszkankowych, sztucznych i syntetycznych,	21

	▪ produkcja tkanin runowych i szenilowych, tkanin frotte itp., ▪ produkcja tkanin z przędz i włókien szklanych, węglowych i aramidowych oraz przędz, • produkcja sztucznego futra metodą tkaną.	
Dzianie	• produkcja dzianin wątkowych i osnowowych, gładkich, włosowych i frotté, • produkcja wyrobów pończosznich, rękawic itp. • produkcja odzieży dzianinowej zwykłej i bezszwowej, • produkcja sztucznego futra metodą dziewiarską, • produkcja zasłon i inne tekstylia domowe.	55
Produkcja gotowych wyrobów tekstylnych, z wyłączeniem odzieży	• produkcja koców, w tym śpiworów, pościeli, bielizny stołowej lub kuchennej, ścierek, • produkcja koców pikowanych i puchowych, narzut, tapicerki meblowej, poduszek, jaśków, śpiworów itp., • produkcja plandek, namiotów, sprzętu turystycznego (kempingowego), żagli, markiz, kamizelek ratunkowych, spadochronów itp., • produkcja części tekstylnych do koców elektrycznych, • produkcja innych technicznych wyrobów tekstylnych.	49
Produkcja dywanów	• produkcja tkanych pokryć podłogowych: dywanów, chodników itp. • produkcja wykładzin podłogowych z filcu	4
Produkcja lin, kabli i sieci	• produkcja lin, kabli i powrozów z włókien tekstylnych lub pasków itp., impregnowanych gumą lub tworzywami sztucznymi, nieimpregnowanych, powlekanych, osłoniętych lub pokrytych lub nie, • produkcja siatek ze sznurka, powrozu lub liny, • produkcja sieci rybackich itp.	12
Wykańczanie tekstyliów	• bielenie, barwienie i drukowanie włókien tekstylnych, przędz, wyrobów i artykułów tekstylnych, w tym odzieży, • wyprawianie, suszenie, parowanie, sanforyzacja, merceryzacja itp. wyrobów tekstylnych i artykułów tekstylnych, w tym odzieży • plisowanie, czesanie itp. wyrobów tekstylnych • impregnacja, powlekanie, gumowanie lub impregnacja gotowych ubrań • sitodruk na wyrobach tekstylnych i odzieży.	13
Włókniny	Do tej klasy zalicza się wszelkie rodzaje działalności obejmujące dużą liczbę procesów technologicznych i dużą liczbę wyrobów.	11
Szycie	Szycie odzieży i odzieży roboczej.	420
Przygotowanie do handlu i sprzedaży wyrobów tekstylnych		do 200

Sektor tekstylny na Litwie pozostaje stabilny, jednak wolumeny produkcji i oczekiwania firm odnotowały niewielki spadek pod koniec 2025 r. ze względu na malejącą liczbę zamówień eksportowych.

13.14.2. Najnowsze wydarzenia i struktura biznesowa

Większość litewskiego przemysłu tekstylnego koncentruje się na produkcji wyrobów finalnych – tkanin i odzieży (EVRK 13), podczas gdy wstępne przygotowanie i przędzenie stanowią jedynie niewielką część tego łańcucha. Produkcja włókien syntetycznych i chemicznych oraz przędz na Litwie jest jedną z najmniejszych branż pod względem liczby firm, ponieważ działalność ta wymaga niezwykle wysokich możliwości technologicznych. Historycznie i gospodarczo najważniejszą firmą w tym sektorze na Litwie jest AB „Dirbtinis pluoštas” działająca w Kownie. Większość pozostałych firm przędzalniczych nie zajmuje się produkcją samego włókna, lecz jego przetwarzaniem.

Według danych EVRK i Urzędu Statystycznego Litwy, na Litwie działało 51 podmiotów gospodarczych zajmujących się tkaniną. Wartość rynku przemysłu tkackiego na Litwie w 2025 roku osiągnęła 42,2 mln EUR. Chociaż liczba firm rosła średnio o 4,0% rocznie w ciągu ostatnich pięciu lat (do 2025 roku), całkowita wielkość rynku zmniejszyła się średnio o 4,5% w tym samym okresie, co wskazuje na rosnącą konkurencję lub optymalizację działalności. Wiele litewskich firm tkackich specjalizuje się w produktach niszowych, takich jak len, jedwab lub inne specyficzne tkaniny. Wiele firm tkackich posiada również własne wykończalnie i szwalnie. Na przykład UAB „A Grupė” to firma ztkalnią, wykończalnią i szwalnią, zajmująca się tkaniną lnianą, mieszanek lnianych i tkanin frotte.

Na Litwie sektor produkcji dziewiarskiej i pończoszniczej jest jedną z najliczniejszych gałęzi przemysłu tekstylnego. Większość firm dziewiarskich koncentruje się w regionach kowieńskim, szawelskim i uciańskim, które historycznie uważane są za litewskie centra tekstylne. Chociaż ogólna liczba firm przemysłowych utrzymuje się na stabilnym poziomie, zauważalne jest przejście od produkcji masowej do produkcji o wyższej wartości dodanej – marek na zamówienie i zrównoważonej mody na rynki zachodnie.

Liczba firm produkujących dywany i chodniki działających na Litwie jest bardzo niewielka. Wartość litewskiego rynku produkcji dywanów w 2025 roku wynosiła około 1,6 mln EUR, co wskazuje, że jest to niewielki, ale stabilny segment branży. Jedną z głównych firm w tym sektorze jest UAB „Pluošto linija”, której marka *Ecolinum* specjalizuje się w produkcji dywanów lnianych. *Ecolinum* jest jedyną firmą na Litwie, która produkuje dywany lniane i eksportuje większość swojej produkcji. Inną powiązaną firmą jest UAB „Litspin”, która produkuje przędze wełniane do produkcji dywanów, ale nie same dywany.

Sektor tekstyliów technicznych i specjalistycznych wymaga konkretnych innowacji i technologii o wysokiej wartości dodanej. Sektor ten jest silnie wspierany przez Uniwersytet Techniczny w Kownie (KTU) oraz Instytut Włókiennictwa Centrum Nauk Fizycznych i Technicznych (FTMC), który prowadzi badania naukowe nad rozwojem tekstyliów inteligentnych i ochronnych. Firmy działające w tej branży produkują nie tylko odzież specjalistyczną, ale także tkaniny dla medycyny, przemysłu motoryzacyjnego, budownictwa (geowłókniny) oraz środki ochrony indywidualnej. Ten segment tekstyliów jest uważany za jeden z najbardziej obiecujących ze względu na mniejsze uzależnienie od konkurencji produkcji masowej oraz nastawienie na eksport i innowacje.

Produkcja lin, kabli i sieci to niewielka, ale wyspecjalizowana technologicznie gałąź przemysłu tekstylnego. Firmy tej branży produkują produkty dla rybołówstwa, budownictwa, rolnictwa i przemysłu. Na Litwie produkowane są sieci rybackie, sportowe, siatki bezpieczeństwa dla budownictwa oraz różnego rodzaju liny z włókien syntetycznych i naturalnych. Sektor ten jest silnie zorientowany na eksport (szczególnie do krajów skandynawskich, gdzie wykorzystywany jest w przemyśle rybnym), a jego wyniki w 2025 roku pozostały stabilne dzięki rosnącemu popytowi na tekstylia techniczne na rynkach światowych.

Po kilku latach spadku, litewski rynek włókien zaczął ponownie rosnąć w latach 2024–2025, osiągając wartość około 55 mln euro. Większość tych firm jest skoncentrowana w dużych ośrodkach przemysłowych lub regionach o silnych tradycjach tekstylnych.

Firmy zajmujące się wykańczaniem tekstyliów wykonują niezbędne procesy – bielenie, barwienie, wykończenie, drukowanie i specjalistyczne powlekanie tkanin i dzianin, aby nadać im określone właściwości (np. ognioodporność, wodoodporność). Na Litwie działają zarówno duże firmy tekstylne z własnymi wykończalniami, jak i wyspecjalizowani dostawcy usług wykończeniowych, tacy jak UAB „Tributum”. Do najważniejszych firm tekstylnych z własnymi wykończalniami należą: UAB „Utenos trikotažas”, UAB „Garlita”, UAB „Liningas”, TŪB „Klasikinė tekstilė” i inne. Oprócz tradycyjnego barwienia i bielenia, firmy oferują również bardziej złożone usługi, takie jak druk cyfrowy na tkaninach, co pozwala im elastyczniej reagować na zmiany na rynku mody. Większość firm wykończeniowych obsługuje innych litewskich producentów tekstyliów skoncentrowanych na rynkach eksportowych. Sektor ten dynamicznie się modernizuje, wdrażając zrównoważone i przyjazne dla środowiska technologie wykończeniowe, które ograniczają zużycie wody i chemikaliów, co jest istotne dla klientów z UE.

Największym segmentem litewskiego przemysłu tekstylnego pod względem liczby podmiotów gospodarczych jest szycie i produkcja odzieży. W sektorze dominują małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP). Tylko około 0,2% wszystkich firm w tym sektorze uznaje się za duże (zatrudniające ponad 250 pracowników). Ponad 80% produktów wytwarzanych na Litwie jest eksportowanych do krajów UE, a znaczna część firm pracuje na podstawie umowy podwykonawstwa („*lohn-production*”) dla silnych europejskich marek modowych.

Według danych z końca 2025 roku, wolumen produkcji przemysłu tekstylnego, odzieżowego i wykończeniowego na Litwie znajdował się pod presją ze względu na koszty energii i wahania popytu na rynkach UE, w związku z czym w tym specyficznym segmencie produkcji nie pojawili się nowi gracze. W porównaniu z okresem 2021–2023 liczba działających firm szwalniczych nieznacznie spadła. Było to spowodowane wzrostem kosztów produkcji i spadkiem konsumpcji.

Litewski sektor tekstylny-odzieżowy zatrudniał około 26 tysięcy osób na koniec 2025 roku. Choć historycznie sektor ten zatrudniał ponad 30 tysięcy osób, ostatnio obserwuje się stały spadek liczby pracowników. Większość zatrudnionych pracuje w przemyśle odzieżowym, a reszta w firmach zajmujących się produkcją i wykańczaniem tekstyliów. Pomimo spadku, sektor ten pozostaje jednym z największych pracodawców w litewskim przemyśle. Większość pracowników stanowią kobiety. Udział personelu inżynieryjno-technicznego (inżynierowie produkcji, technolodzy, specjaliści ds. utrzymania ruchu maszyn, inżynierowie jakości) stanowi około 5–8% wszystkich pracowników w

sektorze. Wraz z odchodzeniem sektora od „taniego krawiectwa” w kierunku tekstyliów zaawansowanych technologicznie (medycznych, transportowych, ochronnych), zapotrzebowanie na specjalistów inżynierskich rośnie proporcjonalnie.

13.14.3. Produkcja, handel międzynarodowy i konkurencyjność

Europejski przemysł odzieżowy i tekstylny w dużej mierze opiera się na produkcji marek luksusowych i produktów o wysokiej wartości dodanej. Producenci odzieży na całym świecie zmagają się z wyzwaniem związanym z pandemią COVID-19, wysoką inflacją, zakłóceniami w łańcuchach dostaw i zagraniczną konkurencją. Pomimo tych wyzwań, innowacje technologiczne i rewolucja cyfrowa stworzyły nowe możliwości rozwoju dla tego sektora.

Litewski przemysł tekstylny to wysoko rozwinięty rynek z wieloma krajowymi graczami i kilkoma zagranicznymi inwestorami, głównie skandynawskimi. Dzięki jednemu z najszybszych wzrostów w UE, litewski przemysł tekstylny zyskuje obecnie uznanie na rynkach Europy Północnej i WNP. Wielkość rynku przemysłu tekstylnego i odzieżowego na Litwie rosła w tempie 2,6% rocznie w ciągu ostatnich pięciu lat (według danych IBISWorld). Oczekuje się, że w ciągu najbliższych pięciu lat przemysł na Litwie również będzie się rozwijał. Litewski sektor tekstylny i odzieżowy jest jednym z najważniejszych sektorów produkcyjnych, zatrudniającym około jednej czwartej całkowitej siły roboczej w przemyśle. Prognozuje się, że wielkość rynku sektora osiągnie 579,5 mln EUR w 2026 r. Po niewielkim spadku w poprzednich latach, pod koniec 2025 r. odnotowano ożywienie produkcji (roczny wzrost na poziomie 2,6-3,5%). Sektor ten nadal odczuwa skutki minionych kryzysów i rosnącej konkurencji ze strony krajów o niższych kosztach produkcji, dlatego celem jest przejście od modelu taniej siły roboczej do produkcji o wyższej wartości dodanej. Poziom konkurencji w litewskim przemyśle tekstylnym i odzieżowym jest średni i stabilny.

W kraju zauważalny jest wzrost popularności litewskich produktów – ponad 20% produkcji trafia obecnie na rynek krajowy (w porównaniu z 8% kilka dekad temu). Sektor ten jest jednak silnie zorientowany na rynki zagraniczne – około 75–80% całej produkcji trafia na eksport.

Litewskie firmy są cenione za elastyczność, kreatywność i zdolność szybkiego dostosowywania się do nowoczesnych trendów stylu życia. Litwa aktywnie prezentuje swoje możliwości w wyspecjalizowanych obszarach, na przykład w produkcji tekstyliów dla sił NATO. Przetrwanie sektora na rynku globalnym zależy od modernizacji i inwestycji w produktywność. Ważną rolę odgrywają również: cyfryzacja i zrównoważone innowacje.

13.15. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym

Tekstylia uzyskały najwyższe wyniki w kategoriach wpływu na wodę, wytwarzania odpadów, zmian klimatu, zużycia energii, efektywności materiałowej i wydłużenia cyklu życia ze względu na duży wpływ pozyskiwania, produkcji, użytkowania i utylizacji materiałów, a także znaczny potencjał poprawy we wszystkich tych aspektach, który wciąż nie został w pełni wykorzystany.

Na europejski przemysł odzieżowy wpływają różne przepisy. Polityka w całej Europie koncentruje się między innymi na zrównoważonym rozwoju, sprawiedliwym handlu i etykietowaniu, kształtując procesy produkcyjne i wybory konsumentów.

Do 2025 roku zarządzanie zanieczyszczeniem mikroplastikiem i syntetycznymi mikrowłóknami na Litwie stanie się nie tylko priorytetem ekologicznym, ale także ściśle regulowaną koniecznością biznesową. Ma to bezpośredni wpływ na przemysł tekstylny, gospodarkę wodną i zachowania konsumentów. W sektorze publicznym produkty tekstylne podlegają surowym kryteriom ochrony środowiska, ograniczającym stosowanie chemikaliów i włókien zanieczyszczających. Litwa pozycjonuje się jako producent wysokiej jakości wyrobów z włókien naturalnych, co zapewnia przewagę konkurencyjną na rynku, na którym syntetyczne mikrowłókna (poliester, nylon) są postrzegane jako źródło zanieczyszczeń.

W 2025 roku dyskusje naukowe na Litwie (np. na KTU) podkreślają, że mikro- i nanoplastiki dostają się do organizmu człowieka poprzez łańcuch pokarmowy (zwłaszcza ryby), stanowiąc długoterminowe zagrożenie dla zdrowia. Badania pokazują, że cząstki mikroplastiku są stale wykrywane w próbkach z litewskich rzek i Zalewu Kurońskiego. Głównym źródłem są ścieki z pralek, wraz z którymi cząstki włókien syntetycznych przedostają się do oczyszczalni, a następnie do wód otwartych. Oczyszczalnie ścieków działające na Litwie zatrzymują znaczną część tych włókien, ale najmniejsze cząstki włókien (mniejsze niż 500 µm) nadal przedostają się do wód otwartych.

Zgodnie z rozporządzeniem UE (UE) 2023/2055, nowe ograniczenia dotyczące celowego dodawania mikroplastiku do produktów weszły w życie pod koniec 2025 roku. Przedsiębiorstwa mają ważny termin, tj. 31 maja 2026 roku, na dostosowanie się do niektórych zakazów dotyczących cząstek polimerów syntetycznych. Od 2026 roku producenci i dostawcy mikroplastiku będą musieli spełniać surowsze wymogi dotyczące corocznego raportowania ilości uwalnianych do środowiska.

13.16. Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien

13.16.1. Etap produkcji

Uwalnianie mikrowłókien podczas produkcji tekstyliów i odzieży na Litwie odbywa się w kilku kluczowych procesach technologicznych. Chociaż większość zanieczyszczeń mikroplastikiem jest związana z etapem konsumpcji (prania), to etap produkcji generuje znaczną ilość pierwotnych mikrowłókien:

- Procesy produkcji na mokro (zanieczyszczenie ściekami). To główna droga przedostawania się mikrowłókien z fabryk do środowiska. Największe zagrożenia to:
 - Wykończenie i pranie tkanin: Ostateczne pranie produktów przed wysyłką do klientów nie tylko usuwa pozostałości produkcyjne, ale także wypłukuje luźne włókna.
 - Barwienie i drukowanie: Mechaniczne i chemiczne oddziaływania w kąpielach barwiących osłabiają strukturę włókien, co zwiększa prawdopodobieństwo, że cząsteczki włókien pękną i przedostaną się do ścieków produkcyjnych.
- Obróbka mechaniczna (zanieczyszczenie powietrza i odpadów stałych). Podczas oddziaływania mechanicznego mikrowłókna uwalniają się nie tylko do wody, ale także do powietrza:

- Przędzenie i przewijanie: Skręcanie i rozciąganie mechaniczne włókien powoduje tarcie, które skutkuje oddzielaniem się drobnych cząsteczek, które stają się pyłem unoszącym się w powietrzu.
- Strzyżenie i szycie: Cięcie tkanin otwiera końce włókien, przez co mikrowłókna rozpadają się bezpośrednio w miejscach cięcia. Na Litwie, gdzie sektor szwalniczy jest bardzo rozwinięty, ten etap generuje dużo drobnych odpadów.
- Tkactwo i dziewiarstwo: Ciągły ruch przędzy w krośnie powoduje ścieranie mechaniczne.
- Specjalistyczne procesy produkcyjne:
 - Produkcja tkanin runowych (np. polaru): Mechaniczne pocieranie powierzchni tkaniny w celu jej zmiękczenia jest jednym z najbardziej intensywnych źródeł wytwarzania mikrowłókien.
 - Produkcja włókien syntetycznych: Podczas produkcji poliamidu (nylonu) lub poliestru (topienie, rozciąganie) mogą powstawać cząsteczki polimerów, które są klasyfikowane jako celowo dodane lub przypadkowe mikroplastiki.
- Gospodarka odpadami i recykling:
 - Zarządzanie pozostałościami poprodukcyjnymi: Niewłaściwie składowane lub przetwarzane odpady tekstylne (ścinki, skrawki) mogą pod wpływem czynników środowiskowych ulec rozkładowi na mikrowłókna.
 - Procesy recyklingu: Litwa zainwestuje ponad 10 milionów euro w recykling tekstyliów w latach 2025–2026, w związku z czym mechaniczne rozdrabnianie starych tkanin staje się nowym źródłem mikrowłókien, wymagającym specjalnych rozwiązań filtracyjnych.

13.16.2. Faza użytkowania

Oprócz pestycydów stosowanych w uprawie bawełny, toksyczne oddziaływanie na ludzi wiąże się z uwalnianiem mikrowłókien podczas prania, które mogą przedostać się do łańcucha pokarmowego i wpływać na zdrowie ludzi oraz pracowników, a także z emisją fragmentów włókien unoszących się w powietrzu w fabrykach. Mikrowłókien może również przenosić substancje toksyczne na swojej powierzchni lub znajdujące się wewnątrz włókien.

Uwalnianie mikrowłókien w fazie konsumpcji i pielęgnacji tekstyliów na Litwie stanowi kluczowe wyzwanie dla środowiska, ponieważ ścieki bytowe pozostają jednym z największych źródeł mikroplastiku pierwotnego. Główne źródła i czynniki emisji:

- Pranie w domu (główne źródło). Podczas jednego cyklu prania ubrania mogą uwolnić od kilkuset tysięcy do kilku milionów cząsteczek mikrowłókien. Zależy to od takich czynników, jak:
 - Nowe produkty: Największe uwalnianie substancji ma miejsce podczas pierwszych 8 cykli prania, po czym emisja się stabilizuje.
 - Rodzaj tkaniny: Tkaniny syntetyczne (poliester, nylon, akryl) są głównym źródłem zanieczyszczenia plastikiem, ale badania pokazują, że produkty z włókien naturalnych mogą uwalniać jeszcze większą ilość włókien podczas prania.
 - Rodzaj odzieży: Tkaniny dzianinowe i puszyste (np. swetry polarowe) uwalniają znacznie więcej mikrowłókien niż tkaniny gęsto tkane.
- Warunki prania wpływające na uwalnianie mikrowłókien:

- Temperatura i czas trwania: Wysokie temperatury (powyżej 40°C) i długie cykle prania sprzyjają rozpadowi włókien.
- Stosunek wody do tkaniny: Pranie mniejszego wsadu z dużą ilością wody zwiększa tarcie i utratę włókien. W pełni załadowany bęben zmniejsza emisję spalin.
- Oddziaływania mechaniczne: Wysokie prędkości wirowania i silne oddziaływania mechaniczne w pralce powodują fizyczne uszkodzenia włókien.
- Suszenie: Suszarki do ubrań, które odprowadzają powietrze na zewnątrz, stanowią jedno z największych źródeł zanieczyszczenia powietrza mikrowłóknami w miastach.
- Bezpośrednie uwalnianie podczas noszenia (emisja do powietrza): Chociaż często podkreśla się znaczenie prania, badania naukowe wskazują, że podczas noszenia do powietrza uwalniane są podobne, a nawet większe ilości mikrowłókien niż do wody. Ruch, tarcie o inne powierzchnie i wiatr stale uwalniają cząsteczki bezpośrednio do otoczenia.

13.16.3. Obsługa końca cyklu życia

W 2015 roku światowy przemysł tekstylny i odzieżowy odpowiadał za 92 miliony ton odpadów. Szacuje się, że 30% odzieży jest produkowane w nadmiarze i wyrzucane, nie noszone nawet raz, aby zachować ekskluzywność marki. Wszystkie te ubrania są zazwyczaj po prostu (a czasem nielegalnie) składowane na wysypiskach. Jeśli chodzi o odpady pokonsumenckie, wyrzucane tekstylia stanowią 5 milionów ton odpadów tekstylnych rocznie w krajach UE, przy czym całkowita odnotowana selektywna zbiórka w 13 krajach UE wynosi około 2 milionów ton rocznie (EOG). 87% odpadów tekstylnych jest składowanych na wysypiskach lub spalanych po ostatecznym wykorzystaniu. Zwiększenie odporności tkanin na mechacenie lub znalezienie alternatywnych materiałów, które mogą bezpiecznie ulec biodegradacji w przypadku uwalniania do środowiska, może być jednym ze środków zapobiegających tworzeniu się mikrowłókien.

Od 1 stycznia 2025 r. obowiązkowa selektywna zbiórka tekstyliów na Litwie zastąpiła następujący etap:

- Recykling mechaniczny: Kiedy stare tekstylia są rozdrabniane w celu uzyskania nowych włókien, w wyniku tego procesu powstaje wysokie stężenie mikrowłókien, które zgodnie z normami branżowymi w roku 2026 będą wymagały ścisłej filtracji.
- Pył składowany na wysypiskach śmieci: Nieprawidłowo utylizowane tekstylia, wystawione na działanie promieni UV i wiatru, rozpadają się na mikro- i nanocząsteczki, które przedostają się do wód gruntowych.

Choć nowoczesne instalacje (w Wilnie i Kownie) zatrzymują do 90–99% mikroplastiku, nie znika on nigdzie – pozostaje w osadach ściekowych. W 2026 roku toczy się dyskusja na temat ograniczenia stosowania takich osadów w rolnictwie, aby mikrowłókna nie przedostawały się do gleby i łańcucha pokarmowego.

13.17. Krajowe badania naukowe i techniczne

W ostatnich latach Litwa przywiązuje szczególną wagę do rozwiązywania problemów związanych ze zrównoważonym rozwojem i prowadzi coraz więcej badań naukowych i technicznych związanych z redukcją zanieczyszczenia mikroplastikiem/mikrowłóknami. Badania te są prowadzone we współpracy

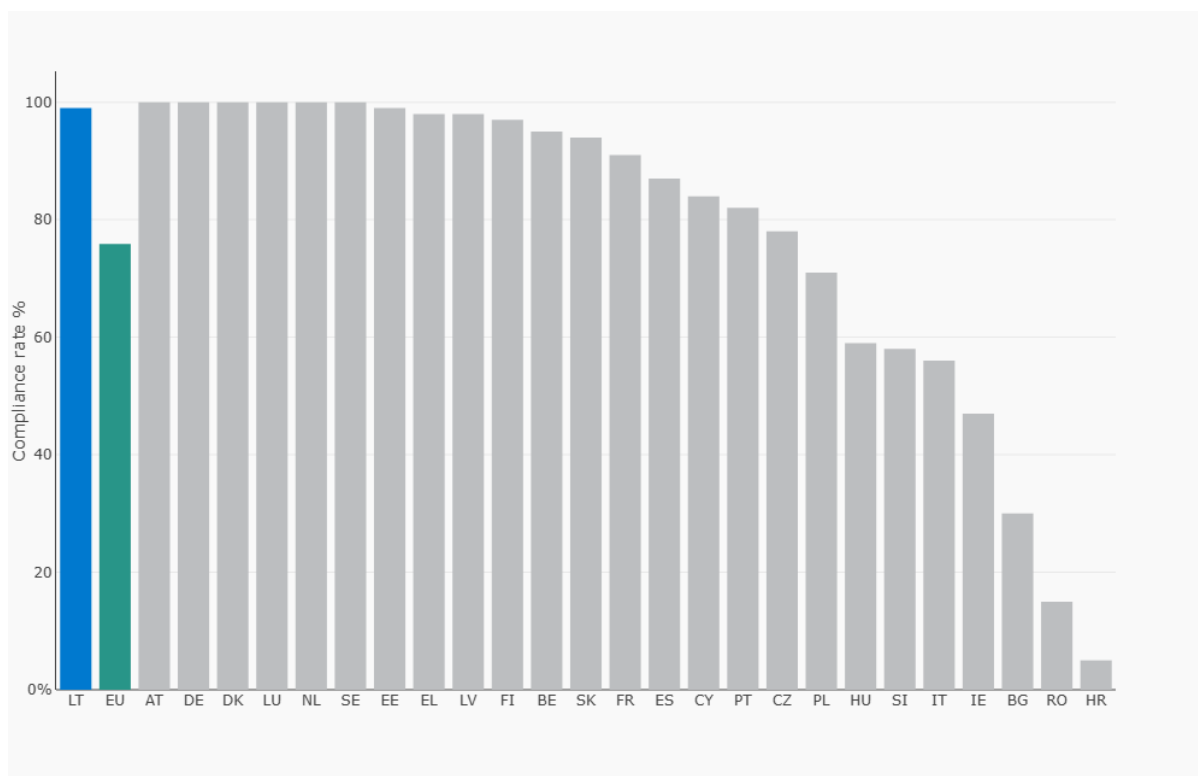
z instytucjami naukowymi i przemysłowymi, przyczyniając się, poprzez realizowane projekty, do pogłębienia wiedzy na temat redukcji ilości mikroplastiku/mikrowłókna w całym cyklu życia tekstyliów.

13.17.1. Aktywne instytucje badawcze

Liczne litewskie instytucje badawcze aktywnie prowadzą badania nad mikroplastikiem i mikrowłóknami, koncentrując się na monitorowaniu środowiska, oddziaływaniu toksykologicznym i łagodzeniu skutków poprzez zrównoważony rozwój przemysłu tekstylnego i bioplastiki. Litewskie krajowe instytucje badawcze i uniwersytety odgrywają ważną rolę we wdrażaniu zasad zrównoważonego rozwoju na poziomie krajowym i międzynarodowym, w tym w badaniach nad redukcją emisji mikroplastiku/mikrowłókien poprzez rozwiązania technologiczne w sektorze tekstylnym. Instytucjami koordynującymi te badania są Rada Badań Naukowych Litwy (RCL), Centralna Agencja Zarządzania Projektami (CPVA) i inne, które opracowały kilka kierunków badań mających na celu wykrywanie i gromadzenie mikroplastiku w ekosystemach morskich i kontynentalnych oraz systemach oczyszczania ścieków. Podczas tych badań wykryto wysoki poziom mikroplastiku/mikrowłókien w przybrzeżnych wodach Litwy oraz w osadach z oczyszczalni ścieków (*Każda próbka jest zanieczyszczona: nowe badania pokazują zakres zanieczyszczenia mikroplastikiem na Litwie* (w języku litewskim), *opublikowano 11.09.2020*). Kampania komunikacyjna na rzecz zamknięcia programu Norweskiego Mechanizmu Finansowego „Środowisko, Energia, Zmiany Klimatu” na lata 2014–2021 została zainicjowana przez Centralną Agencję Zarządzania Projektami (CPMA). Celem kampanii było przedstawienie rezultatów wdrożonego programu, którego celem jest poprawa stanu środowiska ekosystemów na Litwie oraz ograniczenie negatywnego wpływu zanieczyszczeń i innej działalności człowieka. Wyniki badań wykazały, że aż 97% wykrytych mikrośmięci stanowiły włókna pochodzące z syntetycznej odzieży, siatek lub innych tekstyliów. Dane te pokazują, jak codzienne nawyki wpływają na stan środowiska.

Na Litwie szczególną uwagę przywiązuje się do oczyszczania zużytej wody, ponieważ Litwa dysponuje wyjątkowo dużą ilością czystej wody słodkiej w Europie, co jest uznawane za wartość krajową (rysunek 1). Z danych przedstawionych na rysunku 1 wynika, że ścieki komunalne na Litwie w prawie 100% spełniają surowe wymogi *dyrektywy w sprawie oczyszczania ścieków komunalnych* (UWWTD).





Rysunek 1: Odsetek ścieków komunalnych spełniających wszystkie wymagania UWWTD (zbieranie, oczyszczanie biologiczne, oczyszczanie biologiczne z usuwaniem azotu i/lub fosforu) na obszarach miejskich spełniających wymagania (zgodnie z UWWTD)

Centrum Badań Przyrody (NRC) koncentruje się na ekologicznych i toksykologicznych aspektach zanieczyszczenia mikroplastikiem w środowiskach lądowych i wodnych. W 2025 roku naukowcy z NRC przeprowadzili warsztaty poświęcone analizie uszkodzeń erytrocytów ryb wywołanych przez mikroplastik oraz szerszemu wpływowi mikroplastiku na biotę wodną.

Centrum Nauk Fizycznych i Technologii (FTMC) uczestniczyło w opracowywaniu eksperymentalnych technologii obserwacji i ograniczania emisji submikronowych cząstek aerozoli i zanieczyszczeń środowiska wodnego, w tym w organizowaniu warsztatów na temat toksyczności mikroplastiku i zanieczyszczenia powietrza.

Litewski Instytut Energetyczny (LEI) prowadzi obecnie badania nad transportem mikroplastiku w roślinach, wykorzystując do tego celu układy mikroprzepływowe. Ich celem jest zrozumienie, w jaki sposób zanieczyszczenia te dostają się do łańcucha pokarmowego.

13.17.2. Projekty badawcze uniwersyteckie

Uniwersytet Technologiczny w Kownie (KTU) jest liderem w dziedzinie rozwiązań z zakresu łagodzenia skutków zmian klimatu i gospodarki o obiegu zamkniętym, szczególnie w odniesieniu do tekstyliów syntetycznych i alternatyw dla tworzyw sztucznych. Opracowuje zrównoważone rozwiązania i programy nauczania mające na celu redukcję emisji mikroplastiku i mikrowłókien syntetycznych w sektorze tekstylnym i modowym; prowadzi analizy makroekonomiczne dotyczące recyklingu tworzyw sztucznych i systematycznego gospodarowania odpadami w celu zapobiegania powstawaniu mikroplastiku.

Uniwersytet w Kłajpedzie (KU) i Instytut Badań Morskich odgrywają kluczową rolę w monitorowaniu morskim i badaniach nad technologiami morskimi. Prowadzą monitoring Morza Bałtyckiego, badając występowanie i rozmieszczenie mikroplastiku w wodach powierzchniowych i ściekach na całym obszarze. Litwa i Łotwa wykorzystują infrastrukturę o otwartym dostępie *Doliny Morskiej do prowadzenia badań podstawowych nad środowiskami przybrzeżnymi i technologiami morskimi (część infrastruktury Instytutu Badań Morskich została utworzona po zatwierdzeniu przez rząd Litwy (23 lipca 2008 r. uchwałą nr 786) Programu Zintegrowanego Centrum Nauki, Studiów i Biznesu (Dolina) na rzecz rozwoju litewskiego sektora morskiego w celu utworzenia i rozwoju Doliny Morskiej w Kłajpedzie).*

Centrum Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wileńskiego (VU) zajmuje się badaniem biologicznej degradacji tworzyw sztucznych, zgłębiając mikroorganizmy, które potencjalnie mogłyby rozkładać polimery tworzyw sztucznych w rzeczywistych systemach. Współpracuje z NRC przy identyfikacji mikroplastiku i badaniach geochemicznych zanieczyszczeń przybrzeżnych.

13.17.3. Badania branżowe

Litewskie badania przemysłowe nad mikroplastikiem i mikrowłóknami koncentrują się przede wszystkim w sektorach tekstylnym, gospodarki odpadami i technologii wodnych, często w ramach partnerstw publiczno-prywatnych:

1. Przemysł tekstylny i modowy. Badania w tym sektorze koncentrują się na identyfikacji punktów krytycznych i rozwijaniu „zielonych umiejętności” dla zrównoważonej produkcji:

- Grupa LTP (<https://www.ltpgroup.com/>): ten duży litewski producent tekstyliów nawiązał współpracę ze światowymi markami (takimi jak Vaude) i środowiskami naukowymi w ramach inicjatyw takich jak *TextileMission*, mających na celu ograniczenie uwalniania mikrowłókien z odzieży syntetycznej.

2. Gospodarka odpadami i recykling. Liderzy branży badają systemowe usprawnienia, aby zapobiec degradacji „makro” odpadów plastikowych w mikroplastik:

- **BALTIPLAST (2024–2026)**: Firmy takie jak UAB „Nivela”, Agencja Rozwoju Regionalnego w Kownie oraz Regionalne Centrum Gospodarki Odpadami w Kownie aktywnie prowadzą inwentaryzację tworzyw sztucznych w celu stopniowego wycofywania tworzyw sztucznych jednorazowego użytku i optymalizacji obiegu odpadów przemysłowych. Projekt **BALTIPLAST**, uruchomiony w 2023 roku, skupia gminy, naukowców, organizacje pozarządowe i specjalistów ds. ochrony środowiska z całego regionu Morza Bałtyckiego (<https://interreg-baltic.eu/project/baltiplast/>). Projekt Interreg Region Morza Bałtyckiego wyposażył gminy w praktyczne narzędzia do redukcji tworzyw sztucznych jednorazowego użytku i usprawnienia gospodarki odpadami.

3. Technologie uzdatniania i monitorowania wody – wpływ na pralnie przemysłowe: Niedawne badania na skalę przemysłową przeprowadzone na Litwie (2025 r.) analizowały udział zakładów przemysłowej pralni tekstylnej (ITLF) w ilościach mikroplastiku w ściekach komunalnych. Wyniki wykazały, że pojedynczy zakład może odpowiadać aż za 13% całkowitego dopływu ścieków.

- **Czułość wykrywania (NanoTRAP)**: Rada ds. Badań Naukowych Litwy finansuje obecnie projekt **NanoTRAP (2025–2026)**, koordynowany przez KTU, którego celem jest

opracowanie nanowzorzystych powierzchni do szybkiego przemysłowego wykrywania śladów mikro- i nanoplastiku na liniach produkcyjnych.

- *Inobiostar* (Kłajpeda): Ta spółka technologiczna typu spin-off kontynuuje badania nad zastosowaniem zaawansowanych aerozeli (pierwotnie przeznaczonych do usuwania wycieków ropy naftowej) do filtrowania mikrozanieczyszczeń w zrzutach ścieków przemysłowych.
- *FanPLESStic-sea* to projekt UE Interreg, którego celem jest redukcja zanieczyszczenia mikroplastikiem w Morzu Bałtyckim poprzez mapowanie szlaków, pilotażowe wdrażanie nowych technologii filtracji i zrównoważonego drenażu oraz opracowywanie rekomendacji politycznych z partnerami z 8 krajów. Jego dotychczasowe osiągnięcia obejmują nowe modele przepływu mikroplastiku, innowacyjne rozwiązania w zakresie usuwania, wzmocnioną współpracę regionalną oraz ramy polityczne dla zrównoważonego zarządzania wodą, promowanie rozwiązań w zakresie upstream i podnoszenie świadomości społecznej. Projekt został wdrożony przez Izbę Handlu, Przemysłu i Rzemiosła w Szawlach (SCCIC) na Litwie, we współpracy z partnerami ze Szwecji, Finlandii, Łotwy i Polski. Wyniki projektu zostały włączone do litewskich krajowych programów monitoringu Morza Bałtyckiego i Zalewu Kurońskiego.

4. Przemysł rolny:

- Projekt PLASTRO (2025–2026): We współpracy z Litewskim Centrum Badań Rolnictwa i Leśnictwa (LAMMC) prowadzone są badania nad transportem mikroplastiku przez systemy roślinne, wykorzystujące mikroprzepływy, aby pomóc sektorowi rolniczemu w wyborze upraw bardziej odpornych na zanieczyszczenia.

13.17.4. Udział w projektach UE

Litewskie uniwersytety i instytucje badawcze aktywnie uczestniczą w projektach finansowanych przez Unię Europejską i poszczególne kraje UE (zwłaszcza kraje nordyckie i bałtyckie), których celem jest zrównoważony rozwój sektora tekstylnego, a w szczególności ograniczenie emisji mikroplastiku do środowiska. Inicjatywy te są finansowane z programów takich jak LIFE, Horyzont 2020, Horyzont Europa i Interreg, krajów nordyckich (np. Program Instytutu Szwedzkiego), Programu Współpracy Regionu Morza Bałtyckiego itp.

Projekt MicroPlastGuard „Zmniejszanie zanieczyszczenia mikroplastikiem poprzez zaawansowaną współpracę bałtycką” (realizowany przez KTU w latach 2024–2026 we współpracy z Uniwersytetem w Borås (Szwecja) i Politechniką Łódzką (Polska) koncentruje się na zmniejszaniu zanieczyszczenia mikroplastikiem z tekstyliów syntetycznych w regionie Morza Bałtyckiego poprzez opracowanie znormalizowanych metod testowych umożliwiających ilościowe określenie uwalniania włókien podczas prania i produkcji.

Projekt *Bioplastics Development*, realizowany przez KTU (2024-2026), ma na celu stworzenie bioaktywnych i biodegradowalnych bioplastików ze zrównoważonych polisacharydów, które zastąpią tradycyjne tworzywa sztuczne. Aby zapobiec powstawaniu mikroplastiku przeprowadzono analizę makroekonomiczną dotyczącą recyklingu tworzyw sztucznych i systematycznego gospodarowania odpadami.

Projekt *Modelowanie transportu mikroplastiku w roślinach z wykorzystaniem układów mikroprzepływowych*, realizowany przez Litewski Instytut Energetyczny (LEI), koncentruje się na akumulacji mikroplastiku i syntetycznych mikrowłókien oraz ich interakcji z tkankami roślin, a także na tym, jak wpływa to na wydajność fotosyntezy roślin i odporność na stres środowiskowy. Podkreśla się, że zanieczyszczenie mikroplastikiem jest globalnym problemem środowiskowym. W samych krajach Unii Europejskiej syntetyczne włókna tekstylne stanowią około 35% mikroplastiku znajdującego się w środowisku. Według Europejskiej Agencji Chemikaliów (ECHA) około 13 000 ton mikroplastiku przedostaje się do środowiska każdego roku podczas prania. Cząsteczki te znajdują się wszędzie – w wodzie, glebie, atmosferze, a stamtąd przedostają się do organizmu człowieka. Zanieczyszczenie mikroplastikiem zmienia właściwości gleby, wpływając na fizjologię rosnących w niej roślin.

Litewskie Centrum Badań Przyrodniczych wdrożyło projekt INSIGNIA-bee pt. *Działanie przygotowawcze do monitorowania zanieczyszczeń środowiska przy użyciu pszczoł miodnych* (<https://www.insignia-bee.eu/>), inicjatywę powiązaną z programem Horyzont Europa, wykorzystującą kolonie pszczoł miodnych jako bioindykatory do monitorowania zanieczyszczeń środowiska, w tym mikroplastiku, w całej UE, w tym na Litwie.

Projekt *MicroDrink* (2024–2026) to finansowana przez UE inicjatywa skupiająca się na harmonizacji monitorowania mikroplastiku w regionie Dunaju poprzez opracowywanie ogólnodostępnych narzędzi, najlepszych praktyk i szkoleń dla zainteresowanych stron, bezpośrednio wspierająca wymogi nowej dyrektywy UE w sprawie wody pitnej, dotyczące monitorowania nowych zanieczyszczeń, takich jak mikroplastik, w wodzie wodociągowej w całej UE, w tym na Litwie, poprzez dostarczanie standardowych metod i wiedzy (https://environment.ec.europa.eu/news/microdrink-removing-microplastics-drinking-water-2025-03-10_en).

13.18. Studia przypadków

Na Litwie w ostatnich latach opracowano i wdrożono inicjatywy i projekty mające na celu redukcję i ograniczenie ilości mikroplastiku w wodzie i środowisku. Przedstawione studia przypadków odzwierciedlają praktyczne wdrożenie rozwiązań technologicznych, przemysłowych i komunalnych. Analiza tych przypadków pozwala na identyfikację konkretnych działań, wymiernych rezultatów i wyciągnięcie wniosków, przyczyniając się do transferu dobrych praktyk i powielania rozwiązań w innych kontekstach krajowych i europejskich.

13.18.1. Badanie zastosowania ekstraktów roślin leczniczych do nadawania właściwości antybakteryjnych materiałom tekstylnym przeznaczonym do druku sublimacyjnego (13.1.1-LVPA-K-856-01-005)

Kontekst

Projekt badawczo-rozwojowy został wdrożony przez litewską firmę tekstylną UAB „Textilis” we współpracy z Kowieńskim Uniwersytetem Technicznym (KTU). UAB „Textilis”, z siedzibą w Kownie, specjalizuje się w produkcji tekstyliów, projektowaniu, sublimacji i druku cyfrowym. Produkowane przez nich tkaniny są przyjazne dla środowiska, charakteryzują się wyjątkowymi właściwościami użytkowymi i niepowtarzalnym wzornictwem. Zdolność firmy do utrzymania konkurencyjności na rynkach międzynarodowych jest wspierana przez ciągły rozwój i aktualizację kolekcji, kontrolę jakości

tkanin, wprowadzanie nowych technologii wykańczania tkanin oraz konsultacje ze specjalistami w dziedzinie tekstyliów.

Zidentyfikowany problem

Jedną z grup produktów oferowanych przez UAB Textilis są tkaniny syntetyczne zadrukowywane metodą sublimacji. Z uwagi na fakt, że firma koncentruje się na zrównoważonej produkcji, zdecydowała się na druk sublimacyjny zamiast konwencjonalnego barwienia tkanin. Biorąc pod uwagę fakt, że podczas prania tekstylii syntetyczne uwalniają do wody mikrocząsteczki włókien syntetycznych, które stanowią niebezpieczne zanieczyszczenie środowiska, firma wdrożyła projekt, który pozwolił zmniejszyć liczbę prąi podczas użytkowania.

Wdrożona interwencja

Wykorzystując naturalne ekstrakty roślinne o działaniu antybakteryjnym, firma opracowała metodologię łączenia obróbki tkanin z substancjami antybakteryjnymi i druku sublimacyjnego w jednym procesie wykończeniowym (tworzenie indywidualnych wzorów i drukowanie tylko na częściach przeznaczonych do szycia, a nie na całej szerokości tkaniny – co dodatkowo zmniejsza zużycie barwnika i potencjalne zanieczyszczenie). Co ważne, nadanie tkaninom właściwości antybakteryjnych pozwala znacznie ograniczyć liczbę prąi.

Wyniki ilościowe

W trakcie badań stwierdzono, że liczbę prąi można zmniejszyć nawet 3-4-krotnie, ponieważ tkanina o właściwościach antybakteryjnych chroni produkt przed namnażaniem się bakterii chorobotwórczych pod wpływem potu. Biorąc pod uwagę, że większość syntetycznych mikrowłókien przedostaje się do wody właśnie podczas prania, jest to duże osiągnięcie w redukcji zanieczyszczenia mikroplastikiem.

Zaangażowanie interesariuszy

Tkaniny o właściwościach antybakteryjnych opracowane przez UAB Textilis spotkały się z bardzo dobrym przyjęciem konsumentów, zwracając ich uwagę na szkody wyrządzane środowisku przez sektor tekstylny. Wyniki tych badań będą dalej rozwijane na KTU, a także w Centrum Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wileńskiego (VU).

Wyciągnięte wnioski

Wyniki zrealizowanego projektu udowodniły, że liczba prąi wyrobów tekstylnych w trakcie ich cyklu życia może zostać znacząco ograniczona, co nie tylko przyczynia się do oszczędności zasobów (wody, energii elektrycznej), ale również do zmniejszenia zanieczyszczeń pochodzących z mikrowłókien, detergentów i płynów do płukania tkanin stosowanych podczas prania w gospodarstwie domowym.

Dane kontaktowe

Strona internetowa: <https://www.textilis.lt/>

13.18.2. Opracowanie rozwiązań technologicznych do produkcji wkładek pochłaniających pot (01.2.1-MITA-T-851-01-0196)

Kontekst

Projekt badawczo-rozwojowy został wdrożony przez litewskie MŚP MB „Rūpestingi namai” we współpracy z KTU i Litewskim Uniwersytetem Nauk o Zdrowiu. MB „Rūpestingi namai” to młoda, innowacyjna, mała firma, wdrażająca różnorodne inicjatywy skoncentrowane na zrównoważonym rozwoju. Głównym celem wdrożonego projektu było stworzenie nowego, bezkonkurencyjnego na rynku modelu wkładki pochłaniającej pot pod pachy. Produkt ten jest skierowany do konsumentów o wrażliwej skórze, a także chroni ubrania przed potem, wchłaniając go bez pozostawiania śladów, oraz przed nieprzyjemnym zapachem spowodowanym rozwojem bakterii chorobotwórczych w środowisku potu. Wkładki pod pachy to innowacyjny produkt ze względu na minimalistyczny design, zrównoważony skład włókien i zastosowanie składników aktywnych. Ponadto wkładki pod pachy są wykonane z minimalistycznych odpadów.

Zidentyfikowano problem

Ponieważ wiadomo, że główne uwalnianie mikrowłókien z tekstyliów ma miejsce podczas prania na mokro, a głównym źródłem uwalnianych mikrowłókien są ścieki z pralki, przez które cząsteczki włókien syntetycznych przedostają się do oczyszczalni, a następnie do otwartych wód, niezwykle ważne jest wdrożenie środków, które ograniczą częstotliwość prania wyrobów tekstylnych.

Wdrożona interwencja

Ponieważ kwestie zrównoważonego rozwoju są obecnie szczególnie istotne, celem realizowanego projektu był wybór zrównoważonych, naturalnych i łatwo degradowalnych włókien do produkcji wkładek pod pachy, które z kolei muszą zapewniać odpowiednią kapilarność oraz statyczną i dynamiczną absorpcję wilgoci. Struktura wkładek musi być taka, aby zapewnić ich cienkość (niewidoczność), a jednocześnie wysoką chłonność, szybkie wchłanianie potu z ciała i „zamknięcie” w warstwie wewnętrznej, zapobiegając przenikaniu wilgoci na zewnątrz. Dwuwarstwowe wkładki pod pachy, charakteryzujące się wysoką chłonnością i chroniące ubrania przed potem oraz nieprzyjemnym zapachem spowodowanym rozwojem bakterii chorobotwórczych w środowisku potu, pomagają nie tylko rozwiązać problemy osób pocących się bardziej niż zwykle, ale także znacznie zmniejszyć liczbę prai. Ponadto, wkładki pod pachy zostały poddane działaniu naturalnych i ekologicznych substancji antybakteryjnych, co dodatkowo wpływa na zmniejszenie liczby koniecznych prai.

Wyniki ilościowe (redukcja kg/rok, %, itp.)

W trakcie badań odkryto, że liczbę prai można zmniejszyć nawet pięciokrotnie, ponieważ wkładki pod pachy absorbują i „zamykają” pot w wewnętrznej strukturze, a dodatkowo antybakteryjna powłoka wkładek chroni produkt przed namnażaniem się bakterii chorobotwórczych pod wpływem potu. Biorąc pod uwagę, że większość syntetycznych mikrowłókien przedostaje się do wody właśnie podczas prania, jest to ogromny sukces w redukcji zanieczyszczenia mikroplastikiem.

Zaangażowanie interesariuszy

Nowo opracowane produkty przyciągnęły uwagę konsumentów i wzbudziły ogromne zainteresowanie. Przyciągnęły również uwagę sprzedawców detalicznych i zwiększyły świadomość obu grup na temat

wyzwań zrównoważonego rozwoju związanych z konsumpcją wyrobów tekstylnych. W pracy zaangażowani byli również studenci, co przyczyniło się do podniesienia ich świadomości, co jest niezwykle ważne dla młodych inżynierów i przyszłych specjalistów, którzy będą pracować w firmach z branży tekstylnej.

Wyciągnięte wnioski

Wyniki zrealizowanego projektu udowodniły, że liczba prai wyrobów tekstylnych w trakcie ich cyklu życia może zostać znacząco ograniczona, co nie tylko przyczynia się do oszczędności zasobów (wody, energii elektrycznej), ale również do zmniejszenia zanieczyszczeń pochodzących z mikrowłókien, detergentów i płynów do płukania tkanin stosowanych podczas prania w gospodarstwie domowym.

13.19. Główne wyzwania i bariery

Litwa stoi w obliczu szeregu poważnych wyzwań i barier w ograniczaniu emisji mikrowłókien i mikroplastiku – począwszy od ograniczeń technologicznych w zakresie oczyszczania ścieków, a skończywszy na przeszkodach ekonomicznych i regulacyjnych .

13.19.1. Bariery technologiczne i infrastrukturalne

- Niewystarczająca wydajność usuwania: Chociaż litewskie oczyszczalnie ścieków (OŚ) usuwają obecnie około 57% mikroplastiku na etapie pierwotnym i wtórnym, znaczna jego część nadal trafia do środowiska. Obecne technologie często mają trudności z filtrowaniem mniejszych cząstek lub tych o złożonych kształtach, takich jak mikrowłókna.
- Ograniczenia recyklingu: Wysokiej jakości recykling pozostaje poważną przeszkodą. Technologie recyklingu opakowań kompozytowych (często stosowane ze względów estetycznych lub ze względu na trwałość) są często nieefektywne, zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym.
- Luki w infrastrukturze: Łagodzenie problemów u źródła, np. obowiązkowe filtry z mikrofibry do pralek, jest wciąż na etapie badań lub wczesnej fazy wdrażania i wymaga integracji z istniejącymi łańcuchami dostaw przemysłowych.

13.19.2. Wyzwania gospodarcze i rynkowe

- Niska konkurencyjność rynkowa: Recyklingowane tworzywa sztuczne na Litwie są często sprzedawane po cenach 2-3 razy niższych niż tworzywa pierwotne. Ta różnica cenowa, pogłębiona przez nadpodaż taniego, pierwotnego plastiku z rynków światowych (np. z Chin i Ameryki Północnej), zniechęca producentów do wyboru zrównoważonych alternatyw.
- Wysokie koszty operacyjne: Zaawansowane technologie usuwania mikroplastiku (np. zaawansowane utlenianie lub filtracja membranowa) wiążą się z wysokimi kosztami eksploatacji, co sprawia, że powszechne wdrożenie jest trudne finansowo dla wielu gmin

13.19.3. Przeszkody regulacyjne i strategiczne

- Przystarzałe i zróżnicowane przepisy: Starsze dyrektywy UE pozwalały państwom członkowskim wdrażać zarządzanie tworzywami sztucznymi na różne sposoby, co prowadziło do niespójnych rezultatów. Chociaż nowe rozporządzenie UE z 2024 roku ma na celu ujednolicenie, jego pełna integracja z litewskim prawem i praktyką krajową stanowi stałe wyzwanie na rok 2026.

- Nieosiągnięte cele: Litwa i UE nie osiągnęły celu, jakim było poddanie recyklingowi 50% tworzyw sztucznych do 2025 r.; obecnie priorytetem jest osiągnięcie 55% celu do 2030 r.
- Luki w monitorowaniu: Brakuje ujednoliconej terminologii i globalnie spójnych metodologii monitorowania, które pozwoliłyby dokładnie śledzić liczebność mikroplastiku w ekosystemach takich jak Zalew Kuroński.

13.19.4. Bariery środowiskowe i społeczne

- Postawy i mity społeczne: Motywacja społeczeństwa do sortowania odpadów jest podważana przez utrwalony męt, że posortowane odpady są ostatecznie spalane lub składowane na wysypiskach. Stopień czystości odpadów różni się również znacznie w zależności od lokalizacji (np. bloki mieszkalne w Kownie a domy prywatne), co pokazuje, że normy społeczne mają duży wpływ na jakość sortowania.
- Pierwotne źródło wycieku: Mikroplastik pochodzący z emisji innych niż spaliny (zużycie opon i hamulców) oraz granulki plastiku (które od końca 2025 r. będą podlegać regulacjom rozporządzenia UE 2025/2365) nadal przedostają się do środowiska, zanim zdążą zostać skutecznie uporzędkowane.
- Luki w wiedzy: Na Litwie przeprowadzono niewiele badań na temat losu unoszących się w powietrzu mikroplastików i ich interakcji z zieloną infrastrukturą miejską.

13.20. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki

Sukces Litwy w ograniczaniu emisji mikroplastiku i mikrowłókien jest efektem połączenia transgranicznych badań naukowych, innowacji sektora prywatnego oraz rozwijającego się ekosystemu czystych technologii. Litewska redukcja emisji mikrowłókien i mikroplastiku jest oparta na zaawansowanych partnerstwach między środowiskiem naukowym a przemysłem, rozwijającym się sektorze „czystych technologii” oraz proaktywnych inicjatywach w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi.

13.20.1. Innowacyjne technologie

MicroPlastGuard

Wspólny projekt KTU, Szwecji i polskich partnerów „MicroPlastGuard: Ograniczanie zanieczyszczenia mikroplastikiem poprzez zaawansowaną współpracę bałtycką” koncentruje się na opracowaniu znormalizowanych metod testowania ilościowego uwalniania mikrowłókien podczas prania oraz podniesieniu świadomości marek odzieżowych. Projekt zajmuje się problemem zanieczyszczenia mikroplastikiem w regionie Morza Bałtyckiego, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożenia, jakie stwarzają mikroplastiki pochodzące z tekstyliów syntetycznych. Projekt stanowi bezpośrednią odpowiedź na powszechne i narastające wyzwanie związane z zanieczyszczeniem mikroplastikiem w Morzu Bałtyckim. W ramach projektu opracowano metodologie testowania ilościowego uwalniania mikroplastiku i ma on na celu opracowanie innowacyjnych powłok i wykończeń w celu ograniczenia emisji mikroplastiku z tkanin syntetycznych. Projekt obejmuje również opracowanie innowacyjnych powłok i wykończeń tkanin syntetycznych, które mają znacząco ograniczyć uwalnianie mikroplastiku w trakcie ich cyklu życia.

<https://midf.ktu.edu/projects/mikroplastiko-tarsos-mazinimas-per-pazangu-baltijos-saliu-bendradarbiavima-mikroplastguard/>

<https://si.se/en/projects-granted-funding/mikroplastguard-łagodzenie-zanieczyszczenia-mikroplastikami-poprzez-zaawansowaną-współpracę-bałtycką/>

Zaawansowane przetwarzanie odpadów na energię

Litewscy naukowcy opracowali pionierską metodę przetwarzania mikrowłókien zbieranych ze źródeł przemysłowych i domowych jako zasobu, a nie odpadu. Naukowcy z Uniwersytetu Technicznego w Kownie (KTU) i Litewskiego Instytutu Energetycznego (LEI) opracowali pilotażową instalację do pirolizy, która przetwarza syntetyczne mikrowłókna (wychwytywane z suszarek do ubrań) w produkty energetyczne. Ten proces rozkładu termicznego osiąga 70- procentowy stopień konwersji, wytwarzając ropę naftową, gaz i węgiel drzewny. Szacuje się, że kłaczki pochodzące od 1 miliona ludzi mogłyby wyprodukować 14 ton ropy naftowej i 21,5 tony gazu rocznie. Ten rozkład termiczny zapobiega przedostawaniu się mikrowłókien uwięzionych w osadach do środowiska poprzez wykorzystanie ich na gruntach rolnych.

13.20.2. Inicjatywy przemysłowe lub miejskie

Misja Tekstylna

Grupa LTP, czołowy litewski producent tekstyliów, nawiązała współpracę z międzynarodowymi markami, takimi jak Vaude, w ramach międzynarodowego projektu „TextileMission”, wspieranego przez niemieckie Federalne Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych (BMBF). Inicjatywa ta koncentruje się na opracowaniu nowych tkanin i technik prania, które znacząco redukują mechacenie się mikrowłókien. „TextileMission” opiera się na wielopłaszczyznowym podejściu z jasno określonymi, mierzalnymi celami. Jeden z obszarów projektu koncentrował się na optymalizacji procesów produkcyjnych i najnowocześniejszych technik montażu, aby znacząco zmniejszyć ilość uwalnianych mikrocząstek na tym etapie. W ramach projektu właśnie w tym obszarze niezbędne było wykorzystanie wiedzy i doświadczenia LTP.

<https://www.ltpgroup.com/news-trends/poszukiwanie-innowacyjnych-rozwiązań-przeciw-mikroplastikom-z-Vaude>

<https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ifw/forschung/aktuelle-forschungsprojekte/TextileMission-Microplastics-of-Textile-Origin-Retention-of-Polyester-Particles-in-the-Sewage-Treatment-Plant-and-Environmental-Stability-of-new-Materials>

Model odpadów Alytus

Miasto Alytus stało się krajowym przykładem skutecznego zapobiegania powstawaniu odpadów i ich sortowania, pokazując, jak lokalne inicjatywy edukacyjne mogą obalić mit, że odpady segregowane nie nadają się do recyklingu. To innowacyjny, oparty na danych system, który koncentruje się na redukcji odpadów, sortowaniu i ponownym wykorzystaniu. Wykorzystuje on inteligentne pojemniki z elektronicznymi zamkami (płać za wyrzucanie), aby zachęcić mieszkańców do sortowania odpadów poprzez śledzenie zużycia, oraz wdraża systemy ponownego wykorzystania, takie jak „TikoTiks”, co czyni go liderem w dziedzinie inteligentnego gospodarowania odpadami na Litwie. Innowacyjne i odpowiedzialne zbieranie i przetwarzanie odpadów pomaga zmniejszyć ilość niebezpiecznych

odpadów przedostających się do środowiska, w tym tekstyliów i wyrobów z tworzyw sztucznych, z których mikroplastik przedostaje się do wód gruntowych poprzez glebę.

<https://novian.io/news/alytus-regional-waste-management-system-integrates-data-from-over-100000-users/>

13.20.3. Certyfikacje lub programy dobrowolne

Litwa ogranicza emisję mikroplastiku i mikrowłókien poprzez połączenie obowiązkowego raportowania na poziomie UE, rygorystycznych międzynarodowych standardów tekstylnych oraz dobrowolnych programów społecznej odpowiedzialności biznesu. Liderzy litewskiego przemysłu tekstylnego, tacy jak Omniteksas i Neaustima, wykorzystują międzynarodowe certyfikaty do weryfikacji swoich standardów dotyczących mikrowłókien i bezpieczeństwa:

- OEKO-TEX® STANDARD 100: Powszechnie przyjęty na Litwie certyfikat potwierdzający, że tekstylia są testowane pod kątem obecności substancji szkodliwych. Ostatnie aktualizacje obejmują zaostrzenie limitów dotyczących wydzielania włókien syntetycznych oraz wykorzystanie PET pochodzącego z recyklingu butelek pokonsumenckich.
- Global Organic Textile Standard (GOTS): Stosowany przez litewskich producentów w celu zapewnienia co najmniej 70-procentowej zawartości organicznych włókien naturalnych, co w naturalny sposób ogranicza uwalnianie syntetycznych mikrowłókien w porównaniu z czystymi syntetykami.
- Higg MSI (wskaźnik zrównoważonego rozwoju materiałów): litewskie przedsiębiorstwa wykorzystują go do ilościowego określania i przejrzystego raportowania wpływu swoich tekstyliów na środowisko, w tym danych dotyczących fragmentacji włókien.
- Masters of FLAX FIBRE™: Ten nowy, audytowany standard, który wejdzie w życie w 2026 r., zastępuje kartę „Europejskiego Lnu”, gwarantując zrównoważone praktyki rolnicze w przypadku lnu, będącego ważną gałęzią przemysłu włókien naturalnych na Litwie.

Globalne organizacje testujące, takie jak SGS, działające na Litwie, promują tę dobrowolną inicjatywę, aby pomóc markom we wdrożeniu standardowych metod testowania fragmentacji włókien podczas prania. Litwa aktywnie promuje dobrowolne, a następnie obowiązkowe podejście do Rozszerzonej Odpowiedzialności Producenta (EPR), szczególnie w przypadku tekstyliów. Marki takie jak litewski oddział H&M zebrały ponad 260 ton używanej odzieży, aby zapobiec niewłaściwej utylizacji i wyciekom mikroplastiku.

13.20.4. Udane partnerstwa lub projekty

FanPLESStic-sea

„FanPLESStic-sea” to projekt skoncentrowany na zapobieganiu i zmniejszaniu zanieczyszczenia wód i Morza Bałtyckiego mikroplastikiem. Projekt poszerzył wiedzę i zrozumienie na temat dróg i źródeł rozprzestrzeniania się mikroplastiku poprzez pomiary różnych przepływów w społeczeństwie, a także opracowano opłacalne metody redukcji mikroplastiku. Projekt „FanPLESStic-sea” był wspierany przez program Interreg UE z partnerami z Litwy, Szwecji, Danii, Norwegii, Finlandii, Łotwy, Polski i Rosji. Głównym litewskim partnerem w projekcie była Izba Przemysłowo-Handlowa i Rzemieślnicza w Szawlach. Litwa uczestniczyła w tej międzynarodowej inicjatywie mającej na celu mapowanie dróg przedostawania się mikroplastiku do Morza Bałtyckiego, co doprowadziło do opracowania nowych

narzędzi dla przedsiębiorstw wodociągowych, które pozwolą im zatrzymać mikroplastik, zanim dotrze on do ekosystemów morskich.

Projekt BALTIPLAST

Współpraca między Kowieńską Agencją Rozwoju Regionalnego, UAB „Nivela”, a Kowieńskim Regionalnym Centrum Gospodarki Odpadami miała na celu przeprowadzenie kompleksowych inwentaryzacji plastiku i ograniczenie zużycia plastiku jednorazowego użytku. Jej główne założenie było proste: skuteczne zapobieganie plastikowi wymaga skoordynowanych działań w ramach strategii, codziennych zachowań organizacyjnych i systemów gospodarki odpadami. BALTIPLAST wspólnie opracował i przetestował ramy strategiczne skoncentrowane na zapobieganiu, ponownym użyciu i recyklingu. Uzupełnieniem tych rozwiązań były miękkie rozwiązania ukierunkowane na zużycie plastiku u źródła, w szczególności Narzędzie Inwentaryzacji Plastiku, które umożliwiło organizacjom, szkołom, firmom i gospodarstwom domowym uwidocznienie zużycia plastiku i podejmowanie działań w oparciu o mierzalne fakty, a nie założenia.

<https://interreg-baltic.eu/project/baltiplast/>

13.21. Polityki krajowe i ramy regulacyjne

13.21.1. Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku

Na Litwie kwestie mikroplastiku regulowane są przede wszystkim przepisami UE, uzupełnionymi o krajowe przepisy dotyczące ochrony środowiska i gospodarki odpadami.

1. Ograniczenie stosowania mikroplastików celowo dodawanych. Na Litwie obowiązuje rozporządzenie Komisji (UE) 2023/2055, które ogranicza stosowanie mikrocząstek polimerów syntetycznych (SPM) samodzielnie lub celowo dodawanych do mieszanin:

- Obowiązujące zakazy (od 2026 r.): Sprzedaż luźnego plastikowego brokatu oraz produktów zawierających mikrogranulki (stosowanych do złuszczenia i czyszczenia) jest zabroniona.
- Obowiązki sprawozdawcze (maj 2026 r.): Do 31 maja 2026 r. litewscy producenci i przemysłowi użytkownicy granulatów, płatków i proszków z tworzyw sztucznych muszą złożyć do Europejskiej Agencji Chemikaliów (ECHA) swój pierwszy roczny raport, w którym szczegółowo opiszą dane za 2025 r. dotyczące szacowanych emisji mikroplastiku.
- Oznakowanie i informacje: Od października 2025 r. dostawcy mikroplastiku do zastosowań przemysłowych muszą umieszczać na etykietach lub kartach charakterystyki dokładne instrukcje dotyczące stosowania i utylizacji, aby zapobiec przedostawaniu się do środowiska.

2. Zapobieganie stratom granulatu plastikowego. Litwa jest obecnie w trakcie wdrażania rozporządzenia w sprawie zapobiegania stratom granulatu plastikowego (UE 2025/2365), przyjętego pod koniec 2025 r.

- Zakres: Dotyczy każdego litewskiego przedsiębiorcy przetwarzającego rocznie pięć ton lub więcej granulatu plastikowego.
- Zgodność: Duże i średnie przedsiębiorstwa muszą uzyskać certyfikat zgodności, natomiast mniejsze przedsiębiorstwa mogą posłużyć się własną deklaracją zgodności.

- Materiały szkoleniowe: Do 17 grudnia 2026 r. Komisja Europejska, przy udziale państw członkowskich, opublikuje materiały podnoszące świadomość, mające na celu wsparcie pełnego wdrożenia tego rozporządzenia.
3. Krajowe przepisy dotyczące odpadów i opakowań. Litwa stosuje przepisy krajowe w celu ograniczenia ilości „makro” odpadów plastikowych, które ostatecznie ulegają degradacji do wtórnego mikroplastiku:
- Ustawa o opakowaniach i gospodarce odpadami opakowaniowymi: Na Litwie wprowadzono zakaz bezpłatnej dystrybucji lekkich i bardzo lekkich plastikowych toreb na zakupy w punktach sprzedaży.
 - Rozszerzona odpowiedzialność producenta (ROP): Litwa podkreśla, że ROP i skuteczny system kaucji za butelki PET są kluczowymi krajowymi mechanizmami prawnymi służącymi redukcji zanieczyszczenia plastikiem.
4. Przyszłe terminy legislacyjne. Litewski przemysł przygotowuje się do nadchodzącego wycofywania produktów w ramach stopniowego wdrażania prawa UE:
- Październik 2027: Zakaz stosowania kosmetyków spłukiwanych (szampony, żele pod prysznic) zawierających mikroplastik.
 - Październik 2028: Zakaz stosowania detergentów, płynów do zmiękczenia tkanin, wosków i past zawierających mikroplastik.
 - 2031–2035: Obowiązkowe oznakowanie kosmetyków do makijażu i produktów do ust „zawiera mikroplastik” rozpocznie się w 2031 r., a następnie w 2035 r. nastąpi całkowity zakaz.

13.21.2. Zgodność z przepisami UE

Na Litwie przepisy krajowe są ściśle dostosowane do prawodawstwa UE, priorytetowo traktując redukcję emisji mikroplastiku u źródła. Dostosowanie to charakteryzuje się bezpośrednim stosowaniem rozporządzeń UE i transpozycją dyrektyw do krajowych kodeksów ochrony środowiska.

1. Bezpośrednie stosowanie ograniczeń unijnego rozporządzenia REACH. Litwa egzekwuje rozporządzenie Komisji (UE) 2023/2055, które dotyczy celowo dodawanych mikroplastików:
- Aktywne zakazy: Produkty takie jak luźny plastikowy brokat i kosmetyki zawierające ścierny mikrogranulki są zakazane od końca 2023 r.
 - Sprawozdawczość przemysłowa (nowość na rok 2026): Do 31 maja 2026 r. litewscy producenci i przemysłowi użytkownicy granulatów, płatków i proszków z tworzyw sztucznych muszą złożyć do Europejskiej Agencji Chemikaliów (ECHA) swój pierwszy roczny raport, w którym szczegółowo opisać szacunkowe emisje mikroplastiku za rok kalendarzowy 2025.
 - Harmonogram wycofywania: Władze krajowe monitorują przestrzeganie harmonogramu UE, w tym zbliżającego się zakazu stosowania kosmetyków spłukiwanych (październik 2027 r.) i detergentów (październik 2028 r.).
2. Zapobieganie stratom granulatu tworzyw sztucznych. Po wejściu w życie rozporządzenia (UE) 2025/2365 w grudniu 2025 r. Litwa wprowadziła nowy system nadzoru nad surowcami przemysłowymi:

- Obowiązkowe zarządzanie ryzykiem: Litewscy operatorzy przetwarzający rocznie 5 ton lub więcej granulatu plastikowego są prawnie zobowiązani do wdrożenia planów zarządzania ryzykiem w celu zapobiegania wyciekom.
- Wymagania dotyczące certyfikacji: Duże i średnie przedsiębiorstwa litewskie (przetwarzające >1500 ton/rok) muszą uzyskać niezależny certyfikat zgodności wydany przez trzecią stronę.
- Etykietowanie i pakowanie: Nowe wymogi gwarantują, że granulat będzie opatrzony odpowiednimi piktogramami i ostrzeżeniami. Do grudnia 2026 r. UE ma zamiar dostarczyć dodatkowe materiały szkoleniowe, które ułatwią wdrożenie tych wymogów na szczeblu lokalnym.

3. Transpozycja dyrektyw UE. Litwa dostosowuje swoje krajowe przepisy dotyczące ochrony środowiska do szerszych strategii UE mających na celu ograniczenie wtórnego mikroplastiku:

- Jakość wody pitnej: Litwa dokonała transpozycji dyrektywy UE w sprawie wody pitnej, która zawiera wymogi dotyczące monitorowania mikroplastiku w łańcuchu dostaw wody, w miarę jak dostępne będą ujednolicone metodologie.
- Prawo o gospodarce odpadami: Ustawa o ochronie środowiska i ustawa o opakowaniach i gospodarce odpadami opakowaniowymi są zgodne z celami UE dotyczącymi redukcji tworzyw sztucznych jednorazowego użytku, wykorzystując ramy rozszerzonej odpowiedzialności producenta (ROP) i skuteczny system kaucji w celu zapobiegania degradacji makrocząsteczek plastiku.
- Filtry do pralek: Od 2026 roku zaczną obowiązywać bardziej rygorystyczne wymogi dotyczące wyposażenia nowych pralek w zintegrowane filtry z mikrofibry.
- Bezpieczeństwo morskie: Zgodnie z włączeniem transportu morskiego UE do rozporządzenia w sprawie peletu, Litwa nadzoruje szczególne obowiązki dla statków morskich w celu zapobiegania wyciekom na Morzu Bałtyckim, zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO).

13.21.3. Plany strategiczne, zachęty i programy

Strategiczny krajobraz Litwy w zakresie mikroplastiku i mikrowłókien koncentruje się na integracji gospodarki o obiegu zamkniętym, ukierunkowanym finansowaniu prac badawczo-rozwojowych oraz przygotowaniu przemysłu tekstylnego do nowych nakazów unijnych.

1. Strategiczne plany krajowe:

- Narodowa Strategia Ochrony Środowiska 2030: Ten dokument wysokiego szczebla określa zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych i gospodarkę odpadami jako priorytety długoterminowe. W 2026 roku będzie on stanowił ramy dla redukcji ilości odpadów morskich, w tym mikroplastiku, trafiających do ekosystemu Morza Bałtyckiego.
- Krajowy Plan Energii i Klimatu (NECP) na lata 2021–2030: Chociaż skoncentrowano się przede wszystkim na redukcji emisji gazów cieplarnianych, zaktualizowany plan (na lata 2024–2026) integruje technologie „neutralne dla środowiska” i innowacje neutralne dla klimatu, w tym ścieżki finansowania zaawansowanych projektów dotyczących przetwarzania odpadów w energię, które zapobiegają wyciekom plastiku.

- Wizja Litwy 2050: Ta długoterminowa strategia obejmuje zobowiązania do „odnawiania, ochrony i pielęgnowania naturalnych ekosystemów” poprzez odpowiedzialną konsumpcję i zachęty do korzystania z zielonej energii.

2. Programy i finansowanie ukierunkowanych prac badawczo-rozwojowych:

- Wspólna inicjatywa RTO Litwa (2025–2026): W 2025 roku wybrano do finansowania trzy duże innowacyjne projekty środowiskowe. Kluczowy projekt obejmuje stworzenie modelu do analizy migracji wtórnych mikroplastików z włókien tekstylnych przez układy naczyniowe roślin, pod kierownictwem naukowców z LAMMC, LEI i FTMC.
- Program na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatu (2022–2025/2026): Program ten, finansowany ze środków pochodzących z unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (ETS), wspiera inwestycje w rozwój biodegradacji i zielonej energii, zapewniając finansowe podstawy dla projektów mających na celu redukcję ilości odpadów z tworzyw sztucznych na skalę przemysłową.
- Sunrise Tech Park & Cleantech Litwa: Publiczne inwestycje w sektorze czystej technologii osiągnęły do 2025 r. kwotę 107,4 mln euro, a ich celem jest w szczególności gospodarka odpadami i gospodarka o obiegu zamkniętym w celu zwiększenia odporności przemysłu na zanieczyszczenie mikroplastikiem.

13.21.4. Krajowe działania normalizacyjne

Działania Litwy w zakresie normalizacji mikroplastiku i mikrowłókien koncentrują się na opracowaniu ujednoliconych metod testowania i dostosowaniu krajowych praktyk przemysłowych do nowych wymogów UE.

Litwa aktywnie uczestniczy w rozwoju metodologii opartych na badaniach:

- Projekt MicroPlastGuard (2024–2026): Uniwersytet Techniczny w Kownie (KTU) we współpracy z instytucjami polskimi i szwedzkimi prowadzi działaniom mającym na celu zniwelowanie luk naukowych w zakresie standardowych metod badawczych służących do ilościowego określania uwalniania mikrowłókien podczas prania tekstyliów syntetycznych.
- Inicjatywy harmonizacyjne: Na lata 2025 i 2026 litewscy naukowcy zaapelowali o ujednolicenie na szczeblu międzynarodowym ram oceny ryzyka i ujednolicenie metodologii analitycznych w celu zapewnienia spójnej polityki w całej UE.

Ponadto Litwa przyjmuje normy międzynarodowe za pośrednictwem Litewskiej Rady Normalizacyjnej (LST), w tym:

- ISO 24187:2023: Ogólne zasady analizy mikroplastiku w środowisku.
- Seria ISO 4484: Normy szczegółowe dotyczące mikroplastiku pochodzącego ze źródeł tekstylnych, w tym:
 - Część 1: Oznaczanie strat materiału z tkanin podczas prania.
 - Część 3: Pomiar masy uwalnianej z produktów podczas prania w warunkach domowych.
- Warsztaty metodologiczne: Organizacje takie jak Centrum Nauk Fizycznych i Technologii (FTMC) organizują sesje szkoleniowe (np. EcoBalt 2025) na temat stosowania standardowych technik μ -FTIR do wykrywania i charakteryzowania cząstek mikroplastiku.

13.22. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

13.22.1. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

Litewskie szkolenia i edukacja w dziedzinie mikroplastiku i mikrowłókien koncentrują się na rozwijaniu „zielonych umiejętności” w środowisku akademickim, przemyśle i sektorze publicznym, dążąc do zniwelowania luki między wiedzą naukową a praktyczną redukcją emisji. Trwają intensywne prace nad opracowaniem krajowych rekomendacji dotyczących szkoleń w zakresie „zielonych umiejętności”, aby zapewnić litewskiemu rynkowi pracy przejście na gospodarkę neutralną dla klimatu, ze szczególnym uwzględnieniem kompetencji w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym plastikiem. Szkolenia specjalistyczne są skierowane do interesariuszy w gminach nadmorskich, hotelarstwie (kempingi, hotele) oraz firmach zajmujących się gospodarką odpadami, aby mapować i ograniczać drogi przedostawania się plastiku do Morza Bałtyckiego.

Badania przeprowadzone na początku 2025 roku wykazały, że pomimo rosnącej świadomości, jedynie około połowa społeczeństwa aktywnie segreguje odpady plastikowe lub nosi ubrania z włókien naturalnych, aby uniknąć uwalniania mikrowłókien, co podkreśla potrzebę skuteczniejszej edukacji w zakresie zmiany zachowań. Litwa zajmuje się kilkoma zidentyfikowanymi lukami edukacyjnymi w zakresie mikroplastiku i mikrowłókien poprzez ukierunkowane reformy szkolnictwa wyższego (HEI) i specjalistyczne szkolenia zawodowe:

- Brak rozbieżności między teorią a praktyką: Istnieje wyraźna luka między świadomością studentów na temat znaczenia gospodarki o obiegu zamkniętym a jej praktycznym zastosowaniem w programach nauczania.
- Niedobór wiedzy systemowej: Badania krajowe wskazują na brak systematycznej wiedzy na temat korzyści środowiskowych i ekonomicznych płynących z gospodarki o obiegu zamkniętym dla litewskich przedsiębiorstw, w szczególności w sektorze tekstylnym i odzieżowym.
- Fragmentaryczne programy nauczania: W szkolnictwie podstawowym niższego szczebla często brakuje koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym i zrównoważonego rozwoju, co na późnym etapie nakłada na instytucje szkolnictwa wyższego obowiązek zapewnienia podstawowej wiedzy na temat ochrony środowiska.
- Niespójności w monitorowaniu: Istnieje pilna potrzeba ujednolicenia monitorowania i analizy wskaźników gospodarki o obiegu zamkniętym na szczeblu krajowym w celu ukierunkowania programów szkoleniowych.

13.22.2. Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych

Litewskie instytucje szkolnictwa wyższego i ośrodki kształcenia zawodowego zachęcane są do dostosowania programów nauczania do strategii UE na rzecz zrównoważonych i cyrkularnych tekstyliów oraz rozporządzenia w sprawie ekoprojektu dla zrównoważonych produktów (ESPR).

Poniższe zalecenia koncentrują się na zmniejszeniu rozbieżności między inżynierią tekstylną, nauką o środowisku i zgodnością cyfrową:

- Projektowanie z myślą o trwałości i niskim uwalnianiu mikrowłókien: Programy inżynierskie i projektowe (takie jak te na KTU) powinny wprowadzić obowiązkowe moduły na temat „mechaniki fragmentacji włókien”. Moduły te obejmują naukę o tym, w jaki sposób skręt przędzy, gęstość splotu i szcztokowanie mechaniczne podczas wykańczania wpływają na uwalnianie mikrowłókien.
- Bezpieczeństwo chemiczne i nanomateriałów: Zintegrowanie specjalistycznych kursów dotyczących zrównoważonego wykańczania tekstyliów. Powinny one obejmować opracowywanie i stosowanie biodegradowalnych powłok oraz innowacyjnych biożywic, które mają „unieruchamiać” włókna bez utraty „oddychalności”.
- Szkolenie w zakresie Paszportu Produktu Cyfrowego (DPP): Ponieważ UE nakazuje, aby DPP obowiązywały do 2026/2027 r., studenci mody i zarządzania muszą odbyć szkolenie w zakresie technologii śledzenia (np. RFID, blockchain), aby móc śledzić skład materiałów i zawartość materiałów pochodzących z recyklingu, co ma kluczowe znaczenie w przypadku raportowania mikrowłókien.
- Laboratoria chemii analitycznej: Utworzenie praktycznych modułów laboratoryjnych skupiających się na spektroskopii FTIR i Ramana w celu identyfikacji mikrowłókien w ściekach. Dzięki temu studenci będą mogli wykonywać standardowe testy wymagane obecnie przez międzynarodowe marki.
- Zaawansowana konserwacja i pranie: szkolenie zawodowe dla kierowników obiektów pralniczych i techników przemysłowych powinno obejmować instalację i konserwację przemysłowych systemów filtracji z mikrowłókien, które w roku 2026 staną się coraz bardziej standardem branżowym.
- Poruszanie się po przepisach UE: Wprowadź szkolenie na temat otoczenia prawnego, w szczególności naucz studentów, jak interpretować i przestrzegać dyrektywy w sprawie oświadczeń ekologicznych, aby zapewnić, że marketing „wolny od mikroplastiku” będzie poparty zweryfikowanymi danymi naukowymi.
- Komunikacja z interesariuszami: szkolenie przyszłych menedżerów w zakresie „raportowania przejrzystego”, co umożliwi im skuteczne przekazywanie inwestorom i konsumentom złożonych danych dotyczących środowiska (np. emisji mikrowłókien).

13.23. Wnioski

Sektor tekstylny na Litwie jest ważnym graczem w przemyśle, odgrywającym znaczącą rolę pod względem zatrudnienia, eksportu i PKB. Litewskie firmy tekstylne działają we wszystkich obszarach produkcji – wytwarzania przędzy, dzianin, tkanin, włókien, wyrobów technicznych i o wysokiej wartości dodanej, szycia itp.

Analiza obecnej sytuacji na Litwie wykazała, że zanieczyszczenie mikroplastikiem i mikrowłóknami tekstylnymi jest nowym, ale dobrze znanym problemem środowiskowym o dużym znaczeniu dla sektora tekstylnego i zarządzania środowiskiem wodnym. Badania naukowe potwierdzają, że większość syntetycznych mikrowłókien uwalnia się podczas prania i osadza w osadach ściekowych, a następnie przedostaje się do gleby i ekosystemów wodnych. Stwierdzono, że faza użytkowania wyrobów tekstylnych, a zwłaszcza pranie w domu, jest jednym z najważniejszych źródeł uwalniania mikrowłókien. Należy jednak zwrócić szczególną uwagę na gospodarowanie odpadami tekstylnymi.

Litwa posiada dobrze rozwiniętą bazę naukowo-techniczną, obejmującą uniwersytety, centra technologiczne i publiczne instytucje badawcze w dziedzinie zrównoważonego rozwoju tekstyliów oraz badań nad mikroplastikiem/mikrowłóknami, wspieraną przez krajowe i europejskie inicjatywy w zakresie badań, rozwoju i innowacji. Inicjatywy te doprowadziły do postępu w identyfikacji źródeł emisji, charakteryzowaniu mikrowłókien oraz opracowywaniu rozwiązań technologicznych zarówno w zakresie zapobiegania uwalnianiu mikroplastiku/mikrowłókien, jak i ich gromadzenia i usuwania w systemach uzdatniania wody.

Litwa ściśle przestrzega międzynarodowe wymogi odnośnie ochrony środowiska i stosuje surowe przepisy, zgodne z dokumentami UE. Na Litwie czyste zasoby wody słodkiej są uważane za dobro narodowe, dlatego szczególną uwagę przywiązuje się do ich czystości i zarządzania uzdatnianiem wody.

Na Litwie realizowano i nadal realizuje się projekty krajowe i międzynarodowe mające na celu badanie i kontrolę źródeł mikroplastiku/mikrowłókien, opracowywanie nowych metodologii badawczych i innowacyjnych technologii, edukowanie społeczeństwa i szkolenie odpowiednich specjalistów.

Litewski przemysł tekstylny bezpośrednio przyczynia się do powstawania uwolnionych mikrowłókien na różnych etapach produkcji, zwłaszcza w procesach wykańczania na mokro, cięcia itp. Uwzględnienie kryteriów ekoprojektowania i zrównoważonego rozwoju, wraz z optymalizacją procesów produkcji i wykańczania, zmniejsza uwalnianie włókien i ilość mikrowłókien w ściekach przemysłowych. Ponadto, stosowanie technologicznych rozwiązań w zakresie zbiórki mikrowłókien, zarówno w przemyśle, jak i we współpracy z innymi sektorami, a także udział w inicjatywach partnerskich i projektach pilotażowych, przyczyniają się do zmniejszenia związanego z tym wpływu na środowisko. Działania te można zintegrować ze strategiami zrównoważonego rozwoju firm i systemami rozszerzonej odpowiedzialności producenta.

Administracje publiczne również przyczyniają się do zapobiegania zanieczyszczeniom mikroplastikiem i mikrowłóknami tekstylnymi oraz zarządzania nimi poprzez ramy regulacyjne i istniejące mechanizmy wsparcia. Opracowanie przepisów, dostosowanych do kontekstu europejskiego, promowanie zharmonizowanych metod pomiaru i monitorowania oraz tworzenie programów wspierających wdrażanie rozwiązań technologicznych ułatwiają bardziej jednolite stosowanie środków ograniczających zanieczyszczenie mikroplastikiem. Ponadto, włączenie tego zagadnienia do polityk dotyczących gospodarki o obiegu zamkniętym, gospodarki odpadami i ochrony środowiska morskiego, wraz z działaniami informacyjnymi i podnoszącymi świadomość skierowanymi do obywateli i zainteresowanych stron, przyczynia się do skoordynowanej reakcji na szczeblu krajowym.

Litewskie instytucje szkolnictwa wyższego odgrywają kluczową rolę w przygotowywaniu specjalistów do rozwiązywania problemu mikroplastiku z wykorzystaniem podejścia multidyscyplinarnego. W tym celu priorytetowo traktuje się integrację treści dotyczących mikroplastiku i mikrowłókien tekstylnych z odpowiednimi programami studiów, wzmacniając szkolenia z zakresu ekoprojektowania, mające na celu redukcję emisji mikrowłókien. Uczelnie opracowują również specjalistyczne i ustawiczne programy kształcenia oraz prowadzą badania stosowane we współpracy z wiodącymi firmami. Kluczowe jest również promowanie transferu wiedzy i upowszechnianie wyników badań naukowych w przemyśle i instytucjach administracji publicznej.

13.24. Bibliografia

CPVA. <https://cpva.lt>

EEA. Microplastics from textiles: towards a circular economy for textiles in Europe. (Retrieved 4 January 2025, from <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/microplastics-from-textiles-towards-a-circular-economy-for-textiles-in-europe>).

EVRK. https://osp.stat.gov.lt/static/EVRK2/EVRK2red_Lt_RIGHT.htm#13.

Every sample is contaminated: new research shows the extent of microplastic pollution in Lithuania (in Lithuanian), 2024. (Retrieved 4 January 2026 from: <https://cpva.lt/naujienos/kiemienas-meginy-s-uzterstas-nauji-tyrimai-rodo-mikroplastiko-tarsos-masta-lietuvoje#:~:text=%C5%A0iandien%20viso%20pasaulio%20j%C5%ABros%20ir%20vandenynai%20susiduria,keli%C4%85%20efektyvesniam%20j%C5%ABr%C5%B3%20%C5%A1iuk%C5%A1li%C5%B3%20steb%C4%97jimui%20ir%20valdymui>).

Gago, J.; Carretero, O., Filgueiras, A.V., Viñas, L. (2018). Synthetic microfibers in the marine environment: A review on their occurrence in seawater and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 365–376.

Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L. (2017). Production, use and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 3: e1700782.

IBISWorld. (Retrieved 2 January 2026, from <https://www.ibisworld.com/lithuania/industry/clothing-manufacturing/200145/#IndustryStatisticsAndTrends>).

LMT. <https://lmt.lrv.lt/lt/>

Marine Valley. <https://jti.ku.lt/en/>

MicroPlastGuard. <https://en.ktu.edu/projects/mitigating-microplastics-pollution-through-advanced-baltic-cooperation-microplastguard/>

Rathinamoorthy, R., Balasaraswathi, S. R. (2020). A review of the current status of micro-fiber pollution research in textiles. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33, 364–387.

Statistika. (Retrieved 30 December 2025 from: <https://osp.stat.gov.lt/>).

Tanaka, S. (2022). Environmental Pollution and Remediation. In *Book: Design of Materials and Technologies for Environmental Remediation*. Springer. DOI: 10.1007/698-2021-819.

UWWTD. Urban Waste Water Treatment Directive. (Retrieved 4 January 2026 from: <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/6244937d-1c2c-47f5-bdf1-33ca01ff1715>).

Załącznik III: Raport krajowy – Polska

13.25. Wstęp

13.25.1. Cel raportu krajowego

Mikroplastik stanowi rosnące zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi. Mikroplastik jest obecny niemal wszędzie: w powietrzu, wodzie, glebie, a nawet w organizmach ludzi i zwierząt. Naukowcy wykryli te cząsteczki w każdym badanym środowisku wodnym, a ich wpływ na ekosystemy i zdrowie ludzi budzi coraz większe obawy. Jednym z najpoważniejszych źródeł mikroplastiku są produkty przemysłu tekstylnego: tekstylia i odzież, na różnych etapach ich cyklu życia. Biorąc to pod uwagę, konieczne jest rozpoznanie skali, statusu i obecnej sytuacji przemysłu tekstylnego, aby podjąć działania mające na celu ograniczenie zanieczyszczenia środowiska pochodzącego bezpośrednio lub pośrednio z tego przemysłu.

Celem raportu jest przedstawienie aktualnej sytuacji przemysłu tekstylnego w Polsce w kontekście wpływu krajowego przemysłu tekstylnego na powstawanie mikroplastiku i zanieczyszczenie wód bytowych mikroplastikiem, a także wskazanie działań łagodzących podejmowanych w celu ograniczenia zanieczyszczenia wód mikroplastikiem.

13.25.2. Krótkie dzieje sektora – znaczenie gospodarcze

W ciągu ostatniej dekady polski przemysł tekstylny przeszedł transformację od produkcji masowej opartej na niskich kosztach pracy w kierunku niszowych, wyspecjalizowanych rozwiązań o wysokiej wartości dodanej. Zmiany w strukturze i wielkości polskiego przemysłu tekstylnego-odzieżowego były spowodowane zarówno czynnikami politycznymi (transformacja systemowa przełomu lat 80. i 90. XX wieku), jak i zmianami gospodarczymi w skali globalnej – globalizacją rynku. Pomimo znacznej presji kosztowej i konkurencji ze strony Azji, polski przemysł utrzymuje stabilną pozycję jednego z czołowych producentów w Unii Europejskiej.

Kluczowymi czynnikami wpływającymi na obecną sytuację polskiego przemysłu tekstylnego są:

- wysoka pozycja polskiego przemysłu tekstylnego w Unii Europejskiej – Polska zajmuje trzecie miejsce w UE pod względem liczby przedsiębiorstw tekstylnych (po Włoszech i Francji) oraz zatrudnienia (po Włoszech i Niemczech);
- ekspansja eksportowa – polski przemysł tekstylny jest silnie skoncentrowany na eksporcie, który generuje ponad 60% przychodów ze sprzedaży. Głównymi kierunkami eksportu są Niemcy, Francja i Ukraina;
- struktura polskiego przemysłu tekstylnego – przemysł jest bardzo rozdrobniony; około 97% firm branży odzieżowej to mikroprzedsiębiorstwa [Polska branża odzieżowa na tle światowych religii, 2025];
- wartość produkcji – szacuje się, że wartość sprzedanej produkcji tekstylnej w 2025 r. wyniesie około 4,8 mld euro.

Szacuje się, że przemysł tekstylny-odzieżowy jest jednym z polskich sektorów o największym potencjale wzrostu. Podsektorami o największym potencjale wzrostu produktywności ze względu na skalę i generowaną wartość dodaną są: motoryzacja (8 mld euro), meblarstwo (6,8 mld euro) oraz tekstylia i odzież (5,7 mld euro).

Sektor tekstylny i odzieżowy należy do sektorów krajowych, które mają największe szanse na zniwelowanie różnic w produktywności w stosunku do UE-15.

13.26. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego

13.26.1. Struktura polskiego przemysłu tekstylnego

Obecnie cechą charakterystyczną szeroko rozumianego przemysłu tekstylnego jest stosunkowo niewielka liczba działających w Polsce podmiotów. Według szacunków Dun & Bradstreet, na koniec lutego 2024 r. w sektorze działało nieco ponad 9500 firm [Od potęgi do niższych dla wytrwałych. Co czeka na branżę tekstylną? 2024].

Co więcej, liczba firm tekstylnych maleje od trzech lat. Tylko w 2023 roku, w porównaniu z 2022 rokiem, zmniejszyła się ona o blisko 1,6%. Rośnie również liczba firm zawieszających działalność. W samym 2023 roku było ich blisko 500. Nie oznacza to jednak, że przemysł tekstylny całkowicie zniknął z polskiego krajobrazu gospodarczego. Nadal istnieją regiony, w których przemysł tekstylny prężnie się rozwija [Producenci tekstyliów, 2025]. Strukturę polskiego przemysłu tekstylnego według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2: Struktura polskiego przemysłu tekstyliów według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) [Producenci tekstyliów, 2025]

Kategoria	Liczba
13.10.A Produkcja przędzy bawełnianej	19
13.10.B Produkcja przędzy wełnianej	9
31.10.C Produkcja przędzy z włókien syntetycznych	10
13.10.D Produkcja przędzy z pozostałych włókien tekstylnych, włączając produkcję nici do szycia	20
13.10.Z Przygotowanie i przędzenie włókien tekstylnych	3
13.20.A Produkcja tkanin bawełnianych	32
13.20.B Produkcja tkanin wełnianych	4
13.20.C Produkcja tkanin syntetycznych	15
13.20.D Produkcja pozostałych tkanin	18
13.20.Z Produkcja tkanin tkanych	7
13.30 Wykańczanie tekstyliów	12
13.30.Z Wykańczanie wyrobów tekstylnych	141
13.91.Z Produkcja dzianin metrażowych	50
13.92.Z Produkcja wyrobów tekstylnych gotowych	651
13.93.Z Produkcja dywanów i chodników	26
13.94.Z Produkcja wyrobów powroźniczych, lin, szpagatów i sieci	30
13.95.Z Produkcja wyrobów włókninowych i wyrobów z włókna, z wyłączeniem odzieży	56

13.96.Z Produkcja pozostałych tekstyliów technicznych i przemysłowych	73
13.99.Z Produkcja pozostałych wyrobów tekstylnych, gdzie indziej niesklasyfikowanych	149
Całkowita liczba	1325

Strukturę polskiego przemysłu odzieżowego według produktów na podstawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) przedstawia tabela 3.

Tabela 3: Struktura polskiego przemysłu odzieżowego według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) [4.Producenci odzieży, 2025]

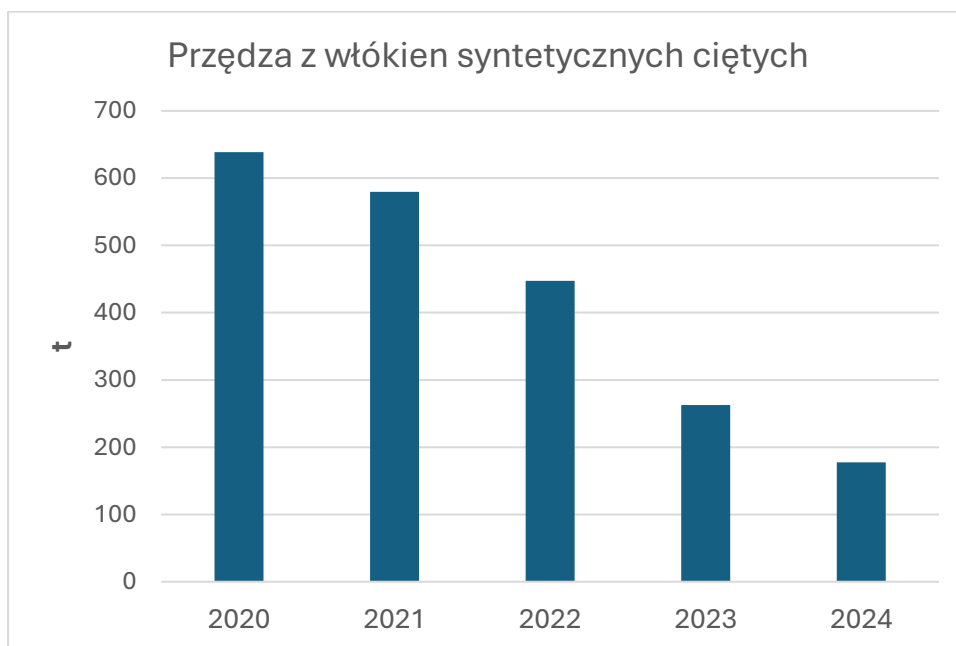
Kategoria	Liczba
14.10.Z Produkcja odzieży dzianej	40
14.11.Z Produkcja odzieży skórzanej	39
14.12.Z Produkcja odzieży roboczej	188
14.13.Z Produkcja pozostałej odzieży wierzchniej	690
14.14.Z Produkcja bielizny	98
14.19.Z Produkcja pozostałej odzieży i dodatków do odzieży	344
14.20.Z Produkcja wyrobów futrzarskich	6
14.21.Z Produkcja odzieży wierzchniej	53
14.22.Z Produkcja bielizny	7
14.23.Z Produkcja odzieży roboczej	14
14.29.Z Produkcja odzieży skórzanej i wyrobów futrzarskich	1
14.29.Z Produkcja pozostałej odzieży i dodatków odzieżowych, gdzie indziej niesklasyfikowana	25
14.31.Z Produkcja wyrobów pończosznich dzianych i szydełkowanych	41
14.39.Z Produkcja pozostałej odzieży dzianej i szydełkowanej	72
Całkowity	1618

Produkcja i sprzedaż wyrobów tekstylnych

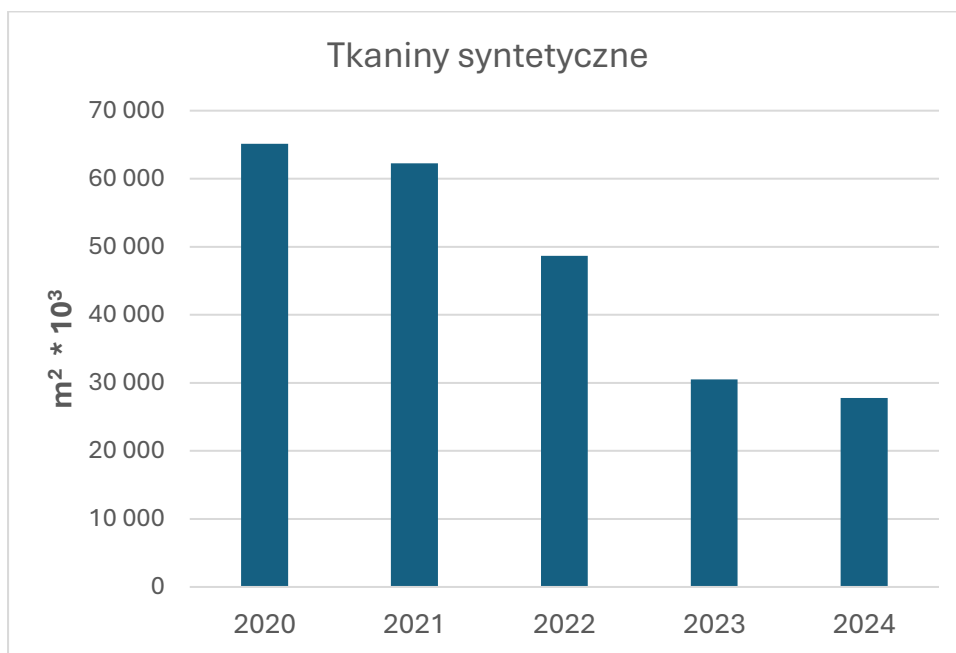
Produkcja

Przemysł tekstylny w Polsce przetwarza wszelkiego rodzaju surowce tekstylne i produkuje różnego rodzaju liniowe i płaskie wyroby włókiennicze. Jednak w kontekście mikroplastiku tekstylnego istotna jest produkcja i sprzedaż włókien syntetycznych, przędz i tkanin z tych włókien.

Poniższe rysunki (rys. 2, 3) przedstawiają wielkość produkcji wybranych wyrobów tekstylnych z tworzyw sztucznych w latach 2020 – 2024.

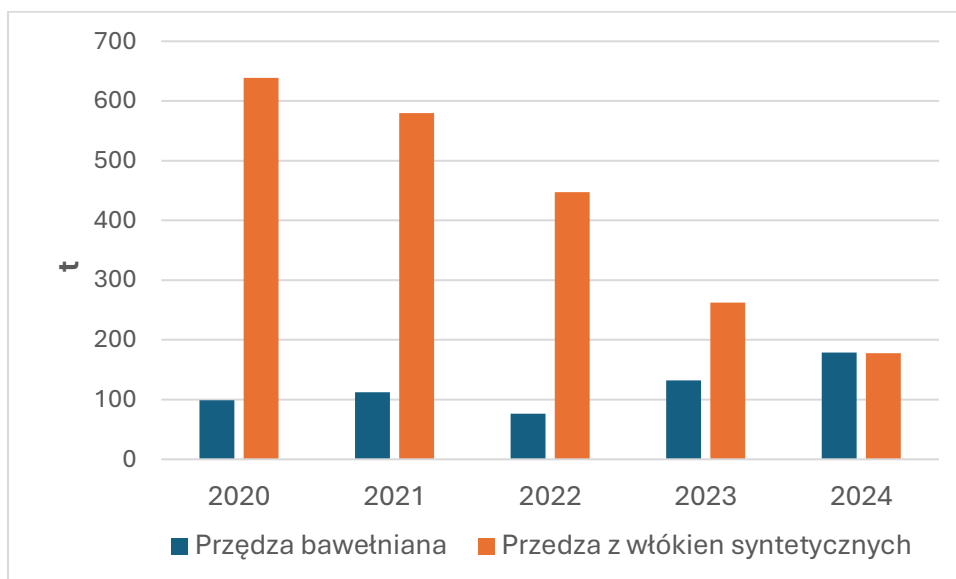


Rysunek 2: Produkcja przędz syntetycznych w Polsce w latach 2020-2024.

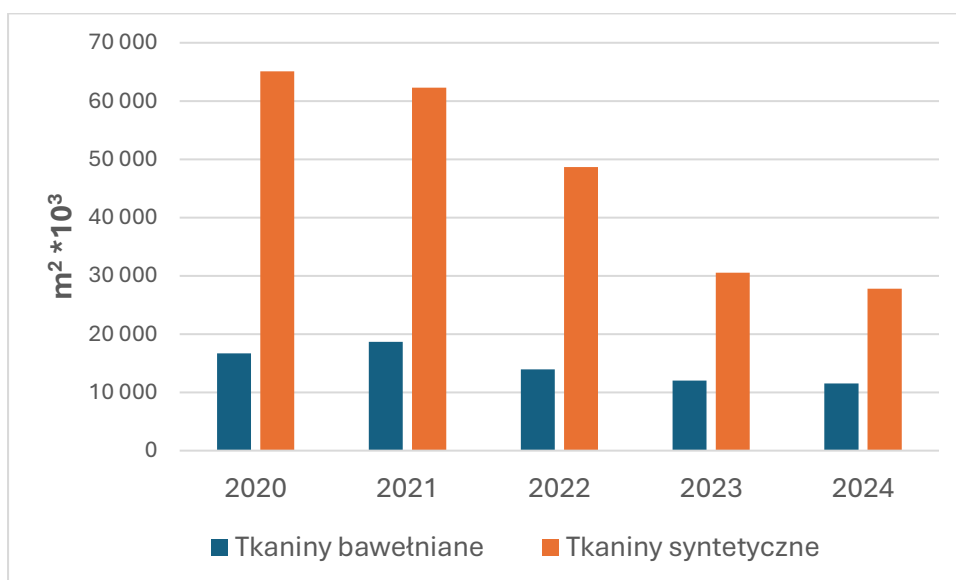


Rysunek 3: Produkcja tkanin syntetycznych w Polsce w latach 2020-2024.

Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że produkcja przędz i tkanin syntetycznych w Polsce systematycznie spada od 2020 roku. W przypadku przędz, produkcja przędz syntetycznych zmniejszyła się od 2020 roku trzykrotnie i osiągnęła poziom produkcji przędz bawełnianej (rys. 4). Należy to uznać za pozytywny trend z punktu widzenia redukcji mikroplastiku z produkcji przędz w Polsce.



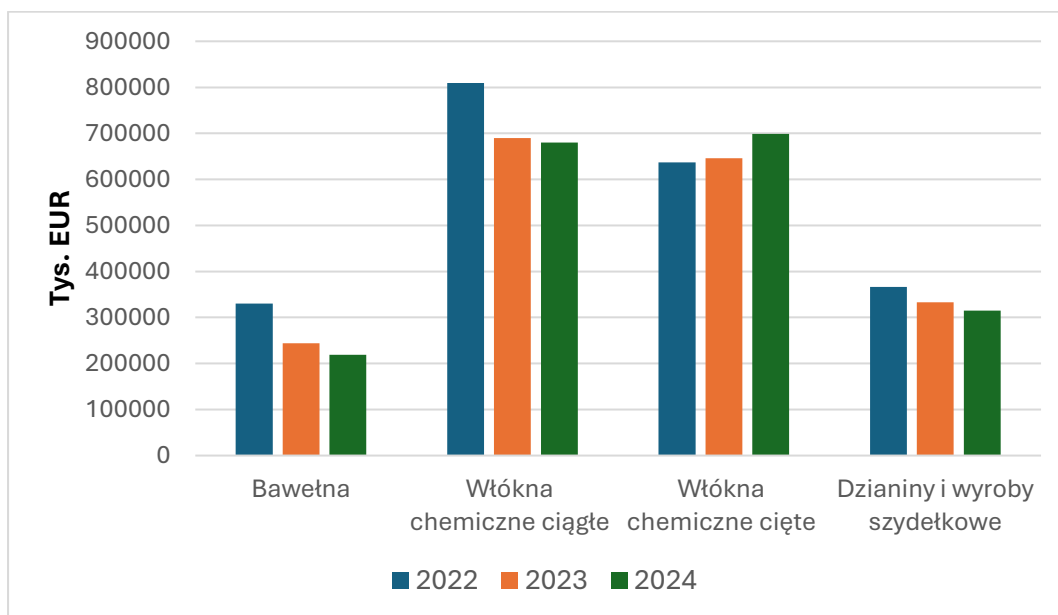
Rysunek 4: Porównanie produkcji przędz syntetycznych i bawełnianych w Polsce w latach 2020-2024.



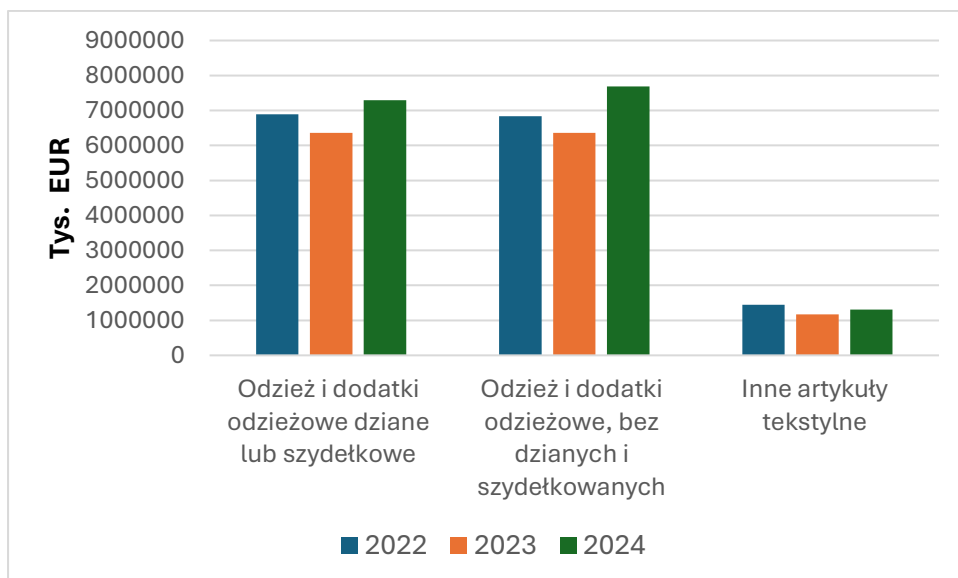
Rysunek 5. Porównanie produkcji tkanin syntetycznych i bawełnianych oraz tkanin bawełnianych w Polsce w latach 2020-2024.

Produkcja tkanin syntetycznych również maleje. Jednak w 2024 roku będzie ona ponad dwukrotnie większa niż produkcja tkanin bawełnianych (rys. 5). Porównując rysunki 5 i 6, można stwierdzić, że produkcja tkanin syntetycznych w Polsce w 2024 roku w połowie opiera się na imporcie przędz syntetycznych.

Rys. 6. przedstawia wartość polskiego importu włókien i dzianin w latach 2022-2024 [Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego RP 2022, Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego RP 2023, Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego RP 2024]



Rysunek 6. Wartość polskiego importu włókien i dzianin w latach 2022-2024 [Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2022, Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2023, Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2024].



Rysunek 7. Wartość polskiego importu odzieży i innych wyrobów tekstylnych gotowych w latach 2022-2024 [Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2022, Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2023, Rocznik Statystyczny Handlu Zagranicznego 2024].

Wyraźnie widać, że wartość importu włókien syntetycznych jest prawie trzykrotnie większa niż wartość importu bawełny. Co więcej, import włókien ciętych rośnie od 2022 roku. Nie jest to korzystny trend z punktu widzenia redukcji ilości mikroplastiku pochodzącego z polskiego przemysłu tekstylnego.

Z kolei wartość importu odzieży (rys. 7) znacząco – dziesięciokrotnie – przewyższa wartość importu włókien, przędz i dzianin, zaprezentowaną na rys. 6.

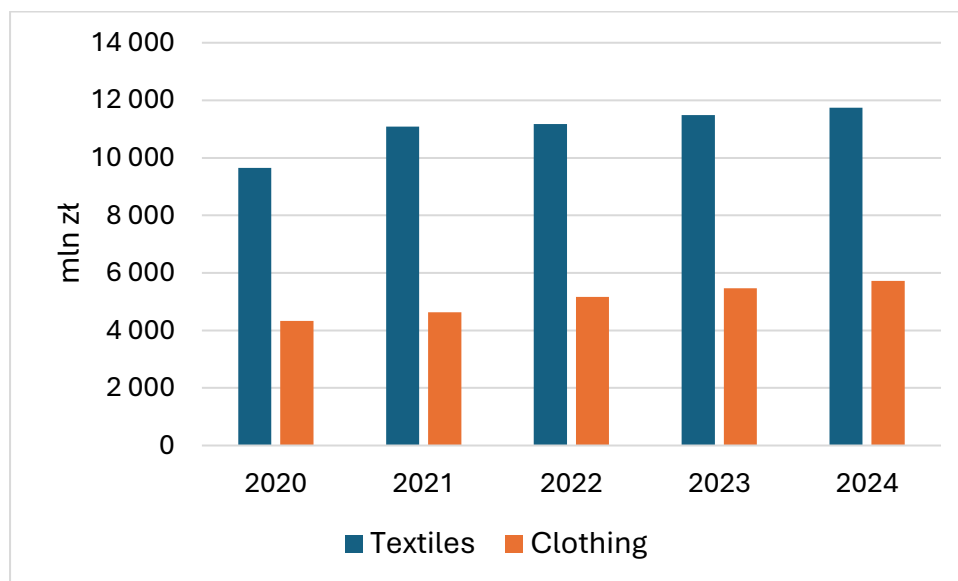
Co więcej, wartość importu produktów odzieżowych znacząco wzrosła w 2024 roku w porównaniu z 2023 rokiem. Może to być spowodowane wzrostem cen. Brak jednak danych, które by to potwierdzały.

Według szacunków Polskiej Izby Odzieżowo-Tekstylnej (PIOT), polski rynek odzieżowy w 2024 roku był wart 66,9 mld zł, z czego 10 mld zł pochodziło z produkcji krajowej. Dane zawarte w raporcie PMR Market Experts opiewają natomiast na 60 mld zł, z czego sama sprzedaż odzieży (bez bielizny, obuwia i dodatków) stanowi około 70% tej kwoty.

Według raportu „Digital Fashion Gap 2025” oraz Pulsu Biznesu, na rynku odzieżowym w Polsce dominuje odzież damska, która generuje około 53% przychodów branży, podczas gdy odzież męska i dziecięca stanowią odpowiednio 32% i 15%. W 2023 roku segment odzieży damskiej był wart 36 mld zł, co stanowiło ponad połowę rynku [Rosalio. Blog 2025].

Wartość importu ostatniej kategorii: „Inne gotowe artykuły tekstylne; odzież używana i szmaty z odzieży używanej” jest niepokojąca. Wartość w 2024 roku jest wyższa niż w 2023 roku, ale niższa niż w 2022 roku. Można to jednak również postrzegać jako pozytywny trend o zasięgu transgranicznym. Wzrost wartości importu odzieży używanej oznacza, że odzież ta będzie służyć dłużej.

Wartość sprzedaży wyrobów tekstylnych i odzieżowych w Polsce w latach 2020-2024 przedstawia poniższy wykres (rys. 8).



Rysunek 7: Wartość sprzedaży wyrobów tekstylnych i odzieżowych w Polsce w latach 2020-2024 [Walkowska – Macias; 2025]

13.27. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym

13.27.1. Krajowe źródła mikroplastiku

Badania wykazały, że głównymi źródłami mikroplastiku są tkaniny syntetyczne i opony, które odpowiadają za prawie dwie trzecie tego typu zanieczyszczeń w oceanach [10]. Polska jest

znaczącym producentem, a także importerem obu kategorii: tkanin syntetycznych (rys. 3) i opon. Z tego powodu problem mikroplastiku w wodzie jest w Polsce aktualny i istotny.

Wartość polskiego rynku odzieżowego osiągnęła 66,9 mld zł, z czego 10 mld zł pochodzi z produkcji krajowej, a pozostała część to wartość importu. Ogólnie rzecz biorąc, wydatki polskich gospodarstw domowych na odzież i obuwie osiągnęły w 2023 roku 5,3 mld euro, co plasowało Polskę na szóstym miejscu w Europie [Eurostat, Statistics]. Przewiduje się, że rynek odzieży i obuwia będzie rósł w tempie około 4% rocznie.

Biorąc powyższe pod uwagę można stwierdzić, że krajowymi źródłami mikroplastiku są:

- produkcja tekstyliów,
- użytkowanie tekstyliów

z przewagą użytkowania tekstyliów, z których większość jest importowana.

Produkcja tekstylna w Polsce obejmuje wszelkie technologie mechaniczne, czyli przędzenie, tkanie, dzianie i produkcję włókien, ale także chemiczne procesy włókiennicze, takie jak wykańczanie i funkcjonalizacja tkanin.

Żużycie tekstyliów w Polsce jest bardzo wysokie. Trend „szybkiej mody” (fast fashion) nadal dominuje na rynku odzieżowym.

13.28. Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien

13.28.1. Etap produkcji

Wszystkie rodzaje produkcji tekstylnej są źródłami mikroplastiku w Polsce. Polski przemysł tekstylny obejmuje produkcję przędz i tkanin syntetycznych w ilościach przedstawionych powyżej. Oprócz przędz z włókien naturalnych – bawełny i lnu – znaczną część produkcji stanowią przędze syntetyczne. Segment ten obejmuje teksturowanie, splatanie, skręcanie i dwojenie włókien syntetycznych. W każdym z wymienionych segmentów produkcji występują oddziaływania mechaniczne. Mogą one uszkadzać powierzchnię włókien i prowadzić do uwalniania się mikroplastiku.

13.28.2. Faza użytkowania

Podobnie jak we wszystkich krajach, użytkowanie odzieży i wyrobów tekstylnych jest źródłem mikroplastiku. Jest to związane z konserwacją wyrobów tekstylnych, zwłaszcza ich praniem. W Polsce najczęściej stosuje się pranie domowe. Pralnie przemysłowe są znacznie rzadsze.

13.28.3. Obsługa końca cyklu życia

Od 1 stycznia 2025 roku odpady tekstylne nie mogą być utylizowane jako odpady zmieszane. Obowiązuje selektywna zbiórka zużytych tekstyliów i odzieży. Używana, nieuszkodzona odzież, nadająca się do ponownego wykorzystania przez kolejnych użytkowników, jest umieszczana w odpowiednich pojemnikach. Odzież i tekstylia, które nie nadają się już do użytku, należy przekazać do punktów selektywnej zbiórki odpadów. Jest to zgodne z przepisami rządowymi.

13.29. Krajowe badania naukowo-techniczne

13.29.1. Aktywne instytucje badawcze

Analizą i zapobieganiem powstawaniu mikroplastiku zajmują się instytuty Polskiej Akademii Nauk (np. ERCE PAN Łódź, IOP PAN Kraków), instytuty resortowe (np. IRS Olsztyn, IMWM PIB) oraz wydziały uniwersytetów, politechnik, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW), Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, a także stowarzyszenia (np. WWF Polska, OTOP, Klub Przyrodników).

13.29.2. Projekty badawcze uniwersyteckie

- **Wpływ fizykochemicznych procesów oczyszczania wody i ścieków na los mikroplastiku**

Finansowane przez Narodowe Centrum Nauki (NCN); numer projektu badawczego: 2021/05/X/ST8/00567. Okres realizacji: 3 listopada 2021 r. – 2 listopada 2022 r., Kierownik projektu: dr inż. Sabina Ziembowicz.

Celem niniejszych badań jest określenie wpływu fizykochemicznych procesów oczyszczania wody i ścieków na mikroplastik obecny w wodzie i ściekach. Określono interakcje pomiędzy wybranymi procesami oraz ilość, wielkość, masę, kształt i strukturę powierzchni cząstek mikroplastiku. W ramach projektu zbadano cztery mikroplastiki (PE, PP, PVC, PS), które są najczęściej wykrywane w środowisku wodnym i ściekach. Analizą objęto proces koagulacji, dezynfekcję ozonem i promieniowaniem UV oraz proces Fentona, który jest obiecującą i skuteczną metodą usuwania trudno rozkładających się zanieczyszczeń organicznych, dlatego jest coraz częściej uwzględniany jako jeden z etapów oczyszczania ścieków.

- **Analiza obecności mikroplastiku w wodzie i adsorpcji różnych zanieczyszczeń na ich powierzchniach**

Jednostka wdrażająca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Kierownik projektu: mgr inż. Aleksandra Bogdanowicz, Źródła finansowania: YOUNG PW, IDUB („Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza”).

Celem projektu jest: (1) identyfikacja mikroplastiku w ujęciach wody i w wybranych punktach systemu zaopatrzenia w wodę oraz (2) ocena potencjału mikroplastiku do adsorpcji wybranych zanieczyszczeń (takich jak metale ciężkie i barwniki organiczne) w warunkach laboratoryjnych i terenowych.

- **Aktywność biodegradacyjna grzybów i interakcje grzyb-roślina w obecności mikroplastiku**

Jednostka wdrażająca: Uniwersytet Łódzki, Kierownik projektu: dr hab. Przemysław Bernat; Finansowane przez Narodowe Centrum Nauki (NCN).

Naukowcy z Katedry Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii na Wydziale Biologii, Ochrony Środowiska i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego badają dwa rodzaje mikroskopijnych grzybów występujących w glebie. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* wspomagają wzrost roślin, a grzyby z rodzaju *Fusarium* powodują choroby roślin. Naukowcy koncentrują się na badaniu wpływu tych grzybów na pszenicę i tego, jak mikroplastik obecny w glebie może ten wpływ modyfikować.

13.29.3. Badania branżowe

- **System do zbierania i przetwarzania danych w czasie rzeczywistym na temat obecności mikroplastiku i substancji ropopochodnych w wodzie**

Projekt realizowany przez konsorcjum z partnerem przemysłowym. Projekt jest finansowany w ramach Rządowego Programu Strategicznego „Hydrostrateg” – w ramach III konkursu Programu: „Innowacje dla gospodarki wodnej i żeglugi śródlądowej”.

Data podpisania umowy o dofinansowanie: 14 sierpnia 2025 r.

Celem projektu jest opracowanie i wprowadzenie na rynek pierwszego kompleksowego systemu (zespołu urządzeń) do ciągłego i automatycznego monitorowania obecności mikroplastiku (MP) w wodzie, bez konieczności ręcznej obsługi przez pracownika i dostarczania próbek do specjalistycznego laboratorium [Mateja-Furmaniak; 2025].

13.29.4. Udział w projekcie UE

- **Lakes Connect (Interreg Region Morza Bałtyckiego)**

Projekt koncentruje się na ochronie jezior przed mikrocząsteczkami plastiku i obejmuje działania edukacyjne w Warszawie. Polski partner wiodący: CNBCh UW (Centrum Analitycznych Ekspertów Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego).

- **Wielopoziomowa ocena mikroplastiku i związanych z nim zanieczyszczeń w Morzu Bałtyckim (MICROPOLL)**

Koordynator: IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB - IVL Svenska Miljöinstitutet Sztokholm. Czas trwania projektu: lipiec 2017 - wrzesień 2020. Celem projektu była ocena aktualnego stanu wprowadzania i rozmieszczenia mikroplastiku w Morzu Bałtyckim, zagrożeń związanych z mikroplastikiem oraz zaproponowanie opłacalnych i przyjaznych dla użytkownika strategii monitorowania mikroplastiku i związanych z nim zanieczyszczeń. Partner polski: Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy, Gdynia.

- **Łagodzenie zanieczyszczenia mikroplastikiem poprzez zaawansowaną współpracę bałtycką – MicroPlastGuard**

Okres realizacji: 01.10.2024 - 30.09.2026

Polski partner: Politechnika Łódzka,

Uniwersytet Techniczny w Kownie, Finansowanie w ramach Programu: Program Sąsiedztwa Morza Bałtyckiego SI – Projekty współpracy, Agencja finansująca: Instytut Szwedzki

Celem projektu jest rozwiązanie pilnego problemu zanieczyszczenia mikroplastikiem w regionie Morza Bałtyckiego, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożenia, jakie stwarzają mikroplastiki pochodzące z tekstyliów syntetycznych. Projekt zakłada współpracę z interesariuszami z sektora produkcji tekstyliów w celu opracowania znormalizowanych metod testowania ilościowego uwalniania włókien mikroplastiku podczas prania oraz zniwelowania deficytu wiedzy wśród marek odzieżowych i fabryk na temat uwalniania mikroplastiku w stanie suchym podczas produkcji, przetwarzania i recyklingu tekstyliów syntetycznych. Ponadto projekt podkreśla istotną rolę świadomości naukowej i społecznej,

międzynarodowych sieci ekspertów oraz dyskusji między przedsiębiorstwami i decydentami w rozwiązywaniu tych problemów. Ponadto projekt ma na celu opracowanie innowacyjnych powłok i wykończeń ograniczających emisję mikroplastiku z tkanin syntetycznych. Partnerstwa obejmują Politechnikę Kowieńską i Politechnikę Łódzką.

Publikacje

- Połec M., Aleksander-Kwaterczak , Wątor K., Kmiec E., The occurrence of microplastics in freshwater systems – preliminary results from Krakow (Poland) Geology, Geophysics and Environment, 2018, 44 (4): 391–412
- Piotr Zieliński*1) , Karolina Mierzyńska. Microplastics in Polish freshwater ecosystems: Current state of knowledge and research gaps . JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT
- Dacewicz, E., Łobos-Moysa, E. and Chmielowski, K. (2024) "Identification tools of microplastics from surface water integrating digital image processing and statistical techniques," Materials, 17(15), 3701. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma17153701>
- Kaliszewicz, A. et al. (2020) "The contamination of inland waters by microplastic fibres under different anthropogenic pressure: Preliminary study in Central Europe (Poland)," Waste Management & Research, 38(11), pp. 1231–1238. Available at: <https://doi.org/10.1177/0734242X20938448>.
- Citation: Świątek, O.; Dąbrowska, A. A Feasible and Efficient Monitoring Method of Synthetic Fibers Released during Textile Washing. Microplastics 2024, 3, 67–81. <https://doi.org/10.3390/microplastics3010005>
- Ormaniec P. Occurrence and analysis of microplastics in municipal wastewater, Poland. Environmental Science and Pollution Research (2024) 31:49646–49655; <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34488-z>

13.30. Studia przypadków

13.30.1. Studium przypadku 1 : Hydrostrateg

System zbierania i przetwarzania danych w czasie rzeczywistym dotyczących obecności mikroplastiku i substancji ropopochodnych w wodzie

Projekt, finansowany w ramach Rządowego Programu Strategicznego „Hydrostrateg”, w ramach III konkursu Programu „Innowacje dla gospodarki wodnej i żeglugi śródlądowej” – inicjatywy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, polega na opracowaniu innowacyjnego systemu automatycznego monitoringu mikroplastiku i substancji ropopochodnych w wodzie. Członkami konsorcjum realizującego projekt są:

- Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu,
- firma Techsy,
- Politechnika Wrocławska ,
- Państwowe Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej Wody Polskie .

Celem projektu jest opracowanie i wprowadzenie na rynek pierwszego kompleksowego systemu (zespołu urządzeń) do ciągłego i automatycznego monitorowania obecności mikroplastiku (MP) w wodzie, bez konieczności ręcznej obsługi przez pracownika i dostarczania próbek do specjalistycznego laboratorium. System jest zaprojektowany do pracy w warunkach rzeczywistych (terenowych), umożliwiając monitorowanie mikroplastiku w wodzie płynącej w rzekach, ciekach powierzchniowych, sieciach wodociągowych i wylotach oczyszczalni ścieków, umożliwiając bieżącą ocenę poziomu zanieczyszczeń bezpośrednio w miejscu poboru.

Data podpisania umowy o dofinansowanie: 14 sierpnia 2025 r.

Urządzenia opracowane w ramach projektu będą analizować próbki wody na miejscu i natychmiast przysyłać wyniki 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu, również w nocy i w weekendy. Wykorzystanie takiego systemu monitoringu na większą skalę w przyszłości umożliwi ciągły monitoring jakości wody pod kątem mikroplastiku, podobnie jak bieżący monitoring jakości powietrza pod kątem zanieczyszczeń, takich jak pył zawieszony, tlenek węgla i benzen, poprzez cały system stacji pomiarowych.

Projekt obejmuje opracowanie metody pobierania próbek, badania nad wykorzystaniem markerów i opracowanie metod analitycznych, które umożliwią precyzyjną identyfikację mikroplastiku bez konieczności stosowania skomplikowanych technik laboratoryjnych.

Grupą docelową projektu są przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne, zakłady przemysłowe oraz instytucje odpowiedzialne za ochronę środowiska. Dzięki projektowi użytkownicy uzyskają dostęp do innowacyjnego narzędzia, które umożliwi łatwiejszą i szybszą analizę mikroplastiku w wodzie.

Rezultatem projektu będzie gotowy do wdrożenia system, który umożliwi bieżący monitoring jakości wody, wspierając ochronę środowiska i zapewniając bezpieczną jakość wody dla społeczeństwa.

<https://techsy.com.pl/projekty/>

13.30.2. Studium przypadku 2: FanPLESStic-sea

Kontekst (firma/gmina/branża)

FanPLESStic-sea to projekt, którego celem jest zapobieganie i zmniejszanie zanieczyszczenia wody i Morza Bałtyckiego mikroplastikiem.

Projekt międzynarodowy – Projekt FanPLESStic-sea połączył organizacje partnerskie z ośmiu krajów bałtyckich: Szwecji, Finlandii, Norwegii, Danii, Polski, Łotwy, Litwy i Rosji. Polskę reprezentowały dwa podmioty z Gdańska: Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z oo oraz Gdańskie Wody Sp. z oo

Zidentyfikowano problem

Mikroplastik został znaleziony w najbardziej oddalonych rejonach Morza Bałtyckiego, a także w wodzie pitnej, ale rzeczywisty zasięg i konsekwencje tego problemu pozostają nieznane. Odzyskiwanie mikroplastiku z morza jest niezwykle trudne i kosztowne, a nawet niemożliwe przy użyciu istniejących technologii. Dlatego działania powinny koncentrować się na łagodzeniu źródeł i usuwaniu mikroplastiku, zanim przedostanie się do morza. Obecnie istnieje luka w wiedzy na temat rzeczywistych technologii usuwania oraz strategii wdrażania środków zapobiegawczych lub technologii usuwania.

Wdrożona interwencja

Międzynarodowy projekt badawczy FanPLEStic-sea koncentrował się na działaniach mających na celu redukcję ilości mikroplastiku odprowadzanego do Morza Bałtyckiego oraz eliminację jego potencjalnych źródeł. Celem projektu było również zwiększenie świadomości i wiedzy na temat dróg rozprzestrzeniania się mikroplastiku i jego źródeł. Aby zdobyć wiedzę niezbędną do osiągnięcia tych celów, w ramach projektu przeprowadzono badania zawartości mikroplastiku w różnych elementach środowiska, na obszarach związanych z działalnością człowieka. Dodatkowo, zweryfikowano wykonalność zastosowania opłacalnych metod/technologii eliminacji mikroplastiku na obszarach, gdzie może on potencjalnie występować.

Wyniki ilościowe (redukcja kg/rok, %, itp.)

W ramach projektu firma GIWK Sp. z o.o. przeprowadziła badania zawartości mikroplastiku w wodzie pitnej i ściekach, zweryfikowała stopień jego usuwania w procesach uzdatniania wody i ścieków, a także w procesie z wykorzystaniem sztucznej oczyszczalni ścieków, testowanym na stacji pilotażowej zbudowanej na terenie oczyszczalni w ramach innego projektu międzynarodowego. Firma zrealizowała również kampanię edukacyjną na temat mikroplastiku i jego szkodliwego wpływu na środowisko i zdrowie ludzi oraz nadzorowała realizację podobnych kampanii przez innych partnerów projektu. Punktem wyjścia do realizacji kampanii były działania prowadzone w ramach dobrze przyjętej i szeroko nagłośnionej kampanii edukacyjnej „Miasto na detoksie”, która odniosła sukces w Gdańsku i poza jego granicami.

Zaangażowanie interesariuszy

W realizacji projektu uczestniczyły dwie jednostki samorządu terytorialnego:

- Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z oo,
- Gdańskie Wody Sp. z oo

Wyciągnięte wnioski

- zdobyto wiedzę na temat pochodzenia mikroplastiku i dróg jego rozprzestrzeniania się,
- oceniono skuteczność technologii redukujących ładunki mikroplastiku lub zmniejszających ryzyko jego przedostawania się do wód,
- decydenci poszerzyli swoją wiedzę i zaangażowanie, przedstawiając sugestie dotyczące wdrażania opłacalnych metod redukcji mikroplastiku.

Dane kontaktowe (opcjonalnie)

<https://www.giwk.pl/dla-srodowiska/zrealizowane-projekty/projekt-fanplesstic-sea/>

13.31. Główne wyzwania i bariery

W Polsce występują różne bariery w ograniczaniu emisji mikroplastiku. Przede wszystkim należy tu wspomnieć o ograniczeniach ekonomicznych. Wpływają one zarówno na techniczne możliwości ograniczania emisji mikroplastiku, jak i na sposób zachowania i podejmowania decyzji przez konsumentów tekstyliów i odzieży. Wojna na Ukrainie powoduje znaczny wzrost wydatków budżetowych na obronność, znacznie wyższy niż w latach ubiegłych. Prowadzi to do utrzymania poziomu z lat ubiegłych, a nawet zmniejszenia finansowania badań i inwestycji.

Sytuacja finansowa i rynkowa polskiego przemysłu tekstylnego-odzieżowego jest trudna. Branża zmaga się z problemami wynikającymi z nadmiernego importu tekstyliów ze Wschodu, głównie z Chin. Produkty te są znacznie tańsze od wyrobów krajowych. Jednocześnie wysoka płaca minimalna, świadczenia socjalne i podatki nakładane na przedsiębiorców uniemożliwiają im konkurowanie z produktami importowanymi, a jednocześnie dysponują bardzo ograniczonymi środkami na inwestycje.

Sytuacja finansowa zmusza wiele osób do kupowania odzieży niższej jakości, często importowanej (np. z Chin) o nieznanym parametrach jakościowych i składzie surowcowym. Produkty tekstylne niższej jakości stanowią większe źródło mikroplastiku w porównaniu z wysokiej jakości tekstyliami i odzieżą, w tym dobrami luksusowymi, które mają niewielki udział w polskim rynku tekstylnego-odzieżowym.

Kolejnym wyzwaniem jest zmiana świadomości konsumentów tekstyliów i odzieży. W Polsce wciąż dominuje tzw. *fast fashion* (szybka moda). Barięą może być struktura wiekowa polskiego społeczeństwa, zdominowana przez osoby starsze. Osoby te rzadko korzystają z informacji internetowych na temat zagrożeń dla środowiska, mikroplastiku w wodzie i możliwych metod redukcji mikroplastiku. Starsi Polacy wciąż pamiętają sytuację na rynku w latach 80. i 90. XX wieku, kiedy to towary przemysłowe były bardzo trudno dostępne. Ludzie kupowali wtedy wszystko, co było dostępne w sklepie, niezależnie od potrzeby, obawiając się, że w przyszłości, gdy będą potrzebne, produkty te mogą nie być dostępne. Te nawyki i zwyczaje są nadal obecne w niektórych częściach społeczeństwa.

13.32. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki

13.32.1. Innowacyjne technologie

Polscy naukowcy z Politechniki Śląskiej w Gliwicach opracowują materiały o mniejszym wpływie na środowisko, wykorzystując chitozan, alginian sodu i skrobię, które mogą zastąpić tradycyjne tworzywa sztuczne. W niniejszym badaniu przedstawiono innowacyjną metodę produkcji folii wielowarstwowych, łączącą elektropzędzone włókna z polikaprolaktanu (PCL) z matrycą chitozanową. Nowo opracowane materiały zapewniają odczuwalną redukcję mikroplastiku i przyczyniają się do tworzenia czystszych i bardziej przyjaznych dla środowiska rozwiązań opakowaniowych [Jakubská i in., 2025].

13.32.2. Inicjatywy przemysłowe lub miejskie

Polski Pakt Plastikowy – inicjatywa Fundacji Kampania 17 Celów. Zrzesza przedsiębiorstwa i organizacje zaangażowane w łańcuch wartości tworzyw sztucznych, aby wspólnie działać na rzecz zamknięcia obiegu opakowań plastikowych w Polsce. Jest to wielostronna, międzysektorowa i kierowana przez przemysł platforma współpracy, której celem jest ograniczenie ilości odpadów i zanieczyszczeń pochodzących z opakowań plastikowych poprzez integrację różnych partnerów łańcucha wartości, w tym przedsiębiorstw, organizacji pozarządowych i innych kluczowych podmiotów w krajowym łańcuchu wartości tworzyw sztucznych.

https://paktplastikowy.pl/english-version/?utm_source=chatgpt.com

13.32.3. Certyfikacje lub programy dobrowolne

Certyfikat Wolny od Plastik (Plastic Free) – międzynarodowy i dobrowolny standard certyfikacji produktów. Potwierdza on, że produkty końcowe, opakowania i materiały nie zawierają

konwencjonalnych tworzyw sztucznych. Ten globalny system, należący do spółki non-profit PlasticFreeCertifications, innowacyjnego startupu, koncentruje się na eliminacji tworzyw sztucznych opartych na paliwach kopalnych i promowaniu stosowania bardziej zrównoważonych materiałów. Program jest dostępny dla różnych sektorów.

13.32.4. Udane partnerstwa lub projekty

- Projekt „Badanie mechanizmu transportu odpadów makroplastikowych w strumieniu porośniętym roślinnością”.

Projekt koncentruje się na rzekach z brzegami porośniętymi roślinnością. Jego głównym celem jest nie tylko odtworzenie drogi przemieszczania się odpadów plastikowych, ale przede wszystkim opracowanie rozwiązań ograniczających ich rozprzestrzenianie się w wodach śródlądowych oraz spływ do mórz i oceanów. W ramach projektu powstanie model matematyczny, który umożliwi numeryczne symulacje transportu plastiku w różnych warunkach przepływu wody. Wiedza ta pomoże szybciej i efektywniej monitorować wody pod kątem tego typu zanieczyszczeń oraz zapobiegać ich rozprzestrzenianiu się.

<https://zielonyrozwoj.pl/polscy-naukowcy-opracuja-model-sledzenia-mikroplastiku-w-rzekach/>

- Aquacollector,

Aquacollector to przenośne urządzenie przeznaczone do zbierania i usuwania mikroplastiku ze zbiorników wodnych. Urządzenie jest przeznaczone zarówno dla publicznych, jak i prywatnych właścicieli zbiorników wodnych. Prototyp jest zasilany panelami fotowoltaicznymi. Uzyskana w ten sposób energia napędza pompę zanurzeniową, która zwiększa przepływ wody przez system filtrów wychwytyjących zanieczyszczenia. Aquacollector jest wyposażony we wbudowany lokalizator i czujnik zatkania filtra. Opracowano również aplikację mobilną, która umożliwia zdalną lokalizację urządzenia i monitorowanie poziomu wypełnienia siatki filtra.

<https://slaskifestiwalnauki.pl/aquacollector-przenosne-urzadzenie-do-zbierania-i-utylizacji-zanieczyszczen-syntetycznych-z-akwenow>

- C-THRUE

Startup C-THRUE, we współpracy z Politechniką Warszawską i firmą biotechnologiczną Selvita, opracowuje biosensor zdolny do wykrywania mikroplastiku w polistyrenie. Kluczowym elementem jest kartridż mikroprzepływowy – niewielkie urządzenie, do którego użytkownik wrzuca próbkę wody lub żywności. Wynik można odczytać za pomocą aplikacji mobilnej i aparatu w telefonie. Technologia jest na etapie MVP (Microfluidic Cartridge). C-TRUE przetestował już biosensory na przykładzie alergenów orzeszków ziemnych. Naukowcy opracowują obecnie rozwiązanie dla polistyrenu, mając na uwadze inne rodzaje mikroplastiku.

<https://www.gazetaprawna.pl/wideo/z-pierwszej-strony/wideo/9884144,mikroplastik-na-talerzu-polski-start-up-chce-pomoc-nam-go-wykrywac.html>

13.33. Polityki krajowe i ramy regulacyjne

13.33.1. Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku

Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw

Ustawa wprowadziła obowiązek segregacji odpadów tekstylnych od 1 stycznia 2025 r.

(Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmiana ustawy o kontroli czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw - w języku polskim, Dz. U. z 2018 r. poz. 1454 i 1629 oraz z 2019 r. poz. 730 i 1403)

13.33.2. Zgodność z przepisami UE

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów (Tekst mający znaczenie dla EOG)

13.33.3. Plany strategiczne, zachęty i programy

- **Hydrostrateg**

Rządowy Program Strategiczny Hydrostrateg „Innowacje dla gospodarki wodnej i żeglugi śródlądowej”

Głównym celem programu jest wdrożenie nowych rozwiązań poprawiających efektywność wykorzystania i zarządzania wodą w Polsce.

Program obejmuje trzy obszary badawcze:

- woda w środowisku – bioróżnorodność/bioproduktywność,
- woda w mieście,
- żeglarstwo śródlądowe.

Konkretne cele to:

1. Zwiększenie retencji i poprawa jakości wody (z wykorzystaniem zasad zrównoważonego rozwoju i zrównoważonego gospodarowania wodą i ściekami).
2. Wdrażanie nowych metod badawczych, obserwacji i narzędzi wspomagających monitorowanie i ocenę stanu ekosystemów wodnych i ekosystemów od wody zależnych.
3. Zwiększenie wykorzystania dróg wodnych do żeglugi śródlądowej przy wykorzystaniu istniejących zasobów.

13.33.4. Krajowe działania normalizacyjne

Działalność normalizacyjna w Polsce opiera się na zasadzie przyjmowania norm europejskich i międzynarodowych jako Polskie Normy.

PN-EN ISO 24187:2024-02 Zasady analizy mikroplastików obecnych w środowisku

13.34. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

13.34.1. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

Istnieje potrzeba podnoszenia świadomości społecznej na temat szkodliwego wpływu mikroplastiku i sposobów zapobiegania mu. Świadomość Polaków jest stosunkowo wysoka. W internecie można znaleźć mnóstwo informacji, raportów, publikacji naukowych i wywiadów na ten temat. Istnieje jednak potrzeba kontynuacji i wzmocnienia tych działań.

Programy studiów, w tym także te prowadzone na kierunku Włókiennictwo Politechniki Łódzkiej, uwzględniają w swoich treściach przedmiotowych szeroko pojętą ochronę środowiska i zrównoważony rozwój, w tym zapobieganie powstawaniu mikroplastiku.

13.34.2. Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych

Transfer wiedzy i dobrych praktyk w zakresie mikroplastiku, jego źródeł i ograniczania jego wpływu powinien odbywać się na wszystkich poziomach edukacji, w tym na uniwersytetach trzeciego wieku.

Treści edukacyjne powinny być dostosowane do wieku i kompetencji uczestników. Przykładowo, dla dzieci i młodzieży wskazane byłoby wprowadzenie treści związanych z mikroplastikiem do gier komputerowych.

13.35. Wnioski

W Polsce mikroplastik powstaje na wszystkich etapach cyklu życia tekstyliów: produkcji, użytkowania i utylizacji.

Świadomość zagrożenia, jakie mikroplastik stwarza dla zdrowia i środowiska, jest bardzo wysoka, o czym świadczy liczba projektów, publikacji naukowych i treści w mediach społecznościowych.

Prowadzonych jest wiele projektów naukowych i edukacyjnych dotyczących zrównoważonego rozwoju, w tym mikroplastiku.

Należy kontynuować i zintensyfikować wszelkie wysiłki nakierowane na ograniczenie mikroplastiku.

Czynniki finansowe stanowią największą barierę w przeciwdziałaniu powstawaniu mikroplastiku, ponieważ wpływają na decyzje zarówno przedsiębiorstw, jak i indywidualnych użytkowników tekstyliów.

13.36. Bibliografia

Eurostat. Statistics. Household consumption by purpose, explained
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Household_consumption_by_purpose

Jakubka, J.; Hudecki, A.; Kluska, D.; Grzybek, P.; Gołombek, K.; Pakieła, W.; Spałek, H.; Włodarczyk, P.; Kolano-Burian, A.; Dudek, G. Innovative Multilayer Biodegradable Films of Chitosan and PCL Fibers for Food Packaging. *Foods* 2025, 14, 2470. <https://doi.org/10.3390/foods14142470>

Mateja-Furmanik M. Nowatorski system do walki z mikroplastikiem. Wrocławskie wodociągi testują przełomowe rozwiązanie, 2025. <https://zielony.onet.pl/przyroda/mikroplastik-w-wodzie-innowacyjny-projekt-wroclawskich-wodociagow/cw7v52v>

Od potęgi do niszy dla wytrwałych. Co czeka branżę włókienniczą? 2024; <https://media.big.pl/informacje-prasowe/832884/od-potegi-do-niszy-dla-wytrwalych-co-czeka-branze-wlokiennicza>

Polska branża odzieżowa na tle światowych rynków, <https://www.trade.gov.pl/wiedza/polska-branża-odzieżowa-na-tle-swiatow>, 25.11.2025; KO BP, Departament Analiz Ekonomicznych, „Rynki międzynarodowe: odzież. Sytuacja bieżąca i prognozy do 2029”, sierpień 2025

Producenci odzieży 24-11-2025; https://www.coig.com.pl/wykaz_lista_producentow-tekstyliow.php

Producenci tekstyliów 24-11-2025; https://www.coig.com.pl/wykaz_lista_producentow-tekstyliow.php

Rosalio. Blog. 2025. Polska jest 6. w Europie w wydatkach na modę, ale 78% nadal kupuje stacjonarnie. Co się zmieni? https://rosalio.pl/blog/polska-rynek-mody-digitalizacja-2025-prognozy/?srltid=AfmBOoob_Z-Ee1RcJgoWtDdwVfWktDVhfug5EtEjB8HtazUs8wZsNues#badanie-cyfrowa-przepasc

Walkowska-Macias K. Produkcja wyrobów przemysłowych w latach 2020–2024, GUS, Warszawa 2025

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022,

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2023,

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2024,

<https://www.oliviacentre.com/news/dzien-bez-opakowan-foliowych/>; <https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/waste/plastic-bags-used-per-year>

<https://www.medexpress.pl/nauka-medycyna/rewolucja-w-walce-z-plastikiem-badania-polki-daja-nadzieje-na-czystsza-planete/>

Załącznik IV: Sprawozdanie krajowe – Hiszpania

13.37. Wstęp

Zanieczyszczenie mikroplastikiem stało się w ostatnich latach jednym z głównych wyzwań środowiskowych związanych z nowoczesnymi systemami produkcji, co ma istotne konsekwencje dla ekosystemów wodnych, zdrowia ludzi i zrównoważonego rozwoju gospodarczego. Spośród różnych zidentyfikowanych źródeł sektor tekstylny wyróżnia się jako jeden z głównych czynników przyczyniających się do uwalniania syntetycznych mikrowłókien, powstających zarówno podczas procesów produkcyjnych i wykończeniowych, jak i w trakcie użytkowania i prania odzieży.

W kontekście europejskim przemysł tekstylny jest przedmiotem coraz większego zainteresowania w ramach polityki gospodarki o obiegu zamkniętym, zapobiegania zanieczyszczeniom i zrównoważonego rozwoju przemysłu, co znajduje odzwierciedlenie w inicjatywach takich jak Europejski Zielony Ład,

Strategia UE na rzecz Zrównoważonego i Cyrkularnego Przemysłu Tekstylnego oraz kolejne Plany Działania na rzecz Gospodarki o Obiegu Zamkniętym. Strategie te wyraźnie uznają potrzebę przeciwdziałania powstawaniu mikroplastiku u źródła, poprawy jego kontroli w systemach uzdatniania wody oraz promowania rozwiązań technologicznych i projektowych minimalizujących jego uwalnianie do środowiska.

Hiszpania, jako jeden z krajów o najdłuższej tradycji i największym znaczeniu przemysłowym w europejskim sektorze tekstylnym, aktywnie uczestniczy we wspólnych działaniach mających na celu zapobieganie i redukcję zanieczyszczenia mikroplastikiem. Uniwersytety, centra technologiczne, firmy tekstylne, zintegrowane podmioty zarządzające cyklem wodnym oraz hiszpańska administracja publiczna uczestniczą w projektach finansowanych przez Unię Europejską w ramach programów takich jak LIFE, Horyzont 2020, Horyzont Europa i Interreg. Inicjatywy te wzajemnie się uzupełniają, dążąc do redukcji mikroplastiku u źródła, a także do jego wykrywania, monitorowania i eliminacji w systemach wodnych.

Ich znaczenie dla sektora tekstylnego jest szczególnie istotne, biorąc pod uwagę fakt, że znaczna część mikrowłókien uwalnianych podczas użytkowania i prania odzieży trafia do oczyszczalni ścieków, skąd trafia do środowiska odbiorczego. Jednocześnie inne projekty z udziałem Hiszpanii koncentrują się na rozwoju innowacyjnych rozwiązań technologicznych i ograniczaniu emisji mikrowłókien na etapie projektowania, doboru materiałów i produkcji tekstyliów, działając prewencyjnie u źródła problemu.

Wszystkie te działania odzwierciedlają podejście łączące zapobieganie u źródła, doskonalenie procesów przemysłowych, innowacje materiałowe i zaawansowane uzdatnianie wody, zgodnie z europejskimi priorytetami i celami krajowymi w zakresie zrównoważonego rozwoju przemysłu i ochrony środowiska. Jednak powszechne wdrażanie tych rozwiązań nadal napotyka na wyzwania techniczne, ekonomiczne i regulacyjne, co podkreśla potrzebę krajowych ram analizy i odniesienia, które ujednoliciłyby istniejącą wiedzę, identyfikowały dobre praktyki i ułatwiały podejmowanie decyzji przez różne zaangażowane strony.

Niniejszy Krajowy Raport na temat Mikroplastiku w Sektorze Tekstylnym w Hiszpanii został opracowany w celu zapewnienia ustrukturyzowanego i aktualnego przeglądu problemu mikroplastiku, a w szczególności mikrowłókien tekstylnych, w kontekście krajowym. Celem raportu jest przedstawienie dostępnej wiedzy naukowej i technicznej, identyfikacja głównych źródeł emisji w całym cyklu życia wyrobów tekstylnych, analiza ram regulacyjnych oraz istniejących inicjatyw w zakresie badań, innowacji i współpracy, a także wskazanie dobrych praktyk i rozwiązań technologicznych opracowanych przez sektor przemysłowy oraz interesariuszy sektora B+R+I.

Niniejszy raport ma również służyć jako narzędzie wspierające proces decyzyjny dla administracji publicznej, przedsiębiorstw, centrów technologicznych i innych podmiotów, ułatwiając określanie strategii i środków mających na celu zapobieganie i ograniczanie emisji mikroplastiku, zgodnie z polityką europejską i zobowiązaniami krajowymi w zakresie zrównoważonego rozwoju, gospodarki o obiegu zamkniętym i ochrony środowiska. W tym kontekście dokument ma przyczynić się do opracowania skoordynowanych i opartych na dowodach działań, które promują transformację hiszpańskiego sektora tekstylnego w kierunku bardziej zrównoważonych i przyjaznych dla środowiska modeli produkcji.

13.38. Przegląd krajowego przemysłu tekstylnego

13.38.1. Wprowadzenie i definicja sektora

Sektor tekstylno-odzieżowy to tradycyjna działalność przemysłowa w hiszpańskiej gospodarce, mająca znaczący wpływ zarówno na zatrudnienie, jak i na rynek. Według Krajowej Klasyfikacji Działalności Gospodarczej (CNAE-2009) sektor ten obejmuje przygotowanie i przędzenie włókien, produkcję i wykańczanie tkanin, produkcję innych wyrobów tekstylnych oraz produkcję odzieży (Instituto Nacional de Estadística, 2023). Historycznie branża ta charakteryzowała się dużym rozdrobnieniem działalności i silną koncentracją terytorialną.

Od połowy lat 90. XX wieku hiszpańska produkcja tekstyliów jest silnie dotknięta procesem liberalizacji handlu międzynarodowego, wynikającym z Porozumienia w sprawie Tekstyliów i Odzieży, które zostało w pełni włączone do zasad Światowej Organizacji Handlu w 2005 roku (Moral, 2004). Te nowe ramy prawne zaostriżyły konkurencję międzynarodową, zwłaszcza ze strony krajów azjatyckich, zmuszając sektor do adaptacji poprzez procesy restrukturyzacji produkcji, częściową relokację oraz strategię oparte na różnicowaniu poprzez jakość, wzornictwo i szybką reakcję na potrzeby rynku (European Commission, 2004).

13.38.2. Najnowsze wydarzenia i aktualne dane produkcyjne

Produkcja tekstyliów w Hiszpanii stopniowo traci na znaczeniu w całym przemyśle wytwórczym, podobnie jak miało to miejsce w innych tradycyjnych sektorach przemysłu. Od lat 2000. wzrost gospodarczy uległ spowolnieniu, co znacząco wpłynęło na produkcję i zatrudnienie (Moral, 2004). Sektor ten nadal jednak odgrywa istotną rolę w niektórych regionach i wyspecjalizowanych segmentach.

Według najnowszego raportu Centrum Informacji Tekstylnej i Odzieżowej (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025), w 2024 r. hiszpański przemysł tekstylny osiągnął obroty w wysokości 5,996 mld euro, co oznacza spadek o 2,7% w porównaniu z rokiem poprzednim (Centro de Información Textil y de la Confección [CITYC], 2025). Liczba aktywnych firm wyniosła 3426, co oznacza spadek o 2,3% rok do roku, podczas gdy bezpośrednie zatrudnienie wyniosło 45 429 pracowników, co oznacza spadek o 1,1% w porównaniu z rokiem 2023. (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025). Dane te odzwierciedlają okres korekty po wzroście odnotowanym w latach po pandemii.

Z punktu widzenia struktury produkcyjnej obroty koncentrują się głównie w podsektorach tkanin, tekstyliów technicznych i tekstyliów domowych, które łącznie stanowią znaczną część produkcji ogółem. Ta specjalizacja produkcyjna pozwoliła na utrzymanie pewnej stabilności w segmentach o wyższej wartości dodanej, choć nie zapobiegła redukcji liczby firm i miejsc pracy.

13.38.3. Wymiar terytorialny i struktura biznesowa

Produkcja tekstyliów w Hiszpanii jest silnie skoncentrowana geograficznie. Katalonia i Wspólnota Walencji odpowiadają za znaczną część działalności tekstylnej, szczególnie w zakresie przędzenia, tkania i wykańczania, podczas gdy produkcja odzieży jest bardziej rozproszona w całym kraju, ze

szczególną obecnością w Andaluzji, Galicji, Madrycie i Kastylii-La Manchy (Instituto Nacional de Estadística, 2023).

W sektorze dominują małe i średnie przedsiębiorstwa. Ponad 50% firm zatrudnia mniej niż pięciu pracowników, a znaczna część nie zatrudnia ich wcale, co odzwierciedla wysoce rozdrobniony model produkcji (Moral, 2004). Taka struktura ogranicza możliwości inwestowania w innowacje, cyfryzację i ekspansję międzynarodową, choć w ostatnich latach pojawiły się oznaki początków współpracy biznesowej i specjalizacji produkcji.

13.38.4. Produkcja, handel międzynarodowy i konkurencyjność

Ewolucja hiszpańskiej produkcji tekstyliów jest ściśle powiązana z handlem międzynarodowym. W 2024 roku eksport tekstyliów osiągnął 4,72 mld euro, co oznacza wzrost o 1,6% w porównaniu z 2023 rokiem, podczas gdy import wyniósł 5,107 mld euro, co stanowi wzrost o 6,3% rok do roku (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025). W rezultacie bilans handlowy sektora wykazał deficyt w wysokości 387 mln euro, powiększając się w porównaniu z rokiem poprzednim.

Głównymi odbiorcami hiszpańskiego eksportu tekstyliów są Maroko, Francja, Włochy, Portugalia i Niemcy, co odzwierciedla silną koncentrację na rynkach europejskich i śródziemnomorskich. Pod względem importu wyróżniają się takie kraje jak Chiny, Turcja, Włochy i Pakistan, które odpowiadają za znaczną część podaży zagranicznej (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025). W obliczu presji konkurencyjnej hiszpańskie firmy wybrały strategie dywersyfikacji, elastyczności produkcji i kontroli łańcucha wartości, szczególnie w segmentach o wyższej wartości dodanej.

13.38.5. Wnioski

Produkcja tekstyliów w Hiszpanii stoi w obliczu wysoce konkurencyjnego i stale zmieniającego się otoczenia. Chociaż sektor ten stracił na znaczeniu w przemyśle wytwórczym, nadal ma istotne znaczenie gospodarcze i społeczne, szczególnie w niektórych regionach. Najnowsze dane CITYC wskazują na okres dostosowań charakteryzujący się spadkiem liczby firm i miejsc pracy, a także pogorszeniem bilansu handlowego.

Przyszłość sektora będzie zależeć od jego zdolności do rozwoju innowacji technologicznych, cyfryzacji, zrównoważonego rozwoju i specjalizacji w produktach o wyższej wartości dodanej, a także od poprawy produktywności i średniej wielkości firmy. W tym kontekście zacieśnienie współpracy biznesowej i wspieranie polityki przemysłowej są kluczowymi elementami zapewniającymi rentowność i konkurencyjność produkcji tekstyliów w Hiszpanii.

13.39. Znaczenie mikroplastiku/mikrowłókien w kontekście krajowym

Obecność mikroplastiku w środowisku stała się poważnym problemem ekologicznym w Hiszpanii, zwłaszcza w odniesieniu do ekosystemów morskich i słodkowodnych. Spośród różnych rodzajów mikroplastiku, syntetyczne mikrowłókna tekstylne zostały uznane za jedną z najpowszechniejszych form, ze względu na powszechne stosowanie polimerów syntetycznych, takich jak poliester, poliamid i akryl, w przemyśle tekstylnym i modowym (Duch, 2024).

Hiszpania, z rozległą linią brzegową o długości ponad 7900 km i silnym uzależnieniem od ekosystemów morskich w zakresie turystyki, rybołówstwa i bioróżnorodności, jest szczególnie narażona na zanieczyszczenie mikroplastikiem (Filgueiras i in., 2019). Kilka badań krajowych potwierdziło obecność mikroplastiku, w tym mikrowłókien, w wodach przybrzeżnych, osadach, zbiornikach ściekowych i oczyszczalniach ścieków (PTAR) (*Los Microplásticos, Más Allá de Los Pellets - Campus de Gandia Ciencia - UPV Universitat Politècnica de València*, n.d.). Morze Śródziemne, które graniczy ze znaczną częścią wybrzeża Hiszpanii, zostało uznane za jeden z regionów morskich o najwyższym stężeniu mikroplastiku na świecie (Simon-Sánchez et al., 2022).

Mikrowłókna tekstylne są uwalniane przez cały cykl życia wyrobów tekstylnych, ale faza użytkowania, a zwłaszcza pranie w warunkach domowych, została zidentyfikowana jako główne źródło emisji. Podczas prania odzież syntetyczna uwalnia duże ilości mikroskopijnych włókien, które są transportowane przez systemy ściekowe (*Reciclar Está de Moda - Recuperación Textil En Madrid - Ayuntamiento de Madrid*, n.d.). Chociaż oczyszczalnie ścieków zatrzymują wysoki odsetek tych cząstek (López-Castellanos et al., 2020), znaczna ich część nadal przedostaje się do środowiska wodnego, podczas gdy zatrzymane mikrowłókna kumulują się w ściekach.

Obawy te narastają z następujących powodów:

- Wysoki poziom konsumpcji produktów tekstylnych, będący efektem mody typu fast fashion (*Briefing-Textiles-in-Europe-s-Circular-Economy*, 2019).
- Znaczenie przemysłu tekstylnego i odzieżowego na szczelbu krajowym, zwłaszcza w regionach takich jak Katalonia, Galicja i Wspólnota Walencka (*251007_informe-Economico-de-La-Moda-En-Espana-2025*, 2025).
- Nadmierne stosowanie oczyszczonych ścieków i osadów ściekowych w rolnictwie, zwiększające ryzyko zanieczyszczenia gleby mikrowłóknami (Nizzetto et al., 2016).

Co więcej, najnowsze dowody naukowe sugerują, że mikrowłókna mogą przenosić zanieczyszczenia chemiczne i mikroorganizmy, co budzi obawy dotyczące ich potencjalnego wpływu na ekosystemy i zdrowie ludzi (Delgado Fimia, 2019). Chociaż nadal istnieją luki w wiedzy, rosnąca liczba krajowych badań naukowych podkreśla potrzebę zajęcia się problemem zanieczyszczenia tekstyliów mikroplastikiem poprzez środki zapobiegawcze, rozwiązania technologiczne i ramy regulacyjne.

W rezultacie mikroplastik, a w szczególności mikrowłókna tekstylne, stanowią priorytetowe wyzwanie środowiskowe w Hiszpanii, ściśle powiązane ze zrównoważoną produkcją tekstyliów, trendami konsumpcyjnymi i gospodarką ściekową. Zajęcie się tym problemem jest zgodne z krajowymi strategiami ochrony środowiska, a także z zobowiązaniami Hiszpanii w ramach polityki Unii Europejskiej dotyczącej gospodarki o obiegu zamkniętym, zapobiegania zanieczyszczeniom i zrównoważonego przemysłu tekstylnego.

13.40. Krajowe źródła uwalniania mikrowłókien

13.40.1. Faza produkcji

Etap produkcji tekstyliów jest początkowym źródłem uwalniania mikrowłókien, szczególnie w procesach obejmujących naprężenia mechaniczne i modyfikację powierzchni włókien, takich jak przędzenie, tkanie, dzianie i wykańczanie. Podczas przędzenia i formowania tkaniny, tarcie, naprężenia

mechaniczne i cięcie generują krótkie włókna i fragmenty, które mogą być uwalniane do środowiska roboczego lub następnie włączane do strumieni ścieków podczas procesów mokrych. (Luzi et al., 2025).

Procesy wykańczania, przemysłowe pranie, barwienie i stosowanie obróbki chemicznej stanowią krytyczny punkt w procesie uwalniania mikrowłókien, ponieważ łączą intensywne zużycie wody, mieszanie mechaniczne i stosowanie środków chemicznych, sprzyjając odrywaniu się włókien słabo związanych ze strukturą tekstyliów. Badania eksperymentalne wykazały, że tkaniny mogą uwalniać mikrowłókien jeszcze przed dotarciem do konsumenta końcowego, przyczyniając się do wczesnych emisji w całym cyklu życia (Cesa et al., 2020 produktu .De Falco et al., 2020)

W Hiszpanii przemysłowe ścieki tekstylne zostały zidentyfikowane jako znaczące źródło mikrowłókien przedostających się do środowiska. Badania przeprowadzone w oczyszczalniach ścieków z obszarów o dużej aktywności tekstylnej wskazują na obecność mikroplastiku, w tym mikrowłókien, zarówno w wodzie dopływającej, jak i w oczyszczonych ściekach, przy czym skuteczność usuwania jest zróżnicowana w zależności od zastosowanej technologii (Carr et al., 2016).

Mimo że konwencjonalne systemy zatrzymują dużą ilość mikroplastiku, włókna charakteryzują się niższą skutecznością retencji i mogą przechodzić przez procesy oczyszczania wtórnego i trzeciorzędowego.

Pod względem rodzaju włókna, włókna syntetyczne (głównie poliester i poliamid) są bardziej odporne na biodegradację w środowisku. Jednak włókna naturalne mogą również przyczyniać się do zanieczyszczenia, gdy zostaną poddane obróbce chemicznej lub zmieszane z włóknami syntetycznymi, co komplikuje ich degradację i wpływ na środowisko (Cesa et al., 2020. De Falco et al., 2020). Ta różnica jest szczególnie istotna dla hiszpańskiego przemysłu tekstylnego, który charakteryzuje się szerokim wykorzystaniem tkanin mieszanych.

13.40.2. Faza użytkowania

Faza użytkowania, a w szczególności pranie w domu, jest konsekwentnie uznawana za główne źródło uwalniania mikrowłókien do środowiska. Podczas prania odzież jest poddawana działaniu strumienia wody, tarcia mechanicznego, zmian temperatury i działania detergentów, co sprzyja odrywaniu się mikroskopijnych włókien. Liczne badania wykazały, że pojedynczy cykl prania może uwolnić tysiące, a nawet miliony mikrowłókien, szczególnie w przypadku odzieży wykonanej z włókien syntetycznych (De Falco i in., 2018; Cesa i in., 2017).

Ilość uwalnianych mikrowłókien zależy od wielu czynników. Rodzaj tkaniny i struktura przędzy są kluczowymi czynnikami determinującymi, przy czym wyższą emisję obserwuje się w dzianinach, polarach i strukturach o niskim skręcie przędzy w porównaniu z tkaniami lub tkaninami o większej zwartości struktury (De Falco i in., 2020). Podobnie wiek i liczba poprzednich prań odzieży mają istotny wpływ, ponieważ postępujące zużycie powierzchni tkaniny zwiększa uwalnianie włókien z czasem (Cesa i in., 2017).

Parametry prania również odgrywają istotną rolę. Długie programy prania, z większą ilością wody i intensywniejszym mieszaniem mechanicznym, zazwyczaj zwiększają uwalnianie mikrowłókien, podczas gdy krótsze, delikatniejsze cykle mogą je częściowo ograniczyć (De Falco i in., 2018). Problem

ten jest szczególnie istotny w Hiszpanii, gdzie powszechne używanie domowych pralek sprawia, że pranie jest rozległym, ale istotnym źródłem zanieczyszczenia mikrowłókien.

Po uwolnieniu mikrowłókna docierają do oczyszczalni ścieków (OŚ). Badania przeprowadzone w hiszpańskich oczyszczalniach ścieków wskazują, że konwencjonalne technologie pozwalają na usunięcie od 80 do 90% całkowitej ilości mikroplastiku; jednak włókna charakteryzują się niższym wskaźnikiem retencji i są często wykrywane w oczyszczonych ściekach (Olmos Espinar i in., 2020).

13.40.3. Zarządzanie końcem życia

Pod koniec cyklu życia produkty tekstylne mogą pośrednio przyczyniać się do uwalniania mikrowłókien poprzez nieodpowiednie gospodarowanie odpadami i wtórne procesy fragmentacji (Weis & De Falco, 2022). W Hiszpanii, pomimo ostatnich postępów w regulacjach, znaczna część odpadów tekstylnych nadal trafia na składowiska lub do spalarni, podczas gdy wskaźniki selektywnej zbiórki i recyklingu pozostają niskie w porównaniu z innymi rodzajami odpadów (Gobierno de España, 2020).

Na składowiskach odpadów materiały tekstylne są narażone na zmienne warunki środowiskowe, takie jak promieniowanie ultrafioletowe, wilgotność, wahania temperatury i naprężenia mechaniczne, które sprzyjają postępującej degradacji włókien. Procesy te mogą powodować fragmentację włókien syntetycznych na mikro- i nanoplastiki, przyczyniając się do zanieczyszczenia gleby i potencjalnie do przedostania się do wód powierzchniowych i gruntowych (Shahul Hamid et al., 2018).

Spalanie zmniejsza objętość odpadów tekstylnych, ale nie eliminuje skutków związanych z uwalnianiem mikrowłókien na wcześniejszych etapach cyklu życia produktu. Generuje również popiół i odpady wtórne, które muszą być gospodarowane w sposób kontrolowany, co ogranicza ich wkład w prawdziwie cyrkularną gospodarkę (Gobierno de España, 2020).

Recykling mechaniczny, będący obecnie główną metodą recyklingu tekstyliów w Hiszpanii, ma istotne ograniczenia w zakresie generowania mikrowłókien. Procesy cięcia, rozdrabniania i rozwłókniania poddaje materiały tekstylne dużym naprężeniom mechanicznym, co sprzyja powstawaniu krótkich włókien i fragmentów. Liczne badania wskazują, że procesy te mogą zwiększać uwalnianie mikrowłókien, szczególnie w przypadku tekstyliów mieszanych lub niskiej jakości, co również prowadzi do degradacji właściwości mechanicznych materiału pochodzącego z recyklingu (Godoy Calero, 2021; Lanz et al., 2024).

Ograniczenia te są szczególnie istotne w kontekście Hiszpanii, gdzie znaczną część odpadów tekstylnych stanowią mieszanki włókien naturalnych i syntetycznych, co utrudnia zarówno ich segregację, jak i wysokiej jakości recykling. W tym kontekście niedawne inicjatywy krajowe, takie jak wdrożenie systemów rozszerzonej odpowiedzialności producenta (EPR) dla tekstyliów (MITERD, 2022), promowane przez Ministerstwo Przemian Ekologicznych i Wyzwań Demograficznych, oraz zbiorowe systemy rozszerzonej odpowiedzialności producenta (SCRAP), takie jak RE_VISTE (*Sobre La Asociación - Gestión de Residuo Textil*, n.d.), dążą do usprawnienia zbiórki, sortowania i odzysku odpadów tekstylnych. Jednak konkretna kontrola wytwarzania mikrowłókien na tym etapie pozostaje wyzwaniem, które wymaga zintegrowanego podejścia opartego na ekoprojektowaniu, doborze materiałów i zaawansowanych technologiach recyklingu (Gobierno de España, 2020).

13.41. Krajobowe badania naukowo-techniczne

W ostatnich latach w Hiszpanii rozwija się prężnie działalność naukowo-techniczna w zakresie badań nad mikroplastikiem, a w szczególności mikrowłókien tekstylnych. Działalność ta jest prowadzona za pośrednictwem publicznych ośrodków badawczych, uniwersytetów, instytutów technologicznych oraz w ramach projektów współpracy z przemysłem, przyczyniając się do rozwoju wiedzy na temat źródeł emisji, wpływu na środowisko oraz potencjalnych rozwiązań technologicznych umożliwiających redukcję mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów.

13.41.1. Aktywne instytucje badawcze

Różne krajowe instytucje badawcze odgrywają kluczową rolę w badaniu mikroplastiku i jego związku z sektorem tekstylnym. Wśród nich znajduje się Hiszpańska Narodowa Rada Badań Naukowych (CSIC), która opracowała szereg kierunków badań skoncentrowanych na wykrywaniu, charakterystyce i losie mikroplastiku w ekosystemach morskich i kontynentalnych oraz systemach oczyszczania ścieków. Niektóre z tych badań wykazały wysoką obecność mikrowłókien w wodach przybrzeżnych i osadach, a także ich transfer przez oczyszczalnie ścieków (*Detectan Concentraciones “Excepcionalmente Altas” de Microplásticos En Las Islas Columbretes | Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, n.d.).

Podobnie, instytuty technologiczne specjalizujące się w sektorze tekstylnym, takie jak AITEX (Stowarzyszenie Badawcze Przemysłu Tekstylnego), odgrywają ważną rolę w badaniach stosowanych. AITEX opracował badania i projekty mające na celu ocenę uwalniania mikrowłókien podczas produkcji, prania i użytkowania tekstyliów, a także opracowywanie rozwiązań opartych na ekoprojektowaniu, nowych materiałach i obróbce tekstyliów, które ograniczają wypadanie włókien (*E-MICROPLAST 2025 - SOLUCIONES AMBIENTALES III - Aitex*, n.d.; *Microplásticos, El Nuevo Reto Ambiental Del Sector Textil*, n.d.).

Inne ośrodki technologiczne, takie jak ITENE, również wnoszą szerszy wkład w zakresie zrównoważonego rozwoju, materiałów i gospodarki o obiegu zamkniętym, zajmując się kwestią mikroplastiku w kontekście technologii opakowaniowych, odpadów i przetwarzania, z potencjalnym zastosowaniem w sektorze tekstylnym (*UPRISE: Análisis Repercusiones Partículas y Microplásticos En Salud Fetal*, n.d.).

13.41.2. Projekty badawcze uniwersyteckie

Hiszpańskie uniwersytety rozwijają liczne projekty badawcze skoncentrowane na badaniu mikroplastiku, integrując podejścia eksperymentalne, analityczne i środowiskowe w całym cyklu życia materiałów. Wśród nich znajduje się Uniwersytat Politècnica de València (UPV), który ugruntował swoją pozycję jako jeden z wiodących krajowych ośrodków referencyjnych w badaniach nad mikrowłóknami tekstylnymi, a jego kierunki badań koncentrują się na analizie uwalniania włókien podczas prania w gospodarstwach domowych i przemyśle, charakterystyce mikrowłókien w ściekach i osadach ściekowych oraz ocenie skuteczności różnych technologii retencji stosowanych w oczyszczalniach ścieków (García-Haba et al., 2024; Pérez et al., 2022; *Un Estudio de La Cátedra Aguas de Valencia Demuestra La Alta Capacidad de Los Humedales Artificiales Para Retener y Degradar Microplásticos | SIECATEDRAS | UPV*, n.d.; *UPV: Un Equipo de La UPV Desarrolla Una Aplicación*

Que Identifica y Cuantifica Microfibras Plásticas En Aguas y Lodos Residuales Con Inteligencia Artificial | Universitat Politècnica de València, n.d.; UPV: Una Investigación de La UPV y La UA Revela La Eficacia de Los Pavimentos Permeables En La Captura de Microplásticos Urbanos | Universitat Politècnica de València, n.d.).

Uniwersytet w Gironie przeprowadził badania nad obecnością mikroplastiku w systemach wodnych i oczyszczalniach ścieków, przyczyniając się do zrozumienia mechanizmów retencji i transferu mikrowłókien do osadów ściekowych. Praca ta dostarczyła istotnych danych dla kontekstu krajowego i stanowiła podstawę do dalszych badań (*PlastikHUM, n.d.; Sorigué Instala Una Planta Piloto En La EDAR de Quart Para Probar Una Nueva Tecnología de Tratamiento de Aguas de Bajo Impacto Ambiental | Sorigué, n.d.).*

Inne uniwersytety, takie jak Universidad de Granada (Olea, ND) lub Universidad Autónoma de Barcelona (*Un Proyecto Pionero Liderado Por La UAB Revela Los Riesgos de Los Micro- y Nanoplásticos Para La Salud Humana - Universitat Autònoma de Barcelona - UAB Barcelona, n.d.),* zajęły się kwestią mikroplastiku z uzupełniających perspektyw, w tym ekotoksykologii, inżynierii środowiska i oceny ryzyka dla środowiska, wzmacniając krajową bazę naukową w tej dziedzinie.

13.41.3. Badania branżowe

Hiszpański sektor przemysłowy, we współpracy z ośrodkami technologicznymi i uniwersytetami, aktywnie uczestniczy w projektach badań stosowanych mających na celu ograniczenie emisji mikrowłókien. Niektóre firmy tekstylne opracowały inicjatywy koncentrujące się na:

- optymalizacji procesów produkcyjnych w celu zminimalizowania powstawania wolnych włókien (Ramírez, 2019),
- opracowaniu tkanin o większej stabilności strukturalnej i mniejszym wypadaniu włókien, jak ma to miejsce w przypadku Ecoalf (*OCEAN YARN & ZERO MICROPLASTICS | ECOALF, n.d.),*
- stosowaniu wykończeń i zabiegów redukujących ścieranie podczas użytkowania i prania, jak ma to miejsce w przypadku firm Inditex i Jeanologia, które pracują nad rozwojem technologii redukujących uwalnianie mikroplastiku w trakcie produkcji (*Inditex y Jeanologia Se Alian Para Recuperar Microfibras En La Producción de Prendas Textiles, n.d.).*

Podobnie, przedsiębiorstwa z sektora uzdatniania wody oraz producenci sprzętu brali udział w opracowywaniu i walidacji technologii filtracji i retencji mikroplastiku (*CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L Technology Can Remove Microplastics from the Aqueous Media., n.d.-a; EFFITEX, Una Solución Eficiente Para La Eliminación de Microplásticos En La Industria Textil - Agua, n.d.),* zarówno na skalę przemysłową, jak i domową (np. filtry do pralek), z potencjałem zastosowania na rynku hiszpańskim.

Te inicjatywy przemysłowe przyczyniają się do transferu wiedzy z badań do praktycznych rozwiązań, chociaż ich wdrażanie na szeroką skalę nadal napotyka na bariery techniczne, ekonomiczne i regulacyjne.

13.41.4. Udział w projekcie UE

Hiszpania aktywnie uczestniczy w projektach finansowanych przez Unię Europejską, dotyczących problemu mikroplastiku, zrównoważonego rozwoju sektora tekstylnego i integralnego obiegu wody. Programy takie jak LIFE, Horyzont 2020, Horyzont Europa i Interreg sfinansowały inicjatywy z udziałem hiszpańskich uniwersytetów, centrów technologicznych, administracji publicznej i przedsiębiorstw, wzmacniając krajową rolę w badaniach stosowanych i innowacjach środowiskowych.

Do najistotniejszych projektów zaliczają się inicjatywy skupiające się na wykrywaniu, redukcji i eliminacji mikroplastiku, zarówno w obszarze uzdatniania wody, jak i w tekstylnym pochodzeniu mikrowłókien, zajmujące się takimi aspektami, jak:

- identyfikacja źródeł mikrowłókien tekstylnych i mikroplastiku w środowisku miejskim i rzeczonym,
- opracowywanie metodyki pomiaru, detekcji i monitoringu ścieków i wód naturalnych,
- wdrażanie rozwiązań technologicznych mających na celu redukcję u źródła i eliminację w procesach oczyszczania,
- pełnoskalowa demonstracja innowacyjnych technologii i transfer wiedzy do przedstawicieli przemysłowych i zarządców zasobów wodnych.

W dziedzinie uzdatniania wody projekt LIFE-PHOENIX koncentruje się na usuwaniu mikroplastiku i innych nowych zanieczyszczeń ze ścieków, aby umożliwić ich regenerację i bezpieczne ponowne wykorzystanie, zwłaszcza w rolnictwie (*Inicio - Life-Phoenix*, n.d.). Uzupełnieniem tego jest projekt Upstream finansowany z programu Horyzont Europa, który demonstruje zaawansowane rozwiązania w zakresie wykrywania i usuwania mikroplastiku i odpadów z europejskich rzek, zanim dotrą one do środowiska morskiego. Miasto Saragossa uczestniczy w projekcie pilotażowym (*Upstream Project - for Waste Free European Rivers*, n.d.). Podobnie, transgraniczny projekt BlueWWater, realizowany w ramach programu Interreg Hiszpania-Portugalia (POCTEP), zajmuje się kontrolą, oczyszczaniem i redukcją mikroplastiku i nowych zanieczyszczeń w ściekach komunalnych oraz zbiornikach rzecznych i przybrzeżnych, oceniając skuteczność różnych technologii oczyszczania i opracowując metody monitorowania środowiska (*BlueWWater | Control, Tratamiento y Reducción de Microplásticos y Contaminantes Emergentes En Aguas Residuales Urbanas y En El Medio Costero Transfronterizo*, n.d.).

W odniesieniu do tekstylnego pochodzenia mikroplastiku, projekt GLAUKOS, finansowany w ramach programu Horyzont 2020 za pośrednictwem Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Przemysłu Biopochodnego, ma na celu ograniczenie emisji mikroplastiku poprzez opracowanie bardziej biodegradowalnych i nadających się do recyklingu włókien tekstylnych i powłok pochodzenia biologicznego. Projekt ten jest realizowany we współpracy z Hiszpanią za pośrednictwem Uniwersytetu w Vigo i ma na celu zmniejszenie wpływu tekstyliów i innych produktów włóknistych na środowisko (*Circular Solution for the Textile Industry*, n.d.).

Projekt LIFE ANHIDRA, finansowany ze środków programu LIFE, koncentruje się na zrównoważonym zarządzaniu wodą w procesach tekstylnych. W projekcie uczestniczą partnerzy z Hiszpanii, tacy jak

AITEX i Jeanologia (koordynator), a także portugalska firma Pizarro SA. Celem projektu jest opracowanie zamkniętego systemu produkcji tekstyliów, który umożliwia ponowne wykorzystanie wody z prania i wykańczania, co znacznie zmniejsza ilość odpadów, a tym samym emisję mikrowłókien i innych zanieczyszczeń do środowiska (*LIFE 3.0 - LIFE21-ENV-ES-LIFE-ANHIDRA/101074372*, n.d.).

Projekty te odzwierciedlają zgodność hiszpańskich badań naukowych i innowacji z europejskimi priorytetami w obszarach gospodarki o obiegu zamkniętym, ochrony środowiska wodnego i zrównoważonego rozwoju w sektorze tekstylnym, a także przyczyniają się do transferu praktycznych rozwiązań i dobrych praktyk do hiszpańskiego kontekstu przemysłowego i terytorialnego.

13.42. Studia przypadków

W Hiszpanii w ostatnich latach opracowano inicjatywy praktyczne i projekty pilotażowe mające na celu redukcję i ograniczenie ilości mikroplastiku w wodzie i sektorze tekstylnym. Studia przypadków odzwierciedlają praktyczne wdrożenie rozwiązań technologicznych, przemysłowych i komunalnych, a także współpracę między przedsiębiorstwami, operatorami infrastruktury i administracją publiczną. Analiza tych przypadków pozwala na identyfikację konkretnych działań, wymiernych rezultatów i wyciągniętych wniosków, przyczyniając się do transferu dobrych praktyk i powielania rozwiązań w innych kontekstach krajowych i europejskich.

13.42.1. CAPTOPLASTIC - Technologie filtracji do redukcji mikroplastiku

Kontekst

CAPTOPLASTIC to hiszpańska firma z siedzibą w Madrycie, założona w 2020 roku, specjalizująca się w opracowywaniu rozwiązań do identyfikacji, wychwytywania i usuwania mikroplastiku z mediów wodnych. Jej technologie są przeznaczone do stosowania w różnych obiektach, takich jak oczyszczalnie ścieków (OŚ), stacje uzdatniania wody pitnej, rozlewnie wody, oczyszczalnie ścieków w przemyśle tworzyw sztucznych i barwienia tekstyliów, zakłady recyklingu, usuwanie włókien tekstylnych z wody, przemysł kosmetyczny itp.

Firma działa w obszarze zapobiegania zanieczyszczeniu mikroplastikiem i ograniczania jego skutków, oferując rozwiązania techniczne mające na celu uzupełnienie istniejącej infrastruktury i poprawę ogólnej efektywności zatrzymywania mikroplastiku przed uwolnieniem do środowiska (*CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L Technology Can Remove Microplastics from the Aqueous Media.*, n.d.-b).

Zidentyfikowano problem

Rosnąca obecność mikroplastiku w ściekach i oczyszczonych ściekach stanowi poważne wyzwanie dla środowiska. Konwencjonalne systemy uzdatniania wody nie są specjalnie zaprojektowane do wychwytywania mikroplastiku, co ogranicza ich skuteczność w zwalczaniu małych cząstek o złożonym zachowaniu, takich jak mikrowłókna.

Brak konkretnych rozwiązań technologicznych, które można łatwo zintegrować z istniejącą infrastrukturą i dostosować do różnych kontekstów operacyjnych, przyczynił się do utrzymywania się mikroplastiku w środowisku wodnym. Ten scenariusz, w połączeniu z rosnącymi obawami naukowymi,

społecznymi i regulacyjnymi, uwypuklił potrzebę opracowania technologii filtracji dedykowanych ograniczaniu emisji mikroplastiku.

Wdrożona interwencja

Firma CAPTOPLASTIC opracowała technologię ciągłego wychwytywania mikroplastiku, przeznaczoną do integracji z kontrolowanymi przepływami wody, takimi jak oczyszczalnie ścieków (OŚ), bez zmiany naturalnego stanu wody ani zakłócania istniejących procesów. Rozwiązanie to stanowi uzupełnienie konwencjonalnych metod oczyszczania w celu poprawy retencji mikroplastiku.

Technologia ta opiera się na technice aglomeracji, w której wprowadzany jest funkcjonalny kolektor, który fizycznie wiąże mikroplastiki obecne w wodzie, tworząc agregaty, które można selektywnie oddzielać za pomocą magnetyzmu. Separacja ta odbywa się, zanim cząstki dotrą do linii osadu, zapobiegając ich przeniesieniu do tego etapu procesu, gdzie zazwyczaj się koncentrują. System pracuje w trybie ciągłym, umożliwiając wydajne oczyszczanie dużych objętości wody.

Odzyskane agregaty umożliwiają identyfikację i ilościowe określenie ilości wychwyconych mikroplastików. Kolektor można regenerować i ponownie wykorzystywać w wielu cyklach, co wpisuje się w koncepcję zero waste.

Wyniki ilościowe

Zgodnie z informacjami technicznymi i testami pilotażowymi przeprowadzonymi przez CAPTOPLASTIC, opracowane systemy mogą osiągnąć skuteczność zatrzymywania mikroplastiku na poziomie ponad 80–90%, w zależności od natężenia przepływu, miejsca instalacji i konfiguracji systemu.

Technologia została przetestowana w instalacjach o wydajności do 100 000 l/h i jest obecnie skalowana do około 1 250 000 l/h w 2025 r. (*TECHNOLOGIA WYCHWYTYWANIA – CAPTOPLASTIC*, b.d.). W zastosowaniach w oczyszczalniach ścieków systemy te poprawiają ogólną wydajność retencji mikroplastiku w porównaniu z konwencjonalnymi metodami oczyszczania, przyczyniając się do zmniejszenia zawartości cząstek plastiku w oczyszczonych ściekach. Dokładna kwantyfikacja rocznego wpływu zależy od specyficznych warunków panujących w danym obiekcie i jest stale walidowana w środowiskach demonstracyjnych.

Zaangażowanie interesariuszy

Technologia opracowana przez CAPTOPLASTIC była promowana i walidowana we współpracy z kluczowymi graczami w sektorze gospodarki wodnej i innowacji, koncentrując rozwiązanie na rzeczywistych zastosowaniach w infrastrukturze oczyszczania. Firma zawarła umowy z operatorami publicznymi w ramach zintegrowanego cyklu wodnego, w szczególności umowę z Canal de Isabel II na budowę eksperymentalnej instalacji w oczyszczalni ścieków Arroyo del Soto (Móstoles) o wydajności 100 000 l/h. Przeprowadziła również testy w warunkach operacyjnych z Aguas de Burgos, ułatwiając integrację technologii z linią oczyszczania w oczyszczalni ścieków Villalonquénar.

Proces decyzyjny i skalowanie technologiczne zostały wsparte wsparciem instytucjonalnym i finansowym, w szczególności wspólną inwestycją CDTI Innovación (za pośrednictwem SICC Innvierte) i BeAble Innvierte Kets Fund, o łącznym wkładzie w wysokości 994 000 euro, mającą na celu rozwój zaawansowanych technologii wykrywania i usuwania mikroplastiku ze ścieków. Wsparcie to pomogło skonsolidować rozwiązanie jako technologię zero-waste, mającą zastosowanie w oczyszczalniach

ścieków i oczyszczalniach ścieków, a także jest wspierane przez portfolio 10 patentów i zespół multidyscyplinarny.

Postępy i wyniki zostały rozpowszechnione za pośrednictwem specjalistycznych mediów i wydarzeń branżowych. Do wyróżnień zewnętrznych należą: nagroda dla najlepszego startupu w konkursie Sustainability Actions 2025, nominacja do finału konkursu SantanderX Spain Awards 2025 oraz pierwsza nagroda w konkursie Global eAwards 2021, organizowanym przez Fundację NTT DATA. Ugruntowało to pozycję CAPTOPLASTIC jako hiszpańskiego lidera technologicznego w walce z zanieczyszczeniem mikroplastikiem (CAPTOPLASTIC, n.d.).

Wyciągnięte wnioski

Doświadczenie firmy CAPTOPLASTIC potwierdza, że specjalistyczna filtracja mikroplastiku, zintegrowana w ramach systemów modułowych, stanowi skuteczne rozwiązanie uzupełniające konwencjonalne oczyszczanie ścieków. Separacja wspomagana magnetycznie pozwala na usunięcie mikroplastiku przed jego transportem do linii osadowej, zapobiegając jego akumulacji. Walidacja w warunkach rzeczywistych i dostępność danych ilościowych są kluczowe dla zwiększenia skali i wdrożenia tej technologii.

Dane kontaktowe

- Strona internetowa: <https://captoplastic.com/es/>
- Kontakt: info@captoplastic.com

13.42.2. E-μplast – Ekologiczne rozwiązania redukujące mikroplastik w przemyśle tekstylnym

Kontekst

Projekt *E-μplast. Environmental Solutions* został opracowany przez AITEX, referencyjny ośrodek technologiczny dla sektora tekstylnego w Hiszpanii i jeden z wiodących europejskich instytutów specjalizujących się w badaniach stosowanych, transferze technologii i innowacjach przemysłowych. AITEX ma długą historię współpracy z firmami tekstylnymi, administracją publiczną i instytucjami finansującymi, pełniąc rolę pomostu między badaniami naukowymi a rzeczywistym zastosowaniem przemysłowym.

AITEX dysponuje infrastrukturą pilotażową, akredytowanymi laboratoriami i potencjałem technicznym do analizy materiałów tekstylnych, procesów produkcyjnych, gospodarki ściekowej i oceny oddziaływania na środowisko, co pozwala mu kompleksowo rozwiązywać złożone problemy w tym sektorze. W tym kontekście projekt *E-μplast* jest pomyślany jako stosowana inicjatywa badawczo-rozwojowa, której celem jest oferowanie praktycznych i powtarzalnych rozwiązań problemu mikroplastiku generowanego w całym cyklu życia tekstyliów.

Projekt uzyskał dofinansowanie publiczne z IVACE w ramach Planu Działalności Pozagospodarczej na rok 2023 i został opracowany w ścisłej współpracy z firmami z sektora tekstylnego, uzdatniania wody i innych sektorów przemysłowych. Jego podejście łączy badania eksperymentalne, walidację ilościową i analizę wykonalności przemysłowej, jednocześnie zajmując się gospodarką osadami, praniem odzieży i ponownym wykorzystaniem wody w procesach produkcyjnych (*E-Mplast - SOLUCIONES MEDIOAMBIENTALES - Aitex*, n.d.).

Zidentyfikowano problem

Mikroplastik powstający podczas produkcji i użytkowania tekstyliów jest w większości zatrzymywany w oczyszczalniach ścieków, ale w większości trafia do linii osadowej, co stwarza zagrożenie dla środowiska, gdy osad ten jest wykorzystywany w rolnictwie. Ponadto pranie w gospodarstwach domowych powoduje ciągłe uwalnianie mikroplastiku, którego ilość zależy od rodzaju tkaniny, liczby prań i zastosowanych systemów wychwytywania.

Wdrożona interwencja

E - μ plast wdrożono trzy uzupełniające się kierunki interwencji.

- W pierwszym badaniu oceniono usuwanie mikroplastiku obecnego w osadach ściekowych przemysłu tekstylnego przy użyciu fermentacji beztlenowej i wermikompostowania.
- W drugim badaniu eksperymentalnie przetestowano komercyjne systemy wychwytywania mikroplastiku podczas prania w warunkach domowych, testując różne urządzenia (kulki, worki i filtry) oraz detergenty na odzieży poliestrowej i bawełnianej.
- Trzecia część dotyczyła kompleksowego zarządzania wodą w przemyśle, obejmującego ponowne wykorzystanie oczyszczonej wody, procesy barwienia przy użyciu naturalnych barwników oraz usuwanie zanieczyszczeń poprzez adsorpcję.

Wyniki ilościowe

Uzyskane wyniki dostarczają istotnych danych ilościowych. W linii osadu, wermikompostowanie przez 56 dni zmniejszyło całkowitą masę osadu i umożliwiło degradację około 80% włókien naturalnych, choć nie wykazało znaczącej degradacji włókien syntetycznych; całkowite stężenie mikroplastiku wzrosło z 4882 cząstek/kg w surowym osadzie do 40 624 cząstek/kg po wermikompostowaniu, dzięki fragmentacji i efektowi koncentracji.

W domowej linii prania emisję mikroplastiku określono ilościowo w zależności od rodzaju tkaniny, liczby prań, systemu wychwytywania i detergentu. Porównanie różnych mydeł wykazało wzrost uwalniania mikroplastiku w pierwszych praniach, co przełożyło się na emisję 0,032 g mikrowłókien na litr i kilogram tkaniny w porównaniu z 0,009 g mikrowłókien po trzecim praniu. Analiza czarnych i białych bawełnianych koszulek wykazała wyższy poziom uwalniania mikroplastiku w białych ubraniach, z utratą masy tkaniny na poziomie 0,18%, podczas gdy w przypadku czarnej koszulki utrata masy wyniosła 0,11%. Specjalne filtry okazały się najskuteczniejszą metodą redukcji uwalniania mikroplastiku zarówno w przypadku poliestru, jak i bawełny.

W przemysłowym zarządzaniu wodą procesy adsorpcji pozwoliły na redukcję polifenoli w solance odpadowej nawet o 80% i wykazały, że ponowne wykorzystanie oczyszczonej wody w procesach barwienia jest wykonalne, a wyniki zależą od zastosowanego barwnika (AITEK, 2023).

Zaangażowanie interesariuszy

Projekt został opracowany przy udziale podmiotów publicznych i z wyraźnym naciskiem na transfer wyników do sektora przemysłowego. Koordynację techniczną zapewniła firma AITEK, a finansowanie i monitoring – IVACE. Uzyskane wyniki wzbudziły zainteresowanie firm z sektora tekstylnego i przemysłowego, takich jak INTERFABRICS, J. Moltó, Pascual y Bernabeu, Estampados Prato i Ondytec, a także firm z sektora spożywczego, takich jak Cándido Miró, szczególnie w kontekście ponownego

wykorzystania osadów i ścieków oraz stosowania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym. Eksperymentalne wdrożenie i monitorowanie wyników zostały przeprowadzone przez zespół techniczny projektu, z wykorzystaniem powtarzalnych i porównawczych protokołów analitycznych.

Wyciągnięte wnioski

Projekt *E-μplast* podkreśla, że zarządzanie mikroplastikiem wymaga kompleksowego podejścia, ponieważ konwencjonalne metody oczyszczania usuwają te cząstki z linii wodnej, ale mają tendencję do ich gromadzenia w innych częściach systemu, takich jak osad. Uzyskane wyniki pokazują, że skuteczność środków ograniczających emisję podczas prania zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj tkaniny, liczba prań, detergent i zastosowany system wychwytywania, a ich zachowanie w zależności od przypadku jest bardzo zróżnicowane. Projekt podkreśla również znaczenie posiadania danych ilościowych i porównywalnych, aby obiektywnie ocenić rzeczywistą skuteczność rozwiązań, a także dostosowania strategii ponownego wykorzystania wody i gospodarki odpadami do specyfiki każdego procesu przemysłowego.

Dane kontaktowe

Więcej informacji o projekcie *E-μplast*: <https://www.aitex.es/portfolio/e-%c2%b5plast-biorreactores-anaerobios-biogas-solucion-eliminacion-microplasticos-industriales/>

13.43. Główne wyzwania i bariery

W Hiszpanii problem mikroplastiku jest stopniowo dostrzegany przez organy publiczne, ośrodki badawcze i organy regulacyjne. Jednak wdrażanie systematycznych środków zapobiegawczych i łagodzących jego skutki nadal napotyka na liczne przeszkody. Wyzwania te koncentrują się głównie na ograniczeniach technicznych i regulacyjnych, barierach ekonomicznych i wdrożeniowych, a także czynnikach społecznych, edukacyjnych i świadomościowych, które warunkują skuteczność dostępnych rozwiązań.

13.43.1. Wyzwania techniczne i infrastrukturalne

Jednym z głównych wyzwań w Hiszpanii jest złożoność techniczna związana z identyfikacją, kwantyfikacją i monitorowaniem mikroplastiku w różnych matrycach środowiskowych. Specjalistyczne infrastruktury, takie jak Laboratorium Jakości Środowiska Morskiego CEDEX, pokazują, że wykrywanie mikroplastiku wymaga zaawansowanego sprzętu, wysoko wykwalifikowanego personelu i złożonych protokołów analitycznych, co utrudnia systematyczne stosowanie tych metod w sieciach monitorowania środowiska (*Laboratorio de Calidad Del Medio Marino Del CEDEX: Evaluación Ambiental* | CEPYC - CEDEX, nd). Ponadto konwencjonalne systemy oczyszczania ścieków nie zostały zaprojektowane specjalnie do usuwania mikroplastiku, co ogranicza ich skuteczność i stwarza niepewność co do ostatecznego przeznaczenia tych cząstek w systemie.

Z regulacyjnego punktu widzenia, chociaż kwestia mikroplastiku jest uwzględniona w ogólnych ramach strategicznych, takich jak hiszpańska Strategia Gospodarki o Obiegu Zamkniętym promowana przez Ministerstwo Transformacji Ekologicznej i Wyzwań Demograficznych, nadal brakuje konkretnych wymogów, wartości granicznych oraz zharmonizowanych oficjalnych metodyk ich kontroli (*Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción*, n.d.). Ten brak szczegółowych regulacji utrudnia

jednolite wdrażanie środków przez administrację i operatorów oraz opóźnia wdrażanie rozwiązań technologicznych na szeroką skalę.

13.43.2. Bariery ekonomiczne i wdrożeniowe

Bariery ekonomiczne stanowią kolejne istotne wyzwanie, szczególnie dla małych i średnich przedsiębiorstw z sektora tekstylnego oraz zarządców infrastruktury publicznej. Wdrożenie zaawansowanych technologii wykrywania, wychwytywania lub przetwarzania mikroplastiku często wiąże się z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi i kosztami operacyjnymi, bez jasnego systemu zachęt i korzyści ekonomicznych. Taka sytuacja ogranicza powtarzalność projektów pilotażowych i utrudnia przejście od doświadczeń eksperymentalnych do w pełni operacyjnych i powszechnych rozwiązań.

Co więcej, brak konkretnych obowiązków regulacyjnych zmniejsza presję na inwestowanie w tego typu technologie, stawiając ograniczanie emisji mikroplastiku na drugim planie w porównaniu z innymi, już ustalonymi wymogami środowiskowymi.

13.43.3. Bariery społeczne, edukacyjne i świadomościowe

Jednym z głównych wyzwań w Hiszpanii jest ograniczona świadomość społeczna dotycząca codziennych źródeł mikroplastiku. Raporty Hiszpańskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa Żywności i Żywnienia wskazują, że chociaż obecność mikroplastiku w żywności i wodzie pitnej stanowi coraz poważniejszy problem, wiedza na temat jego pochodzenia pozostaje szczątkowa (AESAN, 2019). W szczególności istnieje niewielkie przekonanie, że pranie tekstyliów w domu jest znaczącym źródłem uwalniania mikroplastiku.

Ten brak wiedzy, w połączeniu z niepewnością naukową co do skutków zdrowotnych, utrudnia społeczeństwu przyjęcie zachowań zapobiegawczych. Podobnie, istnieją luki w szkoleniach i specjalistycznych zasobach edukacyjnych, zarówno dla konsumentów, jak i dla specjalistów z sektora tekstylnego i gospodarki wodnej, co ogranicza skuteczność strategii zapobiegawczych opartych na zmianach zachowań.

13.44. Krajowe historie sukcesu i najlepsze praktyki

13.44.1. Innowacyjne technologie

Technologie wykrywania i analizy mikroplastiku

Projekt BIOMICRO, kierowany przez AIMPLAS, jest jedną z głównych innowacji technologicznych w tej dziedzinie. Jego celem jest opracowanie norm odniesienia dla nano- i mikroplastiku, które umożliwią standaryzację metod analizy, usprawnią kwantyfikację i ułatwią ocenę toksykologiczną tych cząstek w różnych matrycach środowiskowych (*Aimplas lidera el proyecto Biomicro para elaborar patrones de nano y microplásticos - Reciclaje y gestión de residuos, n. d.*). Ten postęp jest kluczowy dla umożliwienia firmom i organom administracji identyfikacji źródeł mikroplastiku i ograniczenia jego wytwarzania.

Innowacje tekstylne w celu redukcji mikrowłókien

W sektorze tekstylnym na szczególną uwagę zasługują projekty badawczo-rozwojowe i innowacyjne mające na celu minimalizację uwalniania syntetycznych mikrowłókien:

- FIBERCLEAN™, promowany przez Textil Santanderina, opracowuje rozwiązania oparte na eko-projektowaniu tekstyliów i technologiach filtracji, wykorzystując testy naukowe mierzące emisję mikrowłókien podczas produkcji, użytkowania i prania odzieży (*Proyectos I+D – Santanderina Group*, n.d.).
- Technologia FIBERPROOF opracowana przez Techs koncentruje się na tworzeniu tkanin odpornych na fibrylację, redukując w ten sposób jedną z głównych przyczyn uwalniania się mikrowłókien, a także przynosząc dodatkowe korzyści w zakresie zużycia wody i energii (*Proyectos I+D – Techs*, n.d.).
- Projekt INTESBIOCOM, promowany przez Grupę Santanderina, zajmuje się badaniami nad włóknami biologicznymi i kompostowalnymi jako alternatywą dla tradycyjnych materiałów syntetycznych, przyczyniając się pośrednio do redukcji mikroplastiku w tekstyliach (*Proyectos I+D – Santanderina Group*, n.d.).

Innowacje w materiałach o obiegu zamkniętym

Startup REACT działający w obszarze gospodarki o obiegu zamkniętym, wspierany przez program Mares Circulares, opracował folie plastikowe wykonane w 50% z odpadów morskich, które można ponownie wykorzystać w meblach i produktach miejskich. Jest to przykład innowacji zastosowanej w odzyskiwaniu odpadów morskich (*Mares Circulares*, s. f.).

13.44.2. Inicjatywy krajowe i inicjatywy korporacyjne

W tej sekcji omówiono inicjatywy korporacyjne i krajowe polityki publiczne promujące gospodarkę o obiegu zamkniętym i redukcję ilości plastiku w morzach i oceanach.

Inicjatywy biznesowe

W sferze biznesowej kilka firm wyróżnia się integracją odpadów morskich ze swoimi łańcuchami wartości:

- Coalf wykorzystuje odpady morskie i inne materiały pochodzące z recyklingu do produkcji tekstyliów, co czyni go międzynarodowym punktem odniesienia w dziedzinie zrównoważonej mody i gospodarki o obiegu zamkniętym (*Materiales | ECOALF*, n.d.).
- Gravity Wave współpracuje z rybakami i portami w celu usuwania plastiku z Morza Śródziemnego i przetwarzania go na nowe materiały przemysłowe. Współpracuje z ponad 200 firmami (*Gravity Wave*, n.d.).
- Running Republic produkuje odzież sportową z dużą zawartością materiałów pochodzących z recyklingu, pochodzących z plastikowych butelek i odpadów morskich (*Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Proyectos Emprendedores Que Intentan Devolver La Vida al Mar)*, n.d.).
- Now-Then produkuje przyjazne dla środowiska stroje kąpielowe z wykorzystaniem ECONYL®, nylonu pochodzącego z recyklingu porzuconych sieci rybackich i innych odpadów morskich (*Proyectos Emprendedores Que Intentan Devolver La Vida al Mar*, n.d.).

- Firma Sea2see produkuje szklanki z plastiku odzyskanego z hiszpańskich plaż i portów we współpracy ze stowarzyszeniami rybaków (*Proyectos Emprendedores Que Intentan Devolver La Vida al Mar*, n.d.)

Krajowe inicjatywy finansowania publicznego

Polityki publiczne odgrywają kluczową rolę w promowaniu tych inicjatyw:

- Gospodarka o obiegu zamkniętym – Tekstylija PERTE sfinansowało 37 projektów kwotą 30,5 mln euro, wspierając ekoprojektowanie, recykling i zastępowanie włókien syntetycznych (*El MITECO Impulsa La Circularidad En El Sector Textil Con Ayudas Por Valor de 30,5 Millones*, n.d.).
- Gospodarka o obiegu zamkniętym – tworzywa sztuczne PERTE przeznaczył 154,5 mln euro na 125 projektów skupionych na gospodarowaniu odpadami z tworzyw sztucznych, co pośrednio wpłynęło na redukcję mikroplastiku w tekstyliach (*El MITECO Impulsa La Circularidad En El Sector Del Plástico Con Ayudas Por Valor de 151 Millones*, n.d.).

13.44.3. Certyfikaty lub programy dobrowolne

Chociaż nie omówiono konkretnych formalnych certyfikacji, wskazano istotne programy dobrowolne i systemy odniesienia:

- ECONYL® to dobrowolny system regeneracji nylonu z odpadów morskich i tekstylnych, stosowany przez takie marki jak Now-Then w celu ograniczenia wykorzystania surowców pierwotnych (*Proyectos Emprendedores Que Intentan Devolver La Vida al Mar*, n.d.).
- Inicjatywa Mares Circulares, promowana przez Coca-Cola Europacific Partners, ma na celu propagowanie oczyszczania środowiska wodnego, recyklingu i wsparcia projektów gospodarki o obiegu zamkniętym, takich jak Economía Circular REACT (*Mares Circulares*, n.d.).
- Projekt LIBERA, opracowany przez SEO/BirdLife i Ecoembes, stanowi dobrowolne ramy służące zapobieganiu zaśmiecaniu i tworzeniu wiedzy naukowej (*Web Microplásticos LIBERA 2023 - Proyecto LIBERA*, n.d.).

13.44.4. Udane partnerstwa lub projekty

Partnerstwa wielosektorowe okazały się szczególnie skuteczne w walce z plastikiem i mikroplastikiem zanieczyszczającym morza.

- Platforma MICRO, opracowana przez Stowarzyszenie HyT wspólnie z projektem LIBERA, jest największym krajowym repozytorium badań nad mikroplastikiem, skupiającym uniwersytety, centra technologiczne, organizacje pozarządowe i administrację publiczną (*Web Microplásticos LIBERA 2023 - Proyecto LIBERA*, n.d.).
- Projekt BIOMICRO wyróżnia się jako przykład współpracy publiczno-prywatnej między ośrodkami technologicznymi i przedsiębiorstwami na rzecz transferu wiedzy naukowej do sektora produkcyjnego (*Aimplas Lidera El Proyecto Biomicro Para Elaborar Patrones de Nano y Microplásticos - Reciclaje y Gestión de Residuos*, n.d.).
- FIBERCLEAN™ to udany przykład współpracy producentów tekstyliów, ośrodków technologicznych, uniwersytetów i agentów z branży prania i oczyszczania (*Proyectos I+D – Santanderina Group*, n.d.).

- Partnerstwa między Gravity Wave, Sea2see i stowarzyszeniami rybaków umożliwiły usuwanie odpadów bezpośrednio ze środowiska morskiego i ponowne włączenie ich do łańcuchów wartości przemysłowych, łącząc wpływ na środowisko z rozwojem lokalnym (Gravity Wave, n.d.).

13.45. Polityki krajowe i ramy regulacyjne

13.45.1. Krajowe przepisy dotyczące mikroplastiku

W Hiszpanii nie ma obecnie szczegółowych przepisów dotyczących wyłącznie mikroplastiku lub mikrowłókien tekstylnych. Istnieją jednak przepisy, które pośrednio regulują kwestię zanieczyszczenia mikroplastikiem poprzez zestaw krajowych przepisów i strategii dotyczących odpadów, gospodarki o obiegu zamkniętym, ochrony środowiska morskiego i ścieków, ustanawiając odpowiednie ramy regulacyjne w celu zapobiegania i ograniczania emisji mikroplastiku.

Ustawa nr 7/2022 z dnia 8 kwietnia o odpadach i glebach zanieczyszczonych w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym transponuje różne dyrektywy europejskie i ustanawia środki mające na celu zapobieganie powstawaniu odpadów, promowanie ponownego użycia i recyklingu oraz redukcję wpływu produktów na środowisko w całym cyklu ich życia. Chociaż nie wspomina ona wprost o mikrowłóknach tekstylnych, wprowadza zasady takie jak hierarchia postępowania z odpadami, ekoprojektowanie i rozszerzona odpowiedzialność producenta (ROP), które stanowią podstawę podejścia zapobiegawczego w kwestii mikroplastiku (Spain, 2022).

Podobnie, ustawa 41/2010 o ochronie środowiska morskiego ustanawia ramy dla zapobiegania i ograniczania zanieczyszczenia mórz, w tym zanieczyszczenia pochodzącego ze śmieci morskich, w których mikroplastik i mikrowłókna tekstylne zostały uznane za nowe zanieczyszczenia budzące szczególne obawy. Ustawa ta jest wdrażana poprzez strategie morskie, które obejmują monitorowanie i ocenę stanu środowiska mórz hiszpańskich (Spain, 2010).

W odniesieniu do ścieków, istnieją przepisy regulujące oczyszczanie wód miejskich i przemysłowych, biorąc pod uwagę, że oczyszczalnie ścieków (OŚ) pełnią rolę punktów kontrolnych, ale także potencjalną drogę migracji mikrowłókien do środowiska wodnego i osadów ściekowych (de Publicaciones de la Unión Europea & Luxemburgo, n.d.; Página, n.d.). Chociaż obecne przepisy nie określają konkretnych limitów dla mikroplastiku, promują one stopniowe doskonalenie systemów oczyszczania i ochronę wód odbiorczych.

13.45.2. Zgodność z przepisami UE

Hiszpańskie przepisy i polityki dotyczące mikroplastiku i tekstyliów są ściśle powiązane z ramami regulacyjnymi Unii Europejskiej, która w ostatnich latach zintensyfikowała działania mające na celu kompleksowe i zapobiegawcze podejście do problemu zanieczyszczenia mikroplastikiem.

Jednym z kluczowych instrumentów jest rozporządzenie REACH, które wprowadziło ograniczenia w zakresie wprowadzania do obrotu i stosowania mikroplastiku celowo dodawanego do produktów (European Commission, 2023) oraz celowego dodawania mikroplastiku do produktów (Komisja Europejska, 2023). Chociaż ograniczenie to nie dotyczy bezpośrednio mikrowłókien uwalnianych z

tekstyliów, stanowi ono ważny precedens regulacyjny i wzmacnia europejskie podejście do redukcji emisji mikroplastiku u źródła (European Chemicals Agency, 2019).

Ponadto Strategia UE na rzecz Zrównoważonych i Obiegowych Tekstyliów uznaje problem mikrowłókien tekstylnych za priorytet środowiskowy, promując takie działania, jak ekoprojektowanie, zwiększanie trwałości wyrobów tekstylnych, ograniczanie uwalniania mikrowłókien podczas użytkowania oraz opracowywanie rozwiązań technologicznych, takich jak filtry do pralek. Hiszpania, jako państwo członkowskie, dostosowała swoją politykę krajową do tych celów strategicznych (European Commission, 2022).

Podobnie, nowelizacja dyrektywy w sprawie oczyszczania ścieków komunalnych wzmacnia rolę oczyszczalni ścieków w usuwaniu nowych zanieczyszczeń, w tym mikroplastiku, co będzie miało bezpośredni wpływ na gospodarowanie mikrowłóknami tekstylnymi uwalnianymi podczas prania w gospodarstwach domowych i przemyśle. Przyszła transpozycja tej dyrektywy do prawa hiszpańskiego wzmocni wymogi techniczne i kontrolne w tym obszarze (European Commission, 2022).

W obecnym kontekście hiszpańskie ramy regulacyjne odzwierciedlają stopniową spójność z polityką europejską, przyjmując podejście oparte na zapobieganiu, gospodarce o obiegu zamkniętym i współodpowiedzialności producentów, administracji publicznej i konsumentów.

13.45.3. Plany strategiczne, zachęty i programy

Hiszpania opracowała różne plany strategiczne i programy wsparcia, które, choć nie koncentrują się wyłącznie na mikroplastiku, pośrednio przyczyniają się do jego redukcji, zwłaszcza w sektorze tekstylnym.

Hiszpańska Strategia Gospodarki o Obiegu Zamkniętym – España Circular 2030 – wyznacza cele ukierunkowane na redukcję generowania odpadów, poprawę efektywności wykorzystania zasobów oraz promowanie bardziej zrównoważonych modeli produkcji i konsumpcji. W sektorze tekstylnym strategia ta promuje ekoprojektowanie, wydłużając okres użytkowania produktów oraz rozwijając bardziej efektywny system zbiórki i recyklingu (Gobierno de España, 2020).

Podobnie PERTE powiązane z gospodarką o obiegu zamkniętym i dekarbonizacją przemysłu obejmują linie finansowania ukierunkowane na innowacje technologiczne, udoskonalanie procesów przemysłowych i rozwój nowych materiałów, które mogą przyczynić się do ograniczenia uwalniania mikrowłókien w fazach produkcji i użytkowania (Gobierno de España, 2020; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, n.d.).

Instrumenty te uzupełniają programy finansowania zarządzane przez takie podmioty jak CDTI, skupiające się na pracach badawczo-rozwojowych i innowacjach w zakresie zrównoważonego rozwoju, zaawansowanych materiałów i technologii uzdatniania wody (EECTI, 2021).

13.45.4. Krajowe działania normalizacyjne

W dziedzinie normalizacji Hiszpania aktywnie uczestniczy w europejskich i międzynarodowych pracach normalizacyjnych dotyczących tekstyliów, zrównoważonego rozwoju i środowiska za pośrednictwem Hiszpańskiego Stowarzyszenia Normalizacyjnego (UNE) (Asociación española de Normalización, 2024).

Komitety techniczne UNE uczestniczą w opracowywaniu norm CEN i ISO dotyczących:

- metod badawczych służących charakteryzowaniu mikroplastiku,
- ocena oddziaływania wyrobów tekstylnych na środowisko,
- kryteriów ekoprojektowania i trwałości.
- wymagań zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze tekstylnym.

Mimo że nie wdrożono jeszcze powszechnie konkretnych norm dotyczących ujednoliconych pomiarów uwalniania mikrowłókien tekstylnych, udział Hiszpanii w tych procesach normalizacyjnych jest kluczowy dla zapewnienia w przyszłości jednolitego stosowania metodologii pomiaru, kontroli i redukcji mikroplastiku, zgodnie z europejskimi ramami regulacyjnymi.

13.46. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

13.46.1. Potrzeby szkoleniowe i propozycje edukacyjne

W kontekście Hiszpanii zidentyfikowano szereg luk w wiedzy i umiejętnościach związanych z zapobieganiem i zarządzaniem mikroplastikiem w sektorze tekstylnym, które wpływają zarówno na sferę przemysłową, jak i akademicką oraz zawodową:

- Ograniczona wiedza na temat powstawania mikrowłókien w całym cyklu życia tekstyliów, zwłaszcza na etapach projektowania, produkcji, prania i końca cyklu życia.
- Brak specjalistycznych szkoleń w zakresie ekoprojektowania tekstyliów, mających na celu ograniczenie ilości mikrowłókien, w tym doboru materiałów, struktur tkanin i wykończeń o niskim poziomie uwalniania substancji.
- Należy wzmocnić szkolenia techniczne w zakresie metod pomiaru i monitorowania mikroplastiku, zarówno w środowiskach przemysłowych, jak i w systemach oczyszczania ścieków.
- Ograniczona dostępność specjalistów posiadających kompleksowe szkolenia łączące wiedzę z zakresu inżynierii tekstylnej, uzdatniania wody, chemii środowiska i gospodarki o obiegu zamkniętym.
- Ograniczony transfer wiedzy między sektorem badawczym a przemysłem, zwłaszcza w małych i średnich przedsiębiorstwach z branży tekstylnej, które dominują w hiszpańskiej strukturze biznesowej.

13.46.2. Rekomendacje dotyczące integracji programów nauczania i szkoleń zawodowych

Potrzeby instytucji szkolnictwa wyższego i kształcenia zawodowego

Aby sprostać zidentyfikowanym wyzwaniom, konieczne jest wzmocnienie oferty edukacyjnej uniwersytetów i ośrodków kształcenia zawodowego w Hiszpanii poprzez:

- Włączenie konkretnych treści dotyczących mikroplastiku i mikrowłókien tekstylnych do programów nauczania takich kierunków jak: inżynieria włókiennicza, inżynieria chemiczna, nauki o środowisku, inżynieria środowiskowa, projektowanie mody i technologie materiałowe.

- Opracowywanie modułów szkoleniowych w cyklach kształcenia zawodowego związanych z produkcją tekstyliów, utrzymaniem ruchu w przemyśle, uzdatnianiem wody i gospodarką odpadami, ze szczególnym uwzględnieniem praktyki.
- Aktualizacja programów nauczania w celu uwzględnienia europejskich wymogów regulacyjnych (REACH, Strategia na rzecz Zrównoważonego Przemysłu Tekstylnego, Dyrektywa w sprawie ścieków komunalnych) i ich zastosowania w kontekście hiszpańskim.
- Wzmocnienie szkoleń interdyscyplinarnych, łączących wiedzę techniczną, środowiskową i regulacyjną.

Niezbędne treści kursów HEI

Zaleca się, aby programy szkoleniowe obejmowały między innymi następujące treści:

- Podstawowe informacje na temat mikroplastiku: rodzaje, źródła i zachowanie się w środowisku.
- Mikrowłókna tekstylne: mechanizmy uwalniania, czynniki wpływające i kwantyfikacja.
- Eko-design i projektowanie produktów mające na celu redukcję mikrowłókien.
- Zrównoważone procesy tekstylne i technologie wykończeniowe o niskim wpływie na środowisko.
- Technologie uzdatniania wody mające zastosowanie w retencji mikroplastiku.
- Metody analizy i monitorowania mikroplastiku.
- Gospodarka o obiegu zamkniętym zastosowana w sektorze tekstylnym i gospodarce odpadami tekstylnymi.
- Odpowiednie europejskie i krajowe ramy regulacyjne dotyczące mikroplastiku i tekstyliów.

Sugestie dotyczące rozwoju programu nauczania

Aby skutecznie zintegrować te treści z hiszpańskim systemem edukacji, proponuje się podjęcie następujących działań:

- Rozwój przedmiotów fakultatywnych lub modułów dotyczących mikroplastiku w ramach istniejących programów studiów licencjackich i magisterskich.
- Tworzenie programów kształcenia ustawicznego i kursów specjalizacyjnych skierowanych do profesjonalistów z sektora tekstylnego i cyklu wodnego.
- Promocja projektów dyplomowych licencjackich i magisterskich, skupiających się na mikrowłóknach tekstylnych i rozwiązaniach łagodzących.
- Promocja nauczania opartego na projektach we współpracy z firmami i ośrodkami technologicznymi.

Możliwości i rekomendacje dotyczące kształcenia nauczycieli

Aby zapewnić wysoką jakość szkoleń, konieczne jest podnoszenie kwalifikacji kadry dydaktycznej poprzez:

- Specjalistyczne programy szkoleniowe dla nauczycieli na temat mikroplastiku, zrównoważonego rozwoju tekstyliów i gospodarki o obiegu zamkniętym.

- Dostęp do aktualnych materiałów dydaktycznych, studiów przypadków i wyników projektów europejskich.
- Krótkoterminowe staże dla nauczycieli w ośrodkach technologicznych i firmach z branży tekstylnej lub uzdatniania wody.
- Tworzenie sieci wymiany między hiszpańskimi uniwersytetami, ośrodkami kształcenia zawodowego i ośrodkami technologicznymi.

Możliwości integracji z WP2 projektu MicroWeave-TEX

Treść i wnioski z niniejszego raportu krajowego mogą służyć jako kontekstowe odniesienie dla działań w ramach WP2, zapewniając szczegółowy przegląd sytuacji w Hiszpanii w odniesieniu do mikroplastiku i sektora tekstylnego. Zebrane informacje na temat źródeł emisji, rozwiązań technicznych, ram regulacyjnych i dotychczasowych doświadczeń mogą pomóc w identyfikacji potrzeb szkoleniowych i luk w wiedzy, które zostaną uwzględnione w niniejszym pakiecie roboczym.

Raport może również ułatwić dostosowanie wyników WP2 do kontekstu krajowego, pomagając zapewnić, że treści szkoleniowe i propozycje edukacyjne lepiej odzwierciedlają rzeczywistość przemysłu, systemu edukacji i wyzwań środowiskowych w Hiszpanii. Takie powiązanie sprzyja większej spójności między analizą potrzeb, projektowaniem materiałów szkoleniowych i ich praktycznym zastosowaniem.

13.47. Wnioski

13.47.1. Główne wnioski i stan wiedzy na poziomie krajowym

Analiza stanu wiedzy w Hiszpanii ujawnia, że zanieczyszczenie mikroplastikiem, zwłaszcza mikrowłóknami tekstylnymi, stanowi coraz poważniejsze wyzwanie środowiskowe dla sektora tekstylnego i zarządzania środowiskiem wodnym. Dostępne dowody naukowe potwierdzają, że mikrowłókna syntetyczne stanowią większość mikroplastiku wykrywanego w ściekach, ekosystemach wodnych i osadach ściekowych, a faza użytkowania wyrobów tekstylnych, zwłaszcza prania w gospodarstwach domowych, jest jednym z najważniejszych źródeł emisji.

Hiszpania posiada solidną bazę naukowo-techniczną w tej dziedzinie, wspieraną przez działalność uniwersytetów, ośrodków technologicznych i publicznych instytucji badawczych, a także aktywny udział w europejskich projektach badawczo-rozwojowych i innowacyjnych. Inicjatywy te umożliwiły postęp w identyfikacji źródeł emisji, charakteryzowaniu mikrowłókien oraz opracowaniu rozwiązań technologicznych ukierunkowanych zarówno na zapobieganie u źródła, jak i wychwytywanie i eliminację w systemach uzdatniania wody.

Raport wskazuje jednak, że wdrażanie rozwiązań na dużą skalę pozostaje ograniczone. Utrzymują się bariery techniczne, ekonomiczne i regulacyjne, zwłaszcza w sektorze tekstylnym, w którym dominują małe i średnie przedsiębiorstwa o ograniczonych możliwościach inwestowania w innowacje. Ponadto brak szczegółowych przepisów dotyczących mikrowłókien tekstylnych oraz brak zharmonizowanych metod pomiarowych utrudniają systematyczne wdrażanie środków zapobiegawczych i kontrolnych.

W tym kontekście skuteczne ograniczenie emisji mikroplastiku z tekstyliów w Hiszpanii wymaga kompleksowego podejścia opartego na zapobieganiu u źródła, ekoprojektowaniu, innowacjach technologicznych, ulepszonych systemach przetwarzania i szkoleniach dla różnych podmiotów zaangażowanych w cały łańcuch wartości.

13.47.2. Zalecenia i działania priorytetowe

Instytucje szkolnictwa wyższego (HEI)

Instytucje szkolnictwa wyższego odgrywają fundamentalną rolę w kształceniu specjalistów w zakresie rozwiązywania problemu mikroplastiku z perspektywy multidyscyplinarnej. W tym celu priorytetem jest włączenie treści dotyczących mikroplastiku i mikrowłókien tekstylnych do powiązanych programów studiów, wzmocnienie szkoleń z zakresu ekoprojektowania ukierunkowanego na redukcję emisji, promowanie specjalizacji i programów kształcenia ustawicznego oraz wspieranie badań stosowanych i współpracy między uczelniami a biznesem. Kluczowe jest również promowanie transferu wiedzy i upowszechniania wyników badań naukowych w przemyśle i administracji publicznej.

Przemysł włókienniczy i sektory pokrewne

Hiszpański przemysł tekstylny jest bezpośrednio zaangażowany w produkcję mikrowłókien, zwłaszcza na etapie projektowania i produkcji wyrobów. Wdrożenie kryteriów ekoprojektowania i trwałości, wraz z optymalizacją procesów produkcji i wykańczania, ogranicza wypadanie włókien i ilość mikrowłókien w ściekach przemysłowych. Podobnie, stosowanie rozwiązań technologicznych do wychwytywania mikrowłókien, zarówno w przemyśle, jak i we współpracy z innymi sektorami, a także udział w inicjatywach partnerskich i projektach pilotażowych, przyczyniają się do łagodzenia związanego z tym wpływu na środowisko. Działania te można zintegrować ze strategiami zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw i systemami rozszerzonej odpowiedzialności producenta.

Urzędnicy publiczni i decydenci

Administracja publiczna wpływa na zapobieganie i zarządzanie mikroplastikiem w tekstyliach poprzez ramy regulacyjne, instrumenty planowania i istniejące mechanizmy wsparcia. Opracowywanie przepisów dostosowanych do kontekstu europejskiego, promowanie zharmonizowanych metod pomiaru i monitorowania mikroplastiku oraz tworzenie programów wspierających wdrażanie rozwiązań technologicznych ułatwiają bardziej jednolite stosowanie środków łagodzących. Dodatkowo, włączenie tego zagadnienia do polityki gospodarki o obiegu zamkniętym, gospodarki odpadami i ochrony środowiska morskiego, wraz z działaniami informacyjnymi i podnoszącymi świadomość skierowanymi do obywateli i interesariuszy, przyczynia się do skoordynowanej reakcji na poziomie krajowym.

13.47.3. Rozważania końcowe

Podsumowując, Hiszpania dysponuje wystarczającą wiedzą i potencjałem technicznym, aby rozwiązać problem mikroplastiku w tekstyliach. Skuteczne wdrożenie istniejących rozwiązań zależy jednak w dużej mierze od koordynacji między uniwersytetami, przemysłem i administracją publiczną, a także od przyjęcia podejścia skoncentrowanego na zapobieganiu u źródła, doskonaleniu procesów i szkoleniach. Niniejszy raport przedstawia przegląd, który może posłużyć jako podstawa do ukierunkowania przyszłych działań i wspierania ewolucji hiszpańskiego sektora tekstylnego w kierunku bardziej zrównoważonych modeli produkcji, zgodnych z europejską polityką środowiskową.

13.48. Bibliografia

- 251007_informe-economico-de-la-moda-en-espana-2025. (2025). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://consejointertextil.com/wp-content/uploads/2025/10/251007_informe-economico-de-la-moda-en-espana-2025.pdf
- AESAN. (2019). Informe sobre la presencia y la seguridad de los plásticos como contaminantes en los alimentos. *Revista Del Comité Científico No 30*.
- Aimplas lidera el proyecto Biomicro para elaborar patrones de nano y microplásticos - Reciclaje y gestión de residuos. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.interempresas.net/Reciclaje/560397-Aimplas-Instituto-Tecnologico-Plastico-lidera-proyecto-Biomicro-elaborar-patrones-nano.html>
- AITEX. (2023). *E-μplast SOLUCIONES AMBIENTALES*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.aitex.es/wp-content/uploads/2023/05/Informe_resultados_E-%C2%B5plast.pdf
- Asociación española de Normalización. (2024). *Normas de apoyo a la economía circular*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.une.org/normalizacion_documentos/Apoyo_normas_eco_circul-2024.pdf
- BlueWWater | Control, tratamiento y reducción de microplásticos y contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y en el medio costero transfronterizo. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://bluewwater.eu/>
- Briefing-textiles-in-europe-s-circular-economy. (2019). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/file:///C:/Users/raque/Downloads/Briefing-textiles-in-europe-s-circular-economy.pdf
- CAPTOPLASTIC. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/noticias/>
- CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L technology can remove microplastics from the aqueous media. (n.d.-a). Retrieved 21 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/>
- CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L technology can remove microplastics from the aqueous media. (n.d.-b). Retrieved 26 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/>
- Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002>
- Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC. (2025). *Datos Generales Industria Textil Española*.
- Cesa, F. S., Turra, A., Checon, H. H., Leonardi, B., & Baroque-Ramos, J. (2020). Laundering and textile parameters influence fibers release in household washings. *Environmental Pollution*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113553>
- Circular solution for the textile industry. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://glaukos-project.eu/>

Commission, E. (2022). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning urban wastewater treatment (recast). *Official Journal of the European Union*, 345.

De Falco, F., Cocca, M., Avella, M., & Thompson, R. C. (2020). Microfiber Release to Water, Via Laundering, and to Air, via Everyday Use: A Comparison between Polyester Clothing with Differing Textile Parameters. *Environmental Science and Technology*, 54(6).
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06892>

de Publicaciones de la Unión Europea, O., & Luxemburgo, L. (n.d.). *Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, (versión refundida) (Texto pertinente a efectos del EEE)*.
<http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj>
<http://data.europa.eu/eli/C/2023/250/oj>

Delgado Fimia, O. (2019). *Implicaciones de la exposición a microplásticos en salud humana*.

Detectan concentraciones “excepcionalmente altas” de microplásticos en las Islas Columbretes | Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/detectan-concentraciones-excepcionalmente-altas-de-microplasticos-en-las-islas-columbretes?utm_source=chatgpt.com

Duch, J. (2024). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente | Noticias | Parlamento Europeo. *Parlamento Europeo*.

EECTI. (2021). Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. *Ministerio de Ciencia e Innovación*.

EFFITEX, una solución eficiente para la eliminación de microplásticos en la industria textil - Agua. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.interempresas.net/Agua/383837-EFFITEX-solucion-eficiente-para-eliminacion-de-microplasticos-en-industria-textil.html>

El MITECO impulsa la circularidad en el sector del plástico con ayudas por valor de 151 millones. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/octubre/el-miteco-impulsa-la-circularidad-en-el-sector-del-plastico-con-.html>

El MITECO impulsa la circularidad en el sector textil con ayudas por valor de 30,5 millones. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/septiembre/el-miteco-impulsa-la-circularidad-en-el-sector-textil-con-ayudas.html>

E-MICROPLAST 2025 - SOLUCIONES AMBIENTALES III - Aitex. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from https://www.aitex.es/portfolio/e-microplast-2025-soluciones-ambientales/?utm_source=chatgpt.com

Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia.html>

European Chemicals Agency. (2019). Annex XV restriction report proposal for a restriction - microplastics. *Version 1.2, 22 August 2019, August*.

European Commission. (2004). *Study on the implications of the 2005 trade liberalization in the textile and clothing sector*.

European Commission. (2022). EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles. *Document 52021DC0573*.

European Commission. (2023). COMMISSION REGULATION (EU) 2023/2055 of 25 September 2023. In *Official Journal of the European Union: Vol. L (Issue 238)*.

E-μplast - SOLUCIONES MEDIOAMBIENTALES - Aitex. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.aitex.es/portfolio/e-%C2%B5plast-biorreactores-anaerobios-biogas-solucion-eliminacion-microplasticos-industriales/>

Filgueiras, A. V., Gago, J., Campillo, J. A., & León, V. M. (2019). Microplastic distribution in surface sediments along the Spanish Mediterranean continental shelf. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05341-5>

García-Haba, E., Benito-Kaesbach, A., Hernández-Crespo, C., Sanz-Lazaro, C., Martín, M., & Andrés-Doménech, I. (2024). Removal and fate of microplastics in permeable pavements: An experimental layer-by-layer analysis. *Science of the Total Environment*, 929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172627>

Gobierno de España. (2020). *Estrategia Española de Economía Circular ESPAÑA CIRCULAR 2030 Por un #FuturoSostenible*. www.miteco.es

Godoy Calero, V. (2021). *Origen, caracterización e impacto de los microplásticos presentes en el medioambiente. Aplicación a la provincia de Granada (España)*. <http://hdl.handle.net/10481/69067>

Gravity Wave. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.thegravitywave.com/>

Inditex y Jeanologia se alían para recuperar microfibras en la producción de prendas textiles. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.eleconomista.es/retail-consumo/noticias/12315576/06/23/inditex-y-jeanologia-se-alian-para-recuperar-microfibras-en-la-produccion-de-prendas-textiles.html>

Instituto Nacional de Estadística. (2023). *Estadística estructural de empresas: Sector industrial*. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/EEESI2023.htm>

Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX: evaluación ambiental | CEPYC - CEDEX. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.cedex.es/centros-laboratorios/centro-de-estudios-de-puertos-y-costas-cepyc/equipamientos/laboratorio-de-0>

Lanz, I. E., Laborda, E., Chaine, C., & Blecua, M. (2024). A Mapping of Textile Waste Recycling Technologies in Europe and Spain. In *Textiles* (Vol. 4, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/textiles4030022>

- LIFE 3.0 - LIFE21-ENV-ES-LIFE-ANHIDRA/101074372*. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE21-ENV-ES-LIFE-ANHIDRA-101074372/unique-and-sustainable-system-for-producing-garments-without-water-discharges>
- Life-Phoenix*. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.life-phoenix.eu/>
- López-Castellanos, J., Olmos Espinar, S., & Bernal, J. B. (2020). *Artículo Técnico*. www.tecnoaqua.es
- Los microplásticos, más allá de los pellets - Campus de Gandia Ciencia - UPV Universitat Politècnica de València*. (n.d.). Retrieved 18 December 2025, from https://cienciagandia.webs.upv.es/2024/01/microplasticos-mas-alla-pellets/?utm_source=chatgpt.com
- Luzi, B., Carnevale Miino, M., Rada, E. C., Zullo, R., Baltrocchi, A. P. D., Torretta, V., & Galafassi, S. (2025). Critical review of microfiber release from textiles: Results, comparative challenges, mitigation strategies, and legislative perspectives. *Chemosphere*, 378. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144394>
- Mares Circulares*. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.cocacolaep.com/es/mares-circulares/>
- Materiales | ECOALF*. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://ecoalf.com/pages/materiales>
- Microplásticos, El Nuevo Reto Ambiental Del Sector Textil*. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from https://www.aitex.es/microplasticos/?utm_source=chatgpt.com
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). *Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica en Economía Circular*.
- MITERD. (2022). Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases. *Boletín Oficial Del Estado*.
- Moral, M. J. , & P. C. (2004). *El sector textil y confección en España ante un futuro incierto*.
- Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? In *Environmental Science and Technology* (Vol. 50, Issue 20). <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>
- OCEAN YARN & ZERO MICROPLASTICS | ECOALF*. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://ecoalf.com/pages/ocean-yarn-zero-microplastics?srsId=AfmBOoqtKCMIH-rZfHI-18Q5pIXd7zh1gRgk-IWxL7Spl2Jr03EDunS>
- Olea, N. (n.d.). Impacto de los microplásticos en la salud humana. *Revista de Salud Ambiental*, 24(Especial Congreso), 24, 74–77.
- Página. (n.d.). *BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO LEGISLACIÓN CONSOLIDADA*.
- Pérez, E. M., Luísa, M., García, M., Ángeles, M., Aracil, B., & Candela, R. V. (2022). *Proceso foto-Fenton como una alternativa en la degradación de microplásticos de poliamida presentes en aguas residuales textiles*.

PlastikHUM. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.udg.edu/ca/projectes/plastikhum>

Proyectos emprendedores que intentan devolver la vida al mar. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/proyectos-basura-mar.html>

Proyectos I+D – Santanderina Group. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://santanderinagroup.com/es/proyectos-id/>

Proyectos I+D – Techs. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.techs.es/es/proyectos-id/>

Ramírez, J. , A. L. , H. S. , L. E. , & F. S. (2019). Minimización de microfibras en ciclo de vida de los productos textiles y en el tratamiento de aguas residuales: Proyecto Fiberclean. *Tecnoaqua*, 36, 53–57.

Reciclar está de moda - Recuperación textil en Madrid - Ayuntamiento de Madrid. (n.d.). Retrieved 18 December 2025, from <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Latina/Reciclar-esta-de-moda/?vgnnextfmt=default&vgnextoid=53d2eee2b72b5910VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnextchannel=a83aca5d5fb96010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&idCapitulo=12726795>

Shahul Hamid, F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. (2018). Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? In *Waste Management and Research* (Vol. 36, Issue 10). <https://doi.org/10.1177/0734242x18785730>

Simon-Sánchez, L., Grelaud, M., Franci, M., & Ziveri, P. (2022). Are research methods shaping our understanding of microplastic pollution? A literature review on the seawater and sediment bodies of the Mediterranean Sea. In *Environmental Pollution* (Vol. 292). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118275>

Sobre la Asociación - Gestión de Residuo Textil. (n.d.). Retrieved 18 December 2025, from <https://reviste.org/sobre-la-asociacion/>

Sorigué instala una planta piloto en la EDAR de Quart para probar una nueva tecnología de tratamiento de aguas de bajo impacto ambiental | Sorigué. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.sorigue.com/es/sala-de-prensa/actualidad/sorigue-instala-una-planta-piloto-en-la-edar-de-quart-para-probar-una>

Spain. (2010). Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino. *Boletín Oficial Del Estado*.

Spain. (2022). Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. *Boletín Oficial Del Estado*, 85.

TECNOLOGÍA DE CAPTURA – CAPTOPLASTIC. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/tecnologia-captura/>

Un estudio de la Cátedra Aguas de Valencia demuestra la alta capacidad de los humedales artificiales para retener y degradar microplásticos | SIECATEDRAS | UPV. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.upv.es/contenidos/siecatedras/2025/12/01/un-estudio-de-la-catedra-aguas-de-valencia-demuestra-la-alta-capacidad-de-los-humedales-artificiales-para-retener-y-degradar-microplasticos/>

Un proyecto pionero liderado por la UAB revela los riesgos de los micro- y nanoplasticos para la salud humana - Universitat Autònoma de Barcelona - UAB Barcelona. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/un-proyecto-pionero-liderado-por-la-uab-revela-los-riesgos-de-los-micro-y-nanoplasticos-para-la-salud-humana-1345830290069.html?detid=1345948461434>

UPRISE: Análisis repercusiones partículas y microplásticos en salud fetal. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://itene.com/casos-de-exito/uprise-analisis-de-las-repercusiones-de-las-particulas-ultrafinas-y-los-microplasticos-nanometricos-en-la-salud-fetal/>

Upstream project - for waste free european rivers. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://upstream-project.eu/>

UPV: Un equipo de la UPV desarrolla una aplicación que identifica y cuantifica microfibras plásticas en aguas y lodos residuales con inteligencia artificial | Universitat Politècnica de València. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-14859-ia-contra-los-es.html>

UPV: Una investigación de la UPV y la UA revela la eficacia de los pavimentos permeables en la captura de microplásticos urbanos | Universitat Politècnica de València. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-14784-pavimentos-ant-es.html>

Web microplásticos LIBERA 2023 - Proyecto LIBERA. (n.d.). Retrieved 27 December 2025, from <https://proyectolibera.org/actualidad/nace-micro-la-primer-web-que-mapea-los-estudios-de-microplasticos-espanoles>

Weis, J. S., & De Falco, F. (2022). Microfibers: Environmental Problems and Textile Solutions. *Microplastics*, 1(4). <https://doi.org/10.3390/microplastics1040043>