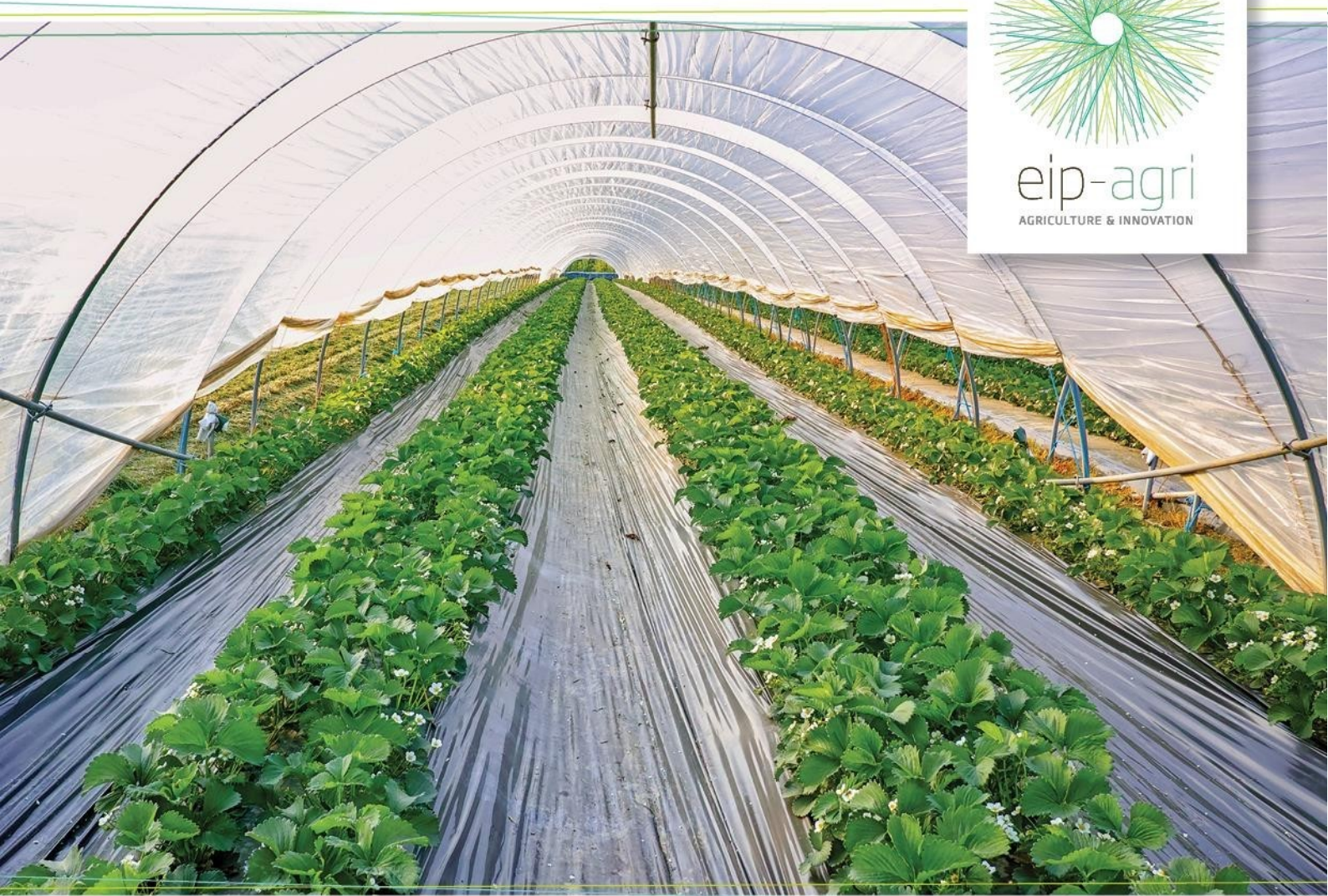


eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



Grupa Fokusowa EIP-AGRI

Zmniejszenie śladu plastikowego w rolnictwie

RAPORT KOŃCOWY
LUTY 2021

Spis treści

1.	Streszczenie	3
2.	Wstęp	4
3.	Obecna sytuacja, przeszkody i szanse na zmniejszenie śladu plastikowego w rolnictwie.....	6
3.1	Plastik w obecnie istniejących systemach produkcji rolnej.....	6
3.2	Rodzaje tworzyw sztucznych wykorzystywanych w rolnictwie	12
3.3	Zbiórka i recykling odpadów plastikowych.....	14
3.4	Świadomość i dostępność informacji	17
4.	Zmniejszanie śladu plastikowego w rolnictwie: dostępne rozwiązania i potrzebne innowacje	18
4.1	Zmniejszanie: wykorzystywanie zasobów lokalnych i nowych modeli gospodarki rolnej	18
4.2	Ponowne wykorzystywanie tworzyw sztucznych	18
4.3	Metody usuwania plastiku ze środowiska oraz sprzątanie gospodarstw.....	18
4.4	Projektowanie tworzyw sztucznych z myślą o ich losie po zakończeniu eksploatacji	19
4.5	Aktualnie funkcjonujące systemy zbiórki	20
4.6	Realizowane projekty badawcze	21
5.	Dalsze działania i zalecenia.....	22
5.1	Komunikacja: wyjaśnianie problemów środowiskowych, zwiększanie świadomości oraz rozpowszechnianie dobrych praktyk	22
5.2	Priorytetowe potrzeby badawcze	23
5.3	Pomysły dla Grup Operacyjnych	24
	Wnioski	25
	Załącznik 1A: Lista ekspertów i moderatorów uczestniczących w Grupie Fokusowej	26
	Załącznik 1B: Lista krótkich artykułów	27
	Załącznik 2: Nazwa, akronim, opis i udział w unijnym zapotrzebowaniu na tworzywa sztuczne najczęściej używanych konwencjonalnych polimerów syntetycznych.....	28
	Załącznik 3: Różne grupy dodatków	29
	Załącznik 4: Nazwa, akronim, opis oraz zdolność do rozkładu polimerów biodegradowalnych.....	30
	Załącznik 5: Obfitość mikrodrobin plastiku w próbkach środowiskowych	31
	Załącznik 6: Potrzeby badawcze zidentyfikowane i uszeregowane według stopnia pilności przez ekspertów Grupy Fokusowej. Jedenaście z czternastu zaprezentowanych pomysłów zostało uznanych za priorytetowe przez ponad połowę ekspertów.	32
	Bibliografia.....	33

1. Streszczenie

Niniejsze sprawozdanie przedstawia wyniki badań Grupy Fokusowej EIP-AGRI w zakresie „**Zmniejszenia śladu plastikowego w rolnictwie**”. Tworzywa sztuczne obecne są na każdym etapie produkcji roślinnej, poczynając od pojemników na nawozy, poprzez plastikową folię do mulczowania, rury nawadniające pola, aż po opakowania produktów końcowych. Ślad plastikowy w rolnictwie zdefiniowany jest przez dwa główne aspekty: wykorzystanie odnawialnych źródeł oraz zanieczyszczenie środowiska pozostałościami tworzyw sztucznych. Z jednej strony istnieje potrzeba organizowania zbiórek plastikowych odpadów w gospodarstwach na szerszą skalę i zaangażowanie wszystkich podmiotów do współpracy. Recykling plastiku w rolnictwie stanowi wyzwanie, ponieważ podczas zbiórki tworzyw sztucznych zbierana jest także gleba, wilgoć, resztki roślin i inne materiały. Z drugiej strony warunki klimatyczne i ograniczenia mechaniczne przyczyniają się do powstawania plastikowych resztek, które mogą dostać się do środowiska. Na wielu polach uprawnych wykryto wysoką zawartość plastiku, jednak długofalowy wpływ zanieczyszczenia środowiska lądowego plastikiem pozostaje nieznany. Resztki tworzyw sztucznych, a przede wszystkim mikrodrobiny plastiku (cząsteczki mniejsze niż 5 mm) mogą być przenoszone przez wiatr i wody odpływowe, a także dostawać się do organizmów żywych. W oparciu o te wstępne założenia utworzono Grupę Fokusową, której celem jest odpowiedź na pytanie: **Jak zmniejszyć ślad plastikowy w rolnictwie?** Grupa podsumowała stan wiedzy na temat obecnych zastosowań tworzyw sztucznych w rolnictwie oraz związane z tym problemy. Przeprowadzono dyskusję na temat dostępnych rozwiązań mających na celu zmniejszenie użycia plastiku, unikanie powstawania plastikowych resztek poprzez wykorzystanie tworzyw biodegradowalnych, zmniejszenie zanieczyszczenia mikrodrobinami plastiku, przeprowadzanie efektywnych zbiórek oraz recykling plastiku. Ponadto uczestnicy grupy zidentyfikowali luki w wiedzy oraz innowacje niezbędne do stawienia czoła problemowi śladu plastikowego w rolnictwie. Dwa najważniejsze działania to wdrożenie programów zbiórki odpadów plastikowych oraz ulepszenie biodegradowalnych tworzyw sztucznych.

2. WSTĘP

Plastik jest stosunkowo tanim, lekkim i wytrzymałym materiałem, którego łatwe wykorzystywanie w znormalizowany sposób przynosi wiele korzyści dla rolnictwa. Na przykład tworzywa sztuczne stosowane w szklarniach umożliwiają rolnikom uprawę warzyw w korzystniejszym i kontrolowanym środowisku, a plastikowa folia do mulczowania pomaga zmniejszyć zapotrzebowanie na wodę i środki chwastobójcze (Espí i in., 2006). Jednak użycie plastiku wiąże się też z dwoma poważnymi problemami. Po pierwsze, produkcja tworzyw sztucznych opiera się głównie na petrochemikaliach wytwarzanych z ropy naftowej i gazu ziemnego, które nie są zasobami odnawialnymi. Dlatego stosowanie tworzyw sztucznych prowadzi do problemów związanych z zarządzaniem zasobami. Na przykład wykorzystywanie tworzyw sztucznych w rolnictwie wiąże się z określonymi problemami w zakresie zarządzania, ponieważ tworzywa sztuczne mają kontakt z wodą, glebą i roślinami, których pozostałości (zanieczyszczenia) utrzymują się na plastiku. W konsekwencji utrudnia to jego zbiórkę i recykling. Po drugie, tworzywa sztuczne stosowane w rolnictwie częściej niż inne plastyki są narażone na działanie czynników atmosferycznych na polach; prowadzi to do powstawania resztek, które, przy braku odpowiedniego systemu zbiórek, gromadzą się w środowisku (Gionfra, 2018). Dodatkowo stosowanie nawozów organicznych (np. kompostu i osadów ściekowych) zanieczyszczonych mikrodrobinami plastiku (cząsteczki <5 mm) stanowi znaczące źródło zanieczyszczenia plastikiem (Corradini i in., 2019). Nagromadzenie pozostałości tworzyw sztucznych na gruntach rolnych budzi obawy o zdrowie gleby. Na przykład wysokie stężenie plastikowych resztek zmniejsza wzrost upraw (Gao i in., 2019). Ponadto mikro- i makrodrobiny plastiku w środowisku lądowym mogą być przenoszone przez wody odpływowe i wiatr do rzek i mórz, gdzie stanowią zagrożenie dla ekosystemów wodnych. Mówiąc dokładniej, pozostałości plastiku mogą być spożywane przez organizmy żywe, od planktonu po ssaki, powodując problemy trawienne (Galafassi i in., 2019). Można zastosować różne strategie, aby zmniejszyć ślad plastikowy w rolnictwie. Niniejszy raport podsumowuje dyskusje Grupy Fokusowej składającej się z 20 ekspertów na temat praktycznych doświadczeń w zakresie ograniczania negatywnych skutków stosowania tworzyw sztucznych w rolnictwie.

Nadrzędne pytanie Grupy Fokusowej brzmiało następująco: **Jak zmniejszyć ślad plastikowy w rolnictwie?**

Podjęto próbę odpowiedzi na nie poprzez wykonanie konkretnych zadań:

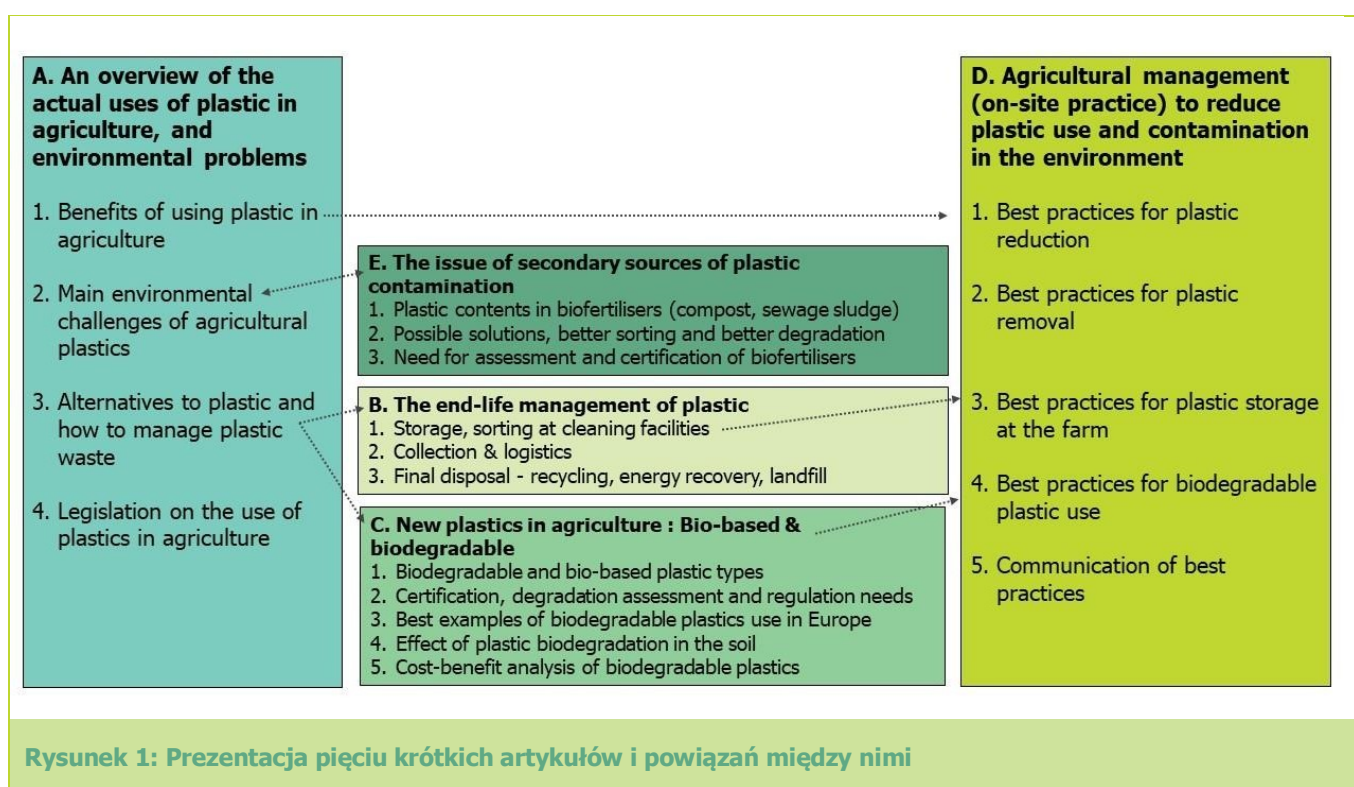
- ▶ Identyfikację głównych zastosowań i właściwości tworzyw sztucznych w działalności rolniczej oraz korzyści i zagrożeń, które niosą dla zrównoważonego rozwoju produkcji rolniczej.
- ▶ Identyfikację pośrednich źródeł zanieczyszczenia plastikiem, takich jak stosowanie zanieczyszczonych nawozów biologicznych lub ścieków.
- ▶ Przegląd obecnie posiadanych informacji na temat wpływu tworzyw sztucznych na środowisko rolne.
- ▶ Omówienie istniejących praktyk i ograniczeń w zakresie redukcji zużycia tworzyw sztucznych, ich recyklingu i zdolności do rozkładu w środowisku naturalnym.
- ▶ Zbadanie możliwości i potrzeb w zakresie innowacji mających na celu zmniejszenie użycia/zastąpienie plastiku przy zachowaniu ekonomicznej i środowiskowej wydajności gospodarstwa.
- ▶ Prezentację istniejących metod monitoringu i propozycje pomysłów na usprawnienia w tym zakresie.

Proces pracy Grupy Fokusowej

Grupa Fokusowa to tymczasowa grupa złożona z 20 wybranych ekspertów pochodzących z różnych środowisk zawodowych (lista w [załączniku 1A](#)). Grupa zebrała się dwukrotnie na spotkaniu online, po raz pierwszy w dniach 18-20 maja 2020 r., a następnie 27-29 października 2020 r. Eksperti w pierwszej kolejności otrzymali dokument wyjściowy przygotowany przez Eksperta Koordynującego w celu ustalenia wspólnego rozumienia wykorzystywania tworzyw sztucznych w rolnictwie oraz przedstawienia wstępnych problemów i już dostępnych rozwiązań ([dokument wyjściowy](#)). Przed spotkaniem eksperci zostali również poproszeni o wypełnienie ankiety. Zawierała ona zestaw pytań dotyczących głównych obaw związanych z wykorzystaniem tworzyw sztucznych w rolnictwie oraz najlepszych praktyk w zakresie postępowania z odpadami i zanieczyszczeniami z tworzyw sztucznych. Wyniki ankiety zostały przedstawione w raporcie.

Celem pierwszego spotkania online było osiągnięcie wspólnego zrozumienia tematu i zorganizowanie pracy w odniesieniu do zadań Grupy Fokusowej. Eksperti przedyskutowali fakty przedstawione w dokumencie wyjściowym, a członkowie Grupy Fokusowej przedstawili pięć przykładów zaczerpniętych z praktyki. Dalsze dyskusje dotyczyły wyzwań i barier związanych z ograniczaniem śladu plastikowego oraz możliwych rozwiązań. Wreszcie eksperci zostali poproszeni o przedstawienie pomysłów, które chcieliby rozwinąć w krótkich artykułach, które następnie zostaną przedstawione rolnikom i zainteresowanym stronom. Pomysły zostały pogrupowane w 5 tematów (rys. 1), a eksperci mogli wybrać, nad którym z tematów chcą pracować. W kolejnych dniach zorganizowano dalsze spotkania online, aby ustalić konspekt poszczególnych artykułów. Pełna lista krótkich artykułów jest dostępna w [załączniku 1B](#).

Celem drugiego spotkania online, które odbyło się w październiku, było zakończenie prac nad krótkimi artykułami oraz określenie potrzeb w zakresie badań i innowacji. Pierwszy dzień był poświęcony wymianie najważniejszych informacji na temat wykorzystania plastiku w rolnictwie. Wszyscy eksperci mieli okazję podzielić się swoją pracą; przedstawiono także koncepcję Grup Operacyjnych na przykładzie Grupy Operacyjnej GO-ACBD koordynowanej przez eksperta Abelardo Hernández. Drugiego dnia eksperci przedstawili stan zaawansowania prac nad krótkimi artykułami i omówili punkty, które należało poprawić. Ostatni dzień poświęcony był przyszłości wykorzystania plastiku w rolnictwie. Eksperti dyskutowali nad lukami badawczymi, które należy wypełnić w pierwszej kolejności, potrzebą innowacji oraz pomysłami na przyszłe Grupy Operacyjne. Podczas pierwszych dwóch dni grupa gościła Richarda Thompsona, który przedstawił inicjatywę FAO dotyczącą tworzyw sztucznych w rolnictwie i zrównoważonego rozwoju oraz uczestniczył w dyskusjach.



3. Obecna sytuacja, przeszkody i szanse na zmniejszenie śladu plastikowego w rolnictwie

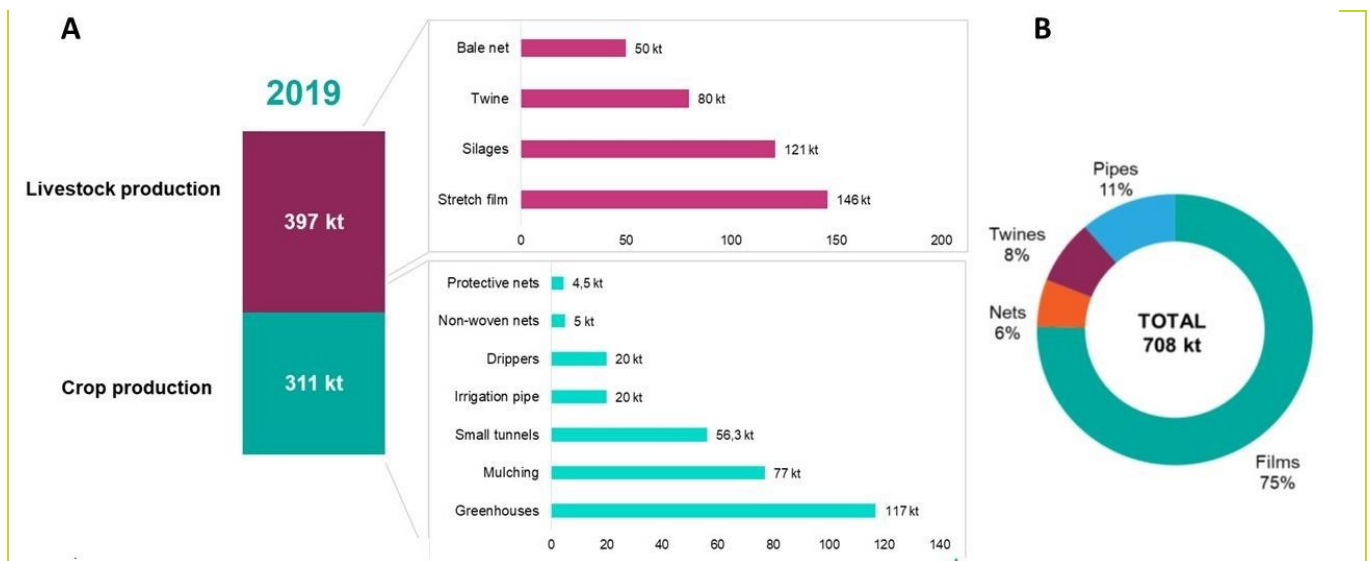
3.1 Plastik w obecnie istniejących systemach produkcji rolnej

Aktualna sytuacja w zakresie wykorzystania tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne mają szerokie zastosowanie w nowoczesnym rolnictwie (więcej informacji na temat tworzyw sztucznych można znaleźć w [dokumencie wyjściowym](#)). W rolnictwie tworzywa sztuczne stosowane są najczęściej w postaci folii, która stanowi lekką, wytrzymałą, elastyczną, tanią i wodoodporną barierę (rys. 2). Mulczowanie folią, osłona szklarni, niskie tunele i owijanie bel w celu przygotowania kiszonki to trzy główne praktyki rolnicze, w których wykorzystuje się folie z tworzyw sztucznych (ramka 1). Tworzywa sztuczne wykorzystywane są też w innych formach, a mianowicie: siatki ochronne do upraw; rury/taśmy nawadniające; liny i sznury, skrzynie i pojemniki na produkty rolne; powłoki niektórych nawozów o kontrolowanym uwalnianiu. Szacunkowe dane dotyczące różnych zastosowań tworzyw sztucznych w UE w 2019 r. przedstawiono na rys. 3.



Rysunek 2: Przykłady wykorzystywania plastikowej folii w rolnictwie: sałata pakowana w folię w mobilnej stacji zbioru (po lewej - źródło: www.hortidaily.com), bala do przygotowania kiszonki owijana w folię (po prawej - źródło: www.farm-equipment.com).



Rysunek 3: Oszacowanie różnych zastosowań tworzyw sztucznych w rolnictwie w UE w 2019 r. dla produkcji zwierzęcej i roślinnej (A) oraz rozkład różnych zastosowań tworzyw sztucznych (B) (Eunomia, 2020 z danymi z APE Europe). Opakowania z tworzyw sztucznych dla produktów rolnych nie są uwzględnione w tych danych i stanowiły około 1 tys. kt w UE w 2019 roku.

Ramka 1: Wykorzystanie folii z tworzywa sztucznego do mulczowania, emblematyczny przykład zastosowania tworzywa sztucznego w rolnictwie

Plastikowa folia do mulczowania stanowi główny problem wykorzystywania tworzyw sztucznych w rolnictwie, ze względu na jej powszechne użycie i bezpośredni kontakt z glebą. Z tego względu ma ona duży potencjał przedostawania się do środowiska (Steinmetz i in., 2016). Plastikowa folia jest zazwyczaj stosowana w następujących celach:

► Zwiększanie temperatury gleby

W latach 50. ubiegłego wieku po raz pierwszy zaobserwowano, że dzięki plastikowej folii można podwyższyć temperaturę gleby. Wyższe temperatury gleby zwiększają dostępność składników odżywczych, poprawiają ich pochłanianie przez korzenie, zwiększają liczbę i aktywność mikroorganizmów glebowych, przyspieszają kiełkowanie i wzrost roślin oraz mogą pomóc w zwalczaniu patogenów (np. *Tuta absoluta* na roślinach pomidora), co pozwala uzyskać większe i wcześniejsze plony. Dlatego też użycie plastikowej folii może zmniejszyć zapotrzebowanie na stosowanie nawozów. Wzrost temperatury zależy głównie od koloru tworzywa. Dominującym kolorem folii jest czarny, ponieważ może on zarówno absorbować, jak i oddawać promieniowanie słoneczne w postaci ciepła. Z kolei przezroczyste folie z tworzyw sztucznych słabo pochłaniają promieniowanie słoneczne, ale przekazują od 85% do 95% promieniowania do gleby. Ten efekt cieplarniany sprawia, że przezroczyste folie są opłacalne w zimniejszych regionach lub też w górskich regionach do solaryzacji gleby. Solaryzacja gleby jest metodą sterylizacji gleby w celu wyeliminowania patogenów przenoszonych przez glebę i osłabienia wzrostu chwastów poprzez osiągnięcie bardzo wysokiej temperatury (wzrost o ~15°C temperatury gleby na 25 cm) (Tamietti i Valentino, 2006), w zależności od lokalizacji i warunków zewnętrznych. W nocy plastikowa folia do mulczowania zapobiega utracie ciepła poprzez ograniczenie promieniowania gleby.

► Zwiększanie efektywności wykorzystania wody

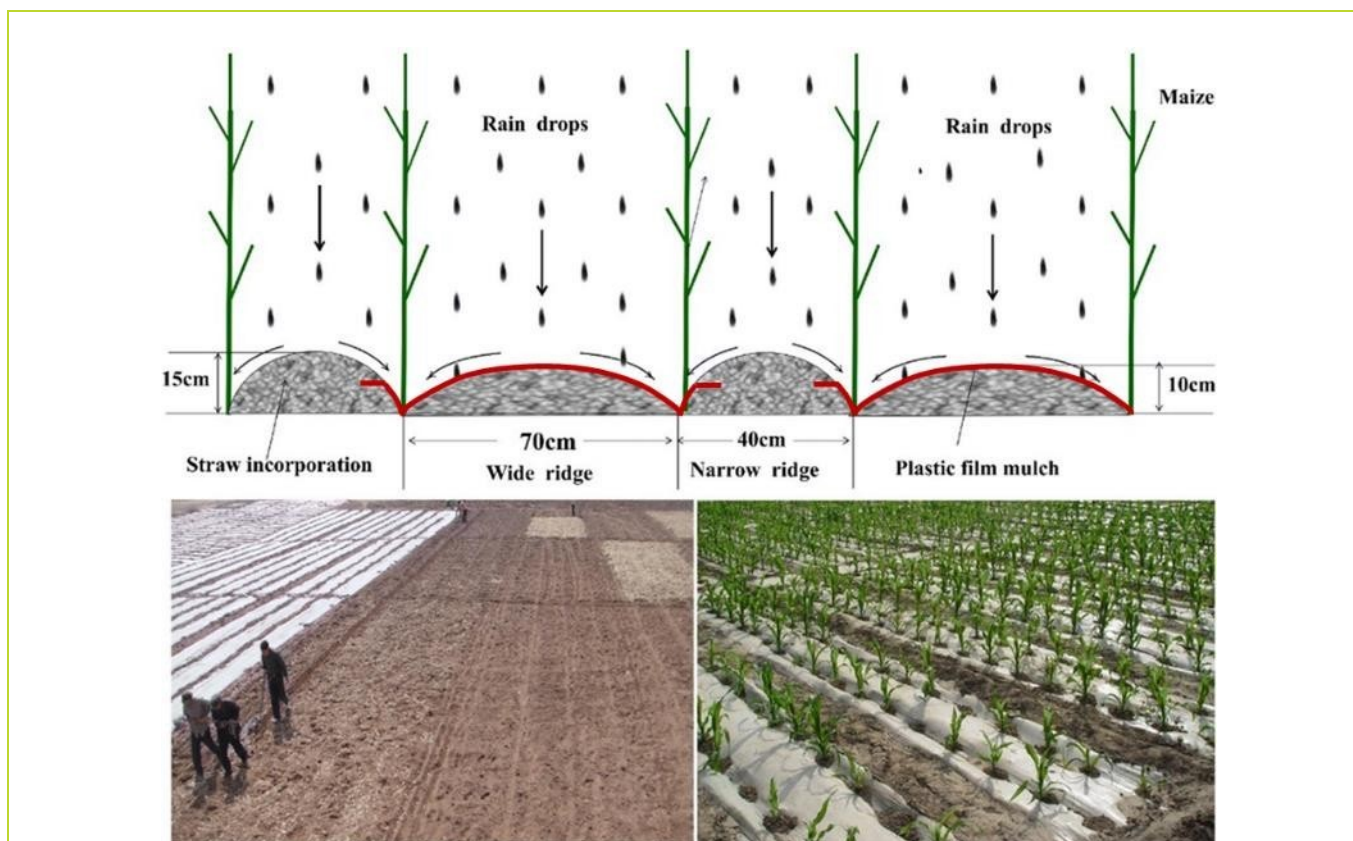
Efektywność wykorzystania wody jest szacowana poprzez podzielenie plonu na hektar przez całkowitą ilość zastosowanej wody. Włóknina z tworzywa sztucznego stanowi barierę, która zapobiega parowaniu wody z gleby, a tym samym zwiększa jej dostępność dla roślin (Deng i in., 2006). Ściółka z tworzywa sztucznego może również zwiększyć zbieranie deszczówki, gdy jest połączona z uprawą gleby w systemie redlinowo-bruzdowym, gdzie redliny są ściółkowane tworzywem sztucznym, a rośliny rosną w brzdach (rys. 4) (Yang i in., 2020). Analiza 266 badań wykazała, że mulczowanie plastikową folią znacząco wpłynęło na wzrost plonów roślin (średnio o 24%) i efektywność wykorzystywania wody (średnio o 28%) (Gao i in., 2019).

► Zmniejszenie wzrostu chwastów

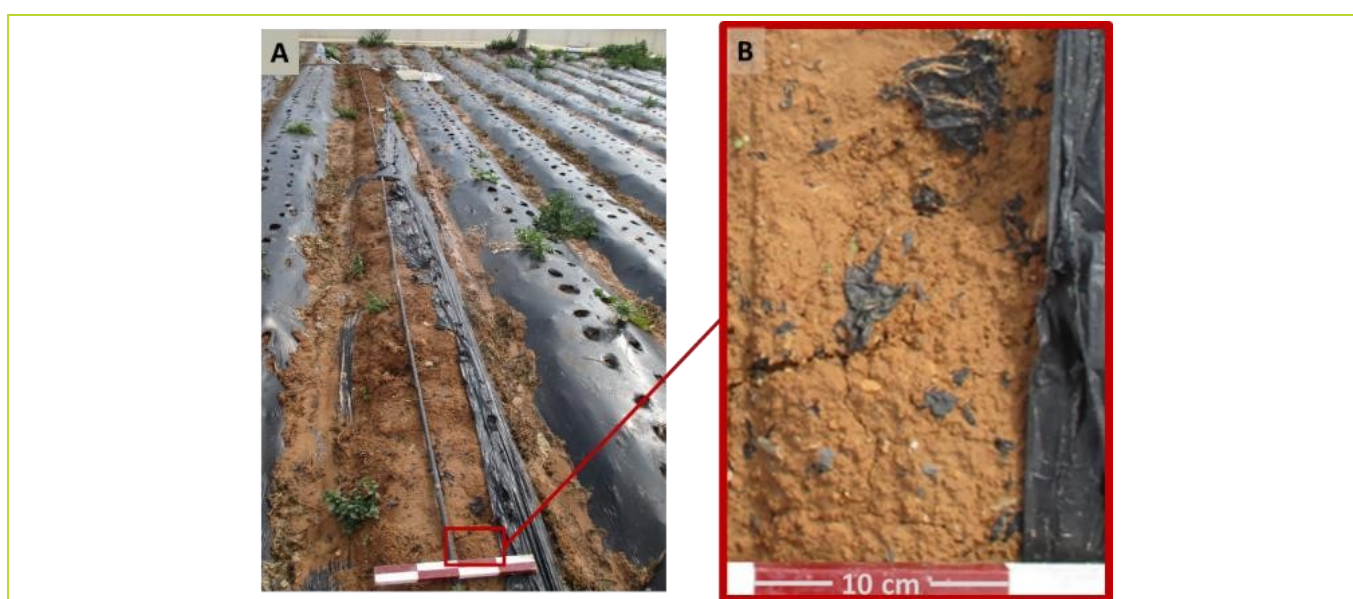
Nieprzezroczysta (często czarna) folia z tworzywa sztucznego zapobiega wzrostowi chwastów poprzez ograniczenie światła docierającego do gleby (William James, 1993). Folia do mulczowania może ograniczyć wschód chwastów od 64% do 98% w okresie wzrostu, w zależności od powierzchni, która jest pokryta mulczem (Kasirajan i Ngouajio, 2012). W tym sensie użycie folii z tworzywa sztucznego przyczynia się do ograniczenia stosowania herbicydów. W przypadku przezroczystej folii konieczne jest zastosowanie herbicydu, aby zapobiec wzrostowi chwastów pod nią.

Ze względu na te korzyści, folia z tworzywa sztucznego jest stosowana w różnych warunkach klimatycznych, na otwartym polu i w szklarniach, do produkcji różnych upraw, zarówno w ekologicznych, jak i konwencjonalnych praktykach rolniczych.

Plastikowa folia jest często częściowo zakopywana w glebie, aby zapobiec jej rozwiewaniu przez wiatr (rys. 4). Jednakże wpływ czynników atmosferycznych, wzrost roślin, użycie maszyn i zbiory uszkadzają folię, która ma tendencję do fragmentacji (rys. 5). Takie rozdrobnienie po sezonie uprawowym uniemożliwia całkowite usunięcie plastiku. Jeśli nie stosuje się starannych technik zbierania, w glebie pozostają jego resztki.



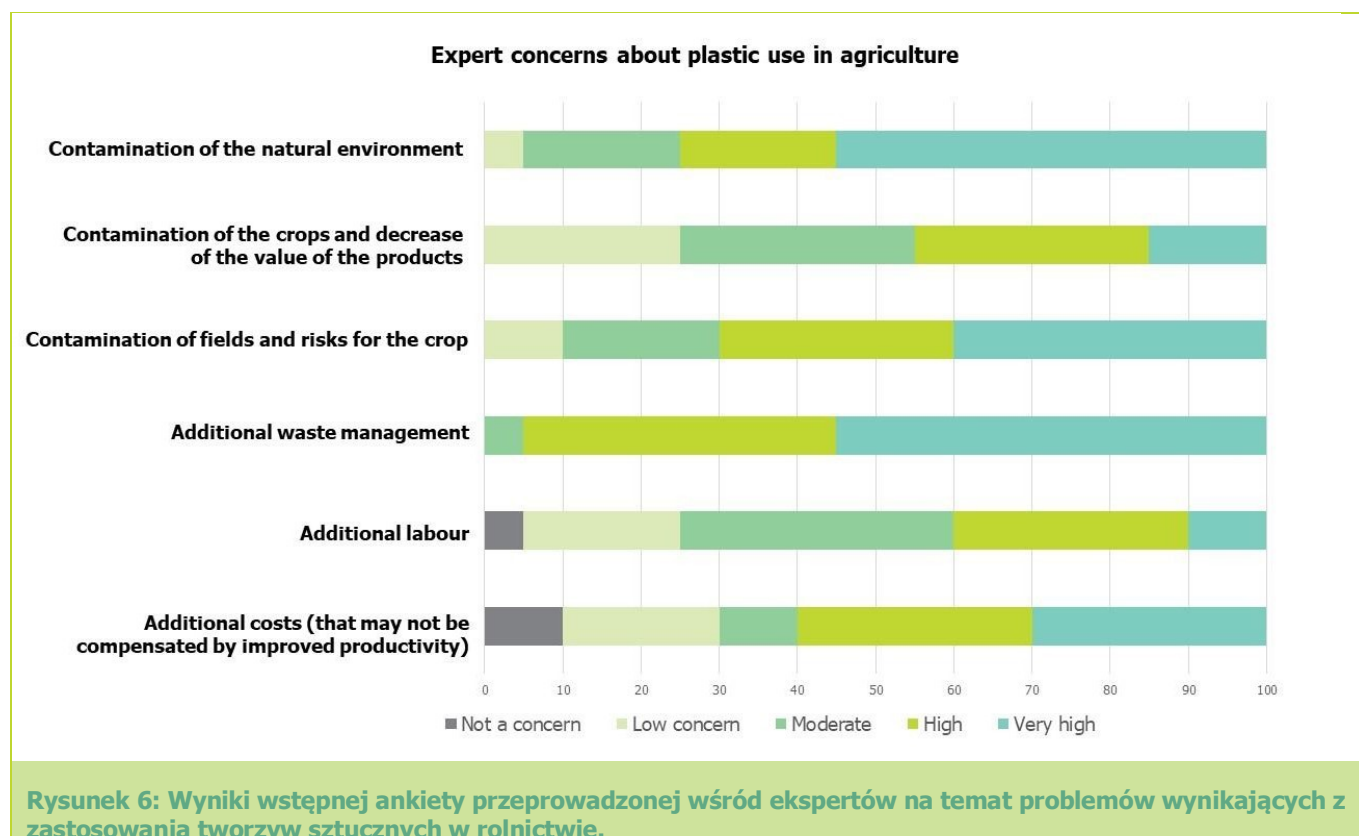
Rysunek 4: Przykład zastosowania plastikowej folii do mulczowania: uprawa gleby w systemie redlinowo-bruzdowym z użyciem mulczowania folią w połączeniu ze słomą w celu zwiększenia efektywności wykorzystania wody i jakości gleby, przypadek doświadczalny kukurydzy uprawianej na półsuchej Wyżynie Lessowej w Chinach (Yang i in., 2020).



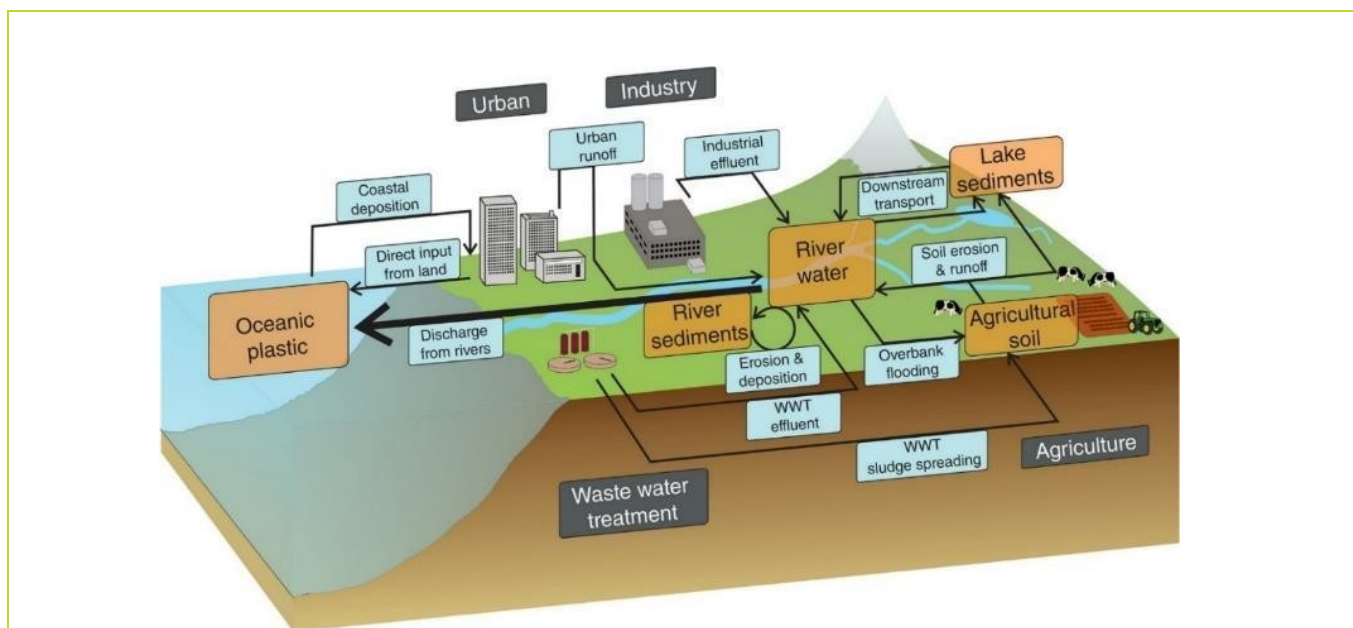
Rysunek 5: Plastikowa folia z niskiej gęstości polietylenu po zbiorze kalarepy w południowo-wschodniej Hiszpanii. Boki folii zagłębiają się w glebę, uniemożliwiając jej całkowite usunięcie i prowadząc z czasem do nagromadzenia się plastikowych resztek.

Problemy związane z używaniem tworzyw sztucznych

We wstępnej ankiecie eksperci Grupy Fokusowej zostali zapytani o ich główne obawy związane z wykorzystaniem tworzyw sztucznych w rolnictwie (rys. 6). Wyrażali oni głównie obawy związane z dodatkową gospodarką odpadami wymaganą w przypadku tworzyw sztucznych. Większość tworzyw sztucznych ma krótki okres użytkowania (np. jeden sezon uprawowy w przypadku mulczu z tworzywa sztucznego, 3-5 lat w przypadku osłon szklarniowych). Dlatego każdego roku trzeba zebrać i przetworzyć dużą ilość rolniczych odpadów plastikowych.



Drugą najważniejszą kwestią poruszoną przez ekspertów było potencjalne skażenie środowiska i pól uprawnych. Odpady plastikowe, jeśli nie są właściwie zbierane, mogą zanieczyszczać środowisko. Duże fragmenty pozostałości tworzyw sztucznych mogą ulegać rozkładowi do mikrodrobin plastiku. Kawałki tworzyw sztucznych i mikrodrobiny plastiku mogą być łatwo przenoszone przez wiatr i spływające wody powierzchniowe (rys. 7) i gromadzić się w środowisku ([Załącznik 5](#)).



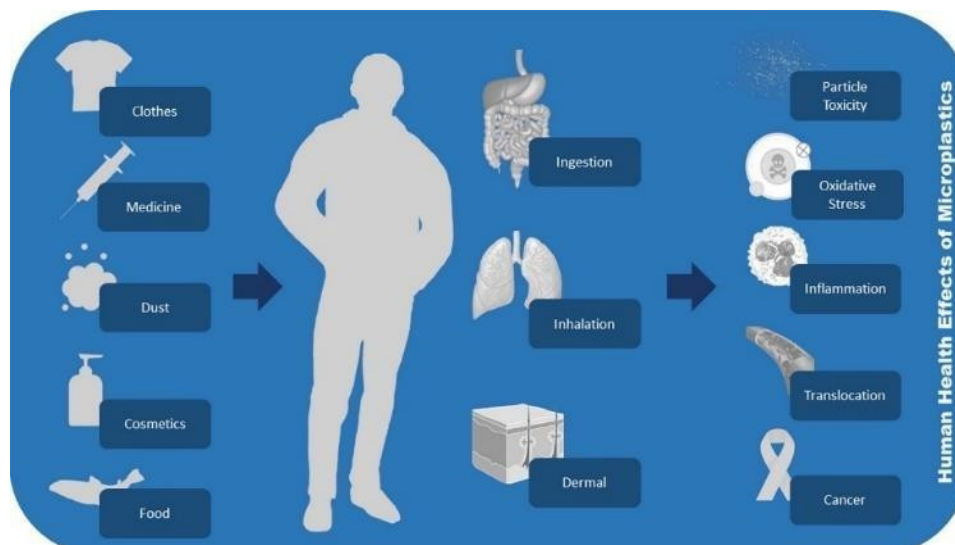
Rysunek 7: Konceptualny model transportu tworzyw sztucznych w środowisku. Pomarańczowe pola reprezentują pochłaniacze, niebieskie pola - mechanizmy transportowe, a strzałki - ścieżki transportowe. Atmosferyczne mikrodrobiny plastiku nie są uwzględnione w modelu, ponieważ nie można ich przypisać do konkretnego przedziału lub drogi transportu (Horton i Dixon, 2018).

Odłamki plastiku mogą być szkodliwe dla fauny. Badania wykazały, że wiele organizmów spożywa tworzywa sztuczne. Na przykład w badaniach stad owiec na południu Hiszpanii stwierdzono obecność 1000 cząstek na kilogram kału. Owce te pasły się na polach warzywnych, na których zastosowano plastikową folię do mulczowania (Beriot i in., 2021). Co więcej, mikrodrobiny plastiku, które zostały połknięte przez organizmy, mogą przemieszczać się w łańcuchu pokarmowym. Na przykład stężenia mikrodrobin plastiku wzrosły od gleby ($0,87 \pm 1,9$ cząstek g^{-1}), przez odlewy dżdżownic ($14,8 \pm 28,8$ cząstek g^{-1}), do odchodów kurcząt ($129,8 \pm 82,3$ cząstek g^{-1}) w ogrodach przydomowych w południowo-wschodnim Meksyku (Huerta Lwanga i in., 2017). Niekorzystne skutki spożywania mikrodrobin plastiku przez zwierzęta obejmują zablokowanie przewodu jelitowego, zahamowanie wydzielania enzymów żołądkowych, ograniczenie bodźców do spożywania pokarmu, obniżenie poziomu hormonów steroidowych, opóźnienie owulacji, a nawet problemy z rozmnażaniem (Li i in., 2016). Wpływ ekotoksykologiczny przy stężeniach środowiskowych pozostaje nadal niepewny (Chae i An, 2018; Ng i in., 2018).

Odłamki plastiku mogą być również szkodliwe dla roślin i upraw (Bosker i in., 2019; Chae i An, 2020; de Souza Machado i in., 2019; Jiang i in., 2019; Qi i in., 2018; van Weert i in., 2019). W badaniach na większą skalę Gao i in. wykazali spadek plonów wraz ze wzrostem ilości pozostałości tworzyw sztucznych, gdy ilość tworzyw sztucznych wynosiła >240 kg/ha ($\sim 0,15$ g/kg) na polach w Chinach, na których stosowano plastikową folię do mulczowania (rys. 11, C) (Gao i in., 2019). Oprócz zagrożeń dla produkcji roślinnej, makrodrobiny plastiku mogą także stanowić zagrożenie dla jakości produktu. W istocie, w uprawie warzyw liściowych makrodrobiny plastiku mogą utknąć w liściach. Produkty te są mniej atrakcyjne dla konsumenta i wymagają dodatkowego etapu czyszczenia, aby usunąć wszystkie plastikowe pozostałości.

Zanieczyszczenie powoduje narażenie zdrowia ludzi. Obecność mikrodrobin plastiku odnotowano w wielu artykułach spożywczych (Załącznik 5). Szacowane spożycie mikrodrobin plastiku wynosi 39 000-52 000 cząstek na osobę $^{-1}$ rocznie $^{-1}$ (Cox i in., 2019). Mikrodrobiny plastiku mogą powodować zmiany zapalne i wywoływać odpowiedź immunologiczną (rys. 8).

Konsekwencje zanieczyszczenia tworzywami sztucznymi zostały szerzej opisane w [krótkim artykule A](#).



Rysunek 8: Źródła, drogi przenoszenia i możliwy wpływ mikrodrobin plastiku na zdrowie człowieka (Prata i in., 2020).

Bariery utrudniające ograniczenie stosowania tworzyw sztucznych

Unikalne właściwości plastiku (np. lekkość, odporność, niska cena i wodoodporność) sprawiają, że trudno go zastąpić w rolnictwie przy zachowaniu dotychczasowych praktyk, plonów i kosztów produkcji. Stosowanie mniejszej ilości tworzyw sztucznych wymaga zmiany obecnej gospodarki rolnej, co może być kosztowne i prowadzić do spadku wydajności. Dlatego chęć utrzymania wydajnej produkcji może konkurować z możliwością zorganizowania bardziej zrównoważonego zarządzania.

Możliwości ograniczenia stosowania tworzyw sztucznych w rolnictwie

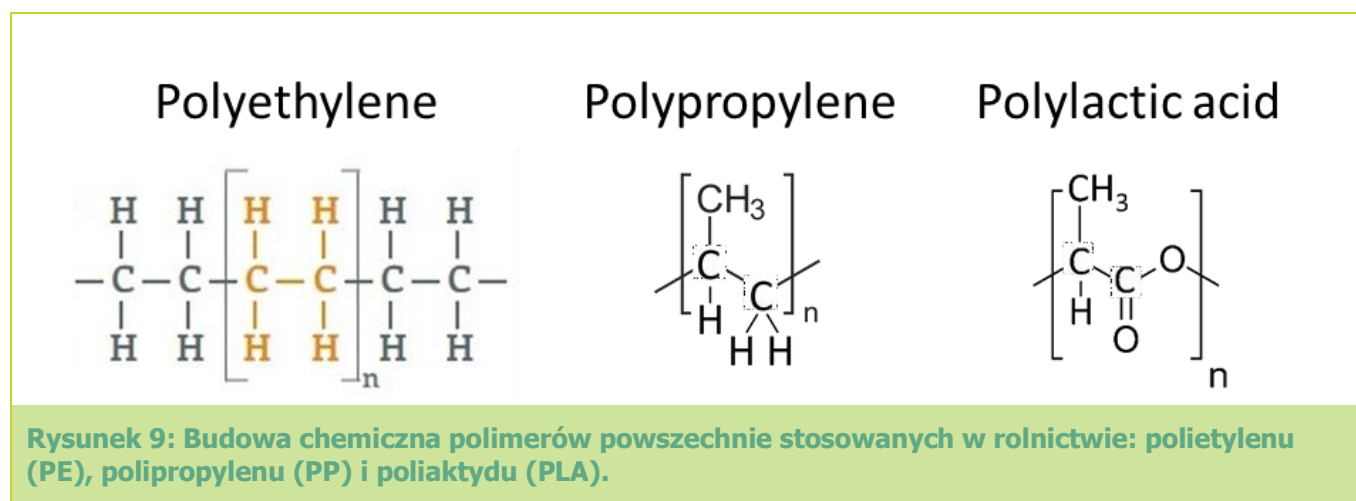
Nowe systemy produkcji (np. uprawa międzyplonów, agroleśnictwo, uprawa okrywowa) w niektórych przypadkach umożliwiają rolnikom stosowanie mniejszej ilości tworzyw sztucznych przy jednoczesnych dodatkowych korzyściach (lepsza ochrona przed szkodnikami, zwiększona odporność na ekstremalne zjawiska klimatyczne, zwalczanie chwastów). Dalsze wyjaśnienia dotyczące tych możliwości można znaleźć w [krótkim artykule D](#).

3.2 Rodzaje tworzyw sztucznych wykorzystywanych w rolnictwie

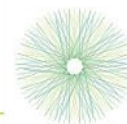
Rodzaje tworzyw sztucznych wykorzystywanych obecnie w rolnictwie

Tworzywa sztuczne są produkowane z jednego lub z mieszaniny polimerów. Polimery te składają się z łańcuchów atomów węgla, które mogą mieć różne pochodzenie. Większość polimerów syntetycznych jest ropopochodna, co oznacza, że ich źródłem jest ropa naftowa. Tworzywa sztuczne stosowane w rolnictwie stanowią mniej niż 0,3% zużycia ropy naftowej w UE. Dla porównania, 5% ropy naftowej zużywa się do produkcji wszystkich tworzyw sztucznych w UE, a ~85% do transportu, energii elektrycznej i ogrzewania. Alternatywą dla polimerów syntetycznych mogą być biopolimery, czyli polimery wytwarzane z produktów roślinnych, takich jak tłuszcze i oleje roślinne, skrobia kukurydziana, słoma, zrębki drzewne lub trociny.

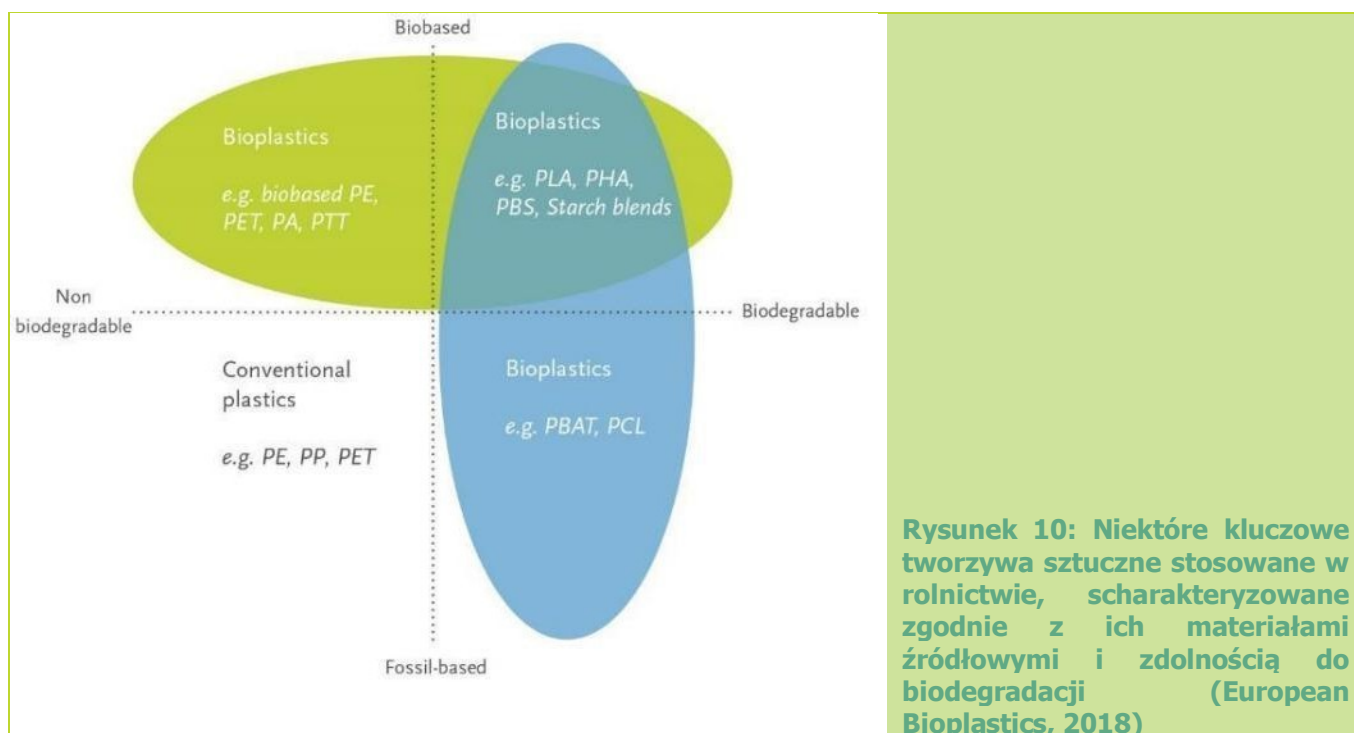
Można wyodrębnić wiele różnych rodzajów polimerów syntetycznych w zależności od ich składu chemicznego, niezależnie od ich pochodzenia (ropopochodne lub biopochodne) (Picuno P., 2018). Różne polimery mają różne właściwości ([Załącznik 2](#)). Dwa główne polimery stosowane w rolnictwie to polietylen i polipropylen (rys. 9). Polietylen (PE) jest stosowany głównie w postaci polietylenu o niskiej gęstości (LDPE) do produkcji folii z tworzyw sztucznych (plastikowa folia do mulczowania, pokrycia szklarniowe, tunele, opakowania). Polipropylen (PP) jest twardszy i bardziej odporny na ciepło niż polietylen i jest stosowany głównie w rurach i pojemnikach. Polipropylen jest również stosowany do produkcji tkanych folii z tworzyw sztucznych. Zarówno polietylen jak i polipropylen są bardzo wytrzymałe i nie ulegają biodegradacji.



Biodegradacja polimeru jest procesem biologicznym prowadzącym do jego całkowitej lub częściowej przemiany w wodę, CO₂, metan, energię i nową biomasę przez mikroorganizmy (bakterie i grzyby) (van Ginkel, 2007). Biodegradacja może być mierzona jako ubytek masy, zmiana właściwości tworzywa lub zwiększona emisja CO₂ (Lucas i in., 2008). Proces biodegradacji zależy od czasu, czynników abiotycznych i biotycznych oraz od właściwości tworzywa sztucznego (Sander, 2019). Według standardu 17556 Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO) tworzywa sztuczne ulegające biodegradacji powinny osiągnąć co najmniej 90% biodegradacji w glebie w ciągu dwóch lat (Carol i in., 2017). Istnieją różne certyfikaty biodegradowalności w zależności od specyficznych warunków i czasu biodegradacji. Na przykład niektóre tworzywa sztuczne wymagają kontrolowanych warunków, mieszania i wysokiej temperatury, które są osiągane w przemysłowej kompostowni, aby mogły ulec degradacji. Mogą być one oznaczone symbolem „biodegradowalne w kompostowni przemysłowej” lub „Ok Compost Industrial”, znanym również jako „kompostowalne”. Inne tworzywa wymagają warunków indywidualnego kompostownika i mogą posiadać oznaczenie „biodegradowalne w kompoście domowym” lub „Ok home compost”, znane również jako „kompostowalne w warunkach domowych”. W podobny sposób tworzywa sztuczne mogą ulegać biodegradacji w glebie, w wodzie słodkiej lub w środowisku morskim. Na przykład poliaktyd (PLA) ulega znacznej biodegradacji w warunkach kompostu przemysłowego, natomiast w warunkach polowych ulega degradacji powoli lub nie ulega jej wcale ([Załącznik 4](#)). Większość tworzyw biodegradowalnych to mieszanka różnych polimerów, łącząca szybką biodegradację jednego polimeru z odpornością innego. Polimery biodegradowalne mogą być zarówno ropopochodne, jak i biopochodne (rys. 10). Na przykład mniej niż 30% zawartości większości biodegradowalnych folii do mulczowania, które są dostępne na rynku, jest pochodzenia biologicznego.



Oprócz polimerów, tworzywa sztuczne zawierają również dodatki. Częsteczki te są dodawane w celu kontrolowania właściwości tworzywa: elastyczności, koloru, wytrzymałości mechanicznej lub zdolności do rozkładu. To właśnie dodatki odgrywają główną rolę w degradacji tworzyw sztucznych zawierających dodatki pro-utleniające (PAC). Tworzywa PAC są polimerami (głównie LDPE), które zawierają dodatek pro-utleniacza w celu zwiększenia utleniania i fotodegradacji (Selke i in., 2015). W obecności światła i w warunkach tlenowych tworzywa PAC szybko ulegają rozkładowi na drobne kawałki. Tworzywa PAC są również komercjalizowane jako oksy-degradowalne, fotodegradowalne i oksy-degradowalne biotworzywa. Nie ulegają one biodegradacji, ponieważ ich rozkład opiera się głównie na procesach abiotycznych.



Problemy stwarzane przez różne polimery

Wytrzymałe polimery z tworzyw sztucznych, np. PP, LDPE, gromadzą się w środowisku, jeśli nie są właściwie zbierane i przechowywane. Ponadto rozkład tworzyw PAC w środowisku naturalnym jest w większości przypadków niekompletny. Gdy wszystkie dodatki zostaną zużyte, a warunki abiotyczne nie są korzystne, proces degradacji zatrzymuje się (Selke i in., 2015). Tworzywa biodegradowalne są zaprojektowane w taki sposób, aby ulegały rozkładowi w określonych warunkach i w określonym czasie. Zmienne te nie zawsze są dopasowane do siebie w praktyce, co potencjalnie prowadzi do rozkładu, który albo postępuje zbyt szybko dla właściwego wykorzystania tworzywa, albo zbyt wolno, co prowadzi do niepełnej degradacji tworzywa i jego akumulacji w glebie. Ponadto biodegradowalne tworzywa sztuczne w glebie są źródłem węgla i energii dla niektórych mikroorganizmów. Dlatego też oczekuje się, że tworzywa sztuczne ulegające biodegradacji będą modyfikować środowisko mikroorganizmów glebowych (Accinelli i in., 2020, Qi i in., 2018). Nie wiadomo, czy zmiana ta będzie miała wpływ na mikroorganizmy pożyteczne lub patogenne oraz czy nie pozostanie bez wpływu na wzrost roślin. Ponadto podejrzewa się, że wiele dodatków do tworzyw sztucznych to substancje zaburzające gospodarkę hormonalną (Chen i in., 2013) ([Załącznik nr 3](#)). Oznacza to, że mogą one zakłócać działanie hormonów zwierzęcych, a tym samym wpływać na cały organizm (Hermabessiere i in., 2017).

Barieri dla ulepszania polimerów tworzyw sztucznych

Produkcja tworzyw biodegradowalnych i biopochodnych jest droższa niż w przypadku tworzyw konwencjonalnych i pochłania więcej energii. Na przykład tworzywa sztuczne pochodzenia biologicznego są zazwyczaj wytwarzane z roślin, których produkcja wymaga wykorzystania ziemi i paliw kopalnych do działalności rolniczej. Ponadto nowe metody produkcji tworzyw biopochodnych i innowacyjnych mieszanek tworzyw biodegradowalnych nie osiągają tak dużej skali, jak metody konwencjonalne. Skomplikowane jest również badanie toksyczności dodatków do tworzyw sztucznych, ponieważ producenci tworzyw sztucznych nie udostępniają ich składu ze względu na tajemnicę przemysłową (Ebere i in., 2020).

Szanse na rozwój nowych polimerów tworzyw sztucznych

Zwiększenie produkcji w odpowiedzi na wzrost zapotrzebowania może obniżyć koszt nowych tworzyw biodegradowalnych i biopochodnych. Eksperti Grupy Fokusowej twierdzą, że po ponad 20 latach rozwoju tworzyw biodegradowalnych jeszcze tego nie zaobserwowano. Z drugiej strony, jeśli uwzględni się koszty procesów poeksploatacyjnych, tworzywa biodegradowalne mogą być o ~10% tańsze od tworzyw konwencjonalnych. Wreszcie bioplastik mógłby być wytwarzany z pozostałości roślinnych i organicznych produktów ubocznych, a zatem nie wymagałby dodatkowej produkcji roślinnej. Więcej szczegółów na temat tworzyw biodegradowalnych i ich dalszego rozwoju można znaleźć w [krótkim artykule C](#).

3.3 Zbiórka i recykling odpadów plastikowych

Aktualny stan zbiórek i recyklingu odpadów plastikowych

Rolnicy muszą zarządzać odpadami z tworzyw sztucznych, które powstają w ich gospodarstwach. W większości krajów zabronione jest spalanie lub zakopywanie mulczu z tworzyw sztucznych w gospodarstwach rolnych, dlatego plastik musi być zbierany i transportowany do zakładów utylizacji odpadów. Niektóre kraje organizują zbiórkę i przetwarzanie rolniczych odpadów z tworzyw sztucznych w ramach programów krajowych lub lokalnych (patrz ramka 2: programy zbiórki rolniczych odpadów z tworzyw sztucznych). Po zebraniu plastik może być oczyszczony i przetworzony na nowe produkty z tworzyw sztucznych. Alternatywą jest wykorzystanie odpadów z tworzyw sztucznych do odzyskania pewnej ilości energii, ich spalanie w spalarni w celu wytworzenia energii elektrycznej lub wykorzystanie do produkcji gazu syntezowego i innych nośników energii (Miskolczy i in., 2009).

Problemy związane ze zbiórką i recyklingiem odpadów plastikowych

Zbieranie i magazynowanie tworzyw sztucznych po zużyciu stanowi dodatkowy nakład pracy dla rolników. Odpady z tworzyw sztucznych powinny być przechowywane w miejscu suchym i osłoniętym od wiatru, aby utrzymać je w czystości i zapobiec ich wywiewaniu (rys. 11). Usuwanie resztek tworzyw sztucznych na polu uprawnym jest pracochłonne. Niewłaściwe zbieranie i przechowywanie prowadzi do zanieczyszczenia środowiska pozostałościami tworzyw sztucznych.



Rysunek 11: Przykład powszechnego, ale nieidealnego składowania odpadów z tworzyw sztucznych w gospodarstwie

Ramka 2: Przykłady istniejących systemów zbiórki tworzyw sztucznych

Francja - ADIVALOR

„ADIVALOR” jest organizacją zajmującą się recyklingiem we Francji. Jest to spółka non-profit, z którą współpracują różne podmioty (spółdzielnie, detaliści, producenci nawozów, folii z tworzyw sztucznych, itp.) W jej skład wchodzi łącznie 300 organizacji, które opłacają składki na finansowanie systemu. Tak więc to nie beneficjenci organizacji ADIVALOR (głównie rolnicy) bezpośrednio opłacają jej funkcjonowanie, ale finansowanie programu jest możliwe dzięki wkładowi wszystkich uczestników rynku w łańcuchu wartości. Ponad 1 000 organizacji współpracujących z ADIVALOR zebrało 66 000 ton odpadów: pustych puszek po pestycydach, worków po nasionach, dużych worków po nawozach, plastikowych folii po kiszonych, siatek ochronnych.

Andaluzja - CICLOAGRO / MAPLA

W Andaluzji istniał program o nazwie CICLOAGRO, mający na celu zbieranie i odzyskiwanie odpadów z rolniczych folii plastikowych (ze szklarni, tuneli i mulczowania). Program ten zakończył jednak swoją działalność w 2018 r. i od tego czasu nie prowadzono żadnych działań związanych z odpadami z tworzyw sztucznych lub ich odzyskiem. Ostatnio na szczeblu krajowym powstało nowe stowarzyszenie o nazwie MAPLA, które przejęło działalność CICLOAGRO. Jego głównym celem jest zorganizowanie i przyczynienie się do finansowania nowego modelu systemu zarządzania nieopakowanymi rolniczymi odpadami z tworzyw sztucznych.

Niemcy - RIGK

W 2013 r. niemiecki związek przemysłu opakowań z tworzyw sztucznych we współpracy z firmą RIGK, specjalizującą się w utylizacji odpadów, stworzył krajowy system odzysku folii rolniczej. W ramach systemu o nazwie ERDE w 2014 r. rozpoczęto gromadzenie różnego rodzaju folii. Jego działalność jest finansowana przez firmy członkowskie, tj. producentów i importerów. Sukces ERDE jest uzależniony od dobrowolnego uczestnictwa; obecnie w programie uczestniczy 7 producentów i ponad 20 partnerów zajmujących się zbiórką. Rolnicy są zachęceni do oddawania zużytych tworzyw sztucznych do punktów zbiórki poprzez bonus, który może zostać wykorzystany na poczet przyszłych zakupów. Według danych RIGK, w 2016 roku ERDE zebrała 5 412 ton folii rolniczej, co stanowi wzrost o 16,6% w porównaniu do 2015 roku.

Szwecja - SvegRetur

W 2002 roku SvegRetur zorganizował pierwszą zbiórkę odpadów plastikowych od rolników. Zbiórki prowadzone są przez podwykonawcę. SvegRetur pobiera opłaty środowiskowe z rynku, czyli opłatę, którą firmy sprzedające produkty pobierają od swoich klientów (74 €/t). Celem jest zebranie 70% sprzedanego plastiku. Użytkownicy dostarczają zużyte przez siebie materiały do 340 punktów zbiórki w całej Szwecji.

Irlandia - IFFPG

W 1997 r. Irlandia wprowadziła przepisy mające na celu promocję i pomoc w recyklingu tworzyw sztucznych stosowanych w rolnictwie. W związku z tym wszyscy producenci są członkami IFFPG (Irish Farm Film Producers Group). Innymi słowy, IFFPG jest systemem obowiązkowym. Producenci muszą albo oficjalnie uczestniczyć w programie, albo stosować się do niego we własnym zakresie. IFFPG jest finansowana z opłaty recyklingowej pobieranej od producentów (75%) oraz z opłaty za zbiórkę odpadów uzależnionej od wagi odpadów pobieranej od rolników (25%). IFFPG organizuje zbiórkę i recykling tworzyw sztucznych pochodzących z gospodarstw rolnych w całej Irlandii poprzez zbiórki w gospodarstwach z możliwością rezerwacji lub poprzez szereg lokalnych jednodniowych centrów odbioru odpadów (w 2016 roku prowadzono 237 takich centrów). Program ten funkcjonuje z powodzeniem. W 2016 roku IFFPG zebrało 27 193 ton odpadów z tworzyw sztucznych pochodzących z gospodarstw rolnych, co pozwoliło na recykling 74% materiału, który producenci wprowadzili na rynek w poprzednim roku. Ponad 60% zebranych tworzyw sztucznych trafiło do irlandzkich firm zajmujących się recyklingiem.

Przeszkody związane ze zbiórką i recyklingiem odpadów plastikowych

Gospodarka odpadami z tworzyw sztucznych stanowi dodatkowy koszt, który musi być pokryty przez rolnika, producenta tworzyw sztucznych lub przez społeczeństwo. Wszystkie istniejące programy są finansowane poprzez internalizację kosztów w ramach systemu rozszerzonej odpowiedzialności producenta. Dlatego też rolnicy płacą za gospodarowanie zużytym plastikiem, a koszt ten jest przenoszony na cenę nowego produktu. Czy system ten jest idealny i kto powinien być obciążany kosztami zbiórki i recyklingu pozostaje kwestią otwartą, a finansowanie może być głównym wyzwaniem w budowaniu efektywnego ekosystemu tworzyw sztucznych. Na przykład po tym, jak w Portugalii zbankrutowała firma zajmująca się recyklingiem, stowarzyszenia producentów zaproponowały wprowadzenie podatku w celu zachęcenia do inwestycji w recykling mulczy z tworzyw sztucznych. Ponadto w wielu krajach rolnicy nie otrzymują wystarczającego wsparcia (finansowego i technicznego), aby poradzić sobie ze zbiórką tworzyw sztucznych. Eksperti Grupy Fokusowej wskazali na przykład, że we Włoszech i Chorwacji wciąż nie istnieje efektywny system zbiórki tworzyw sztucznych i odpady te są wywożone na wysypiska śmieci. Zbiórka i recykling tworzyw sztucznych są trudne ze względu na brak odpowiednich zakładów recyklingu (np. ramka 3).

Ponadto tworzywa sztuczne stosowane w rolnictwie mogą być zanieczyszczone pestycydami, pokryte brudem, ziemią lub kamieniami albo zmieszane z resztkami roślin, co sprawia, że przed dalszym recyklingiem konieczne jest przeprowadzenie etapu czyszczenia. Ogólnie rzecz biorąc, ponowne wykorzystanie plastiku z etapami zbierania, czyszczenia i recyklingu jest zbyt drogie w porównaniu z kosztem produkcji plastiku pierwotnego, który zależy od cen ropy naftowej, z której produkowane są tworzywa sztuczne.

Możliwości zarządzania zbiórką i recyklingiem odpadów plastikowych

Możliwe są dwa podejścia. Z jednej strony, odpady z tworzyw sztucznych można postrzegać jako zasoby. Innowacyjne procesy mogą pomóc w wytwarzaniu nowych produktów z odpadów z tworzyw sztucznych. Na przykład w Finlandii folie po kiszonkach (ponieważ są wystarczająco czyste) są poddawane recyklingowi i wytwarzane są z nich nowe produkty. [Krótki artykuł B](#) zawiera więcej informacji na temat możliwych rozwiązań w zakresie zbiórki i recyklingu tworzyw sztucznych. Z drugiej strony, tworzywa biodegradowalne mogłyby zastąpić tworzywa stosowane na polach uprawnych i mogłyby być pozostawione do rozkładu w glebie lub kompostowane. W konsekwencji zmniejsza to zapotrzebowanie na zbiórkę i recykling tworzyw biodegradowalnych. Te dwa podejścia mogą być wykorzystywane równolegle w zależności od zastosowań tworzyw sztucznych. Zastosowania prowadzące do dużego zabrudzenia (np. mulczowanie tworzywami sztucznymi) sprzyjają wykorzystaniu tworzyw biodegradowalnych, podczas gdy recykling może sprawić, że czyste odpady z tworzyw sztucznych (np. osłony szklarniowe) przyniosą większe zyski.

Ramka 3: Odpady rolnicze w Polsce

Tworzywa sztuczne stosowane w polskich gospodarstwach mają różne źródła i istnieje bardzo niewiele miejsc, gdzie można je poddać recyklingowi. Większość z nich była wcześniej eksportowana do Chin. Ze względu na zapotrzebowanie na dodatkowy system gospodarki plastikowymi odpadami, w Polsce uchwalono nową ustawę podnoszącą wymagania dla zakładów recyklingu tworzyw sztucznych. Doprowadziło to do zamknięcia wielu punktów zbiórki. W niektórych rejonach samorządy lokalne płacą firmom za zbieranie tworzyw sztucznych. Rolnicy zazwyczaj przechowują je w gospodarstwie przez dwa lub trzy lata, a następnie sprzedają je hurtowo, gdy ich ilość jest wystarczająca. Jednak na ogół rolnicy nie wiedzą, co zrobić z tworzywami sztucznymi. Największym problemem jest plastik pochodzący z balotów słomy i siana, a w drugiej kolejności z nawozów i pojemników po środkach ochrony roślin.

Badanie przeprowadzone przez firmę AgroWe wśród 370 rolników w Polsce wykazało, że zanieczyszczenie gleby spowodowane tworzywami sztucznymi jest problemem w dużej mierze niedocenianym (w porównaniu z takimi tematami jak np. brak wody). Oznacza to, że plastik jest postrzegany jako problem tylko z ekonomicznego punktu widzenia. Dlatego też wydajny ekosystem gospodarczy zmniejszyłby skalę problemu, ponieważ przedsiębiorstwa postrzegałyby plastik jako szansę, a nie jako odpad.

3.4 Świadomość i dostępność informacji

Aktualny stan świadomości na temat śladu plastikowego w rolnictwie

Obawy związane z odpadami tworzyw sztucznych i zanieczyszczeniem nimi w rolnictwie rosną, ale w dużej mierze pozostają one poza świadomością społeczeństwa i zainteresowanych stron.

Eksperti Grupy Fokusowej zauważyli, że podstawową troską rolników jest produkowanie dochodowych upraw, które pozwolą na prowadzenie gospodarstwa. Muszą oni radzić sobie z wahaniem na rynku żywności, nowymi technikami produkcji, zmieniającą się polityką i dotacjami oraz rosnącymi obawami społeczeństwa związanymi z ochroną środowiska. Odpady plastikowe i zanieczyszczenie plastikiem stanowią dodatkowy problem, z którym borykają się rolnicy, ale w większości przypadków nie jest to ich główne zmartwienie.

Co więcej, niektóre informacje nie są dostępne dla rolników, a nawet dla ich doradców agronomicznych / usługodawców zajmujących się upowszechnianiem wiedzy rolniczej. Na przykład informacje o produkcie, które są dostępne dla rolników wykorzystujących tworzywa sztuczne, rzadko podają skład plastiku i czasami są mylące. Ponadto niektóre informacje nie są podane w sposób jasny. Na przykład niektóre tworzywa sztuczne mogą być sprzedawane jako biodegradowalne bez określenia, w jakich warunkach nastąpi ich rozkład.

Problemy związane z ograniczoną świadomością i brakiem informacji

Rolnicy mają ograniczony czas i energię, które mogą zainwestować w rozwiązywanie problemów związanych z odpadami i zanieczyszczeniami z tworzyw sztucznych. Może to prowadzić do dezorientowania i braku świadomości. Na przykład niektórzy rolnicy mogą mylić tworzywa sztuczne pochodzenia biologicznego z tworzywami sztucznymi ulegającymi biodegradacji, a termin „bioplastik” używany przez niektóre branże powoduje jeszcze większe zamieszanie.

Co więcej, brak wiedzy i informacji może prowadzić do tego, że rolnicy będą umieszczać w glebie tworzywa sztuczne, które nie ulegają biodegradacji, co skutkuje zanieczyszczeniem środowiska tworzywami sztucznymi. Jak wspomniano wcześniej, biodegradacja w glebie zależy od abiotycznych i biotycznych warunków glebowych oraz od właściwości tworzywa sztucznego. Dlatego rolnicy mogą być zmuszeni do wypróbowania różnych rodzajów tworzyw biodegradowalnych, aby znaleźć takie, które ulegną degradacji w pożądanym czasie w warunkach polowych. Jednak w większości przypadków rolnicy nie mają dostępu do informacji o składzie tworzyw sztucznych, co utrudnia porównanie produktów. Ponieważ skład tworzyw sztucznych nie jest dostępny, rolnicy i ich doradcy nie mogą zidentyfikować, przewidzieć ani zalecić konkretnych mieszanek, które rozkładałyby się efektywnie w warunkach polowych.

Wreszcie, eksperci Grupy Fokusowej uznali brak komunikacji pomiędzy rolnikami, doradcami, przemysłem i naukowcami za powód, dla którego najlepsze praktyki w zakresie stosowania tworzyw sztucznych nie zawsze są znane i stosowane na poziomie gospodarstwa.

Barieri w zwiększaniu świadomości i udostępnianiu informacji

Ochrona różnych rodzajów tworzyw sztucznych w ramach praw własności intelektualnej stanowi barierę dla rolników, doradców i naukowców w zrozumieniu, przewidywaniu i zalecaniu stosowania konkretnych mieszanek tworzyw sztucznych w celu skutecznej degradacji w określonym środowisku. Dodatkowo brak certyfikacji i jasnej komunikacji stanowi barierę dla właściwego stosowania tworzyw biodegradowalnych.

Możliwości zwiększenia świadomości i dostępu do informacji

Rosnący niepokój związany z zanieczyszczeniem plastikiem środowisk wodnych (oceanów i rzek) może wzbudzić obawy i zwiększyć świadomość w zakresie zanieczyszczenia plastikiem również w rolnictwie.

Istniejące stowarzyszenia rolników mogą pomóc w dzieleniu się wiedzą. Certyfikaty (takie jak TUV-Austria) starają się określić jasne warunki degradacji tworzyw sztucznych, a tym samym promują lepsze zrozumienie i wykorzystanie tworzyw biodegradowalnych. W krajach, w których istnieją systemy zbiórki i monitorowania na poziomie krajowym, ilości plastiku zużytego, zebranego i poddanego recyklingowi w ramach programu zbiorowego są podawane do wiadomości publicznej. Wreszcie podobne koncepcje i przepisy dotyczące informowania i testowania aktywnych molekuł i dodatków stosowanych w środkach ochrony roślin mogłyby zostać wdrożone w odniesieniu do plastiku wykorzystywanego w rolnictwie, aby pomóc rolnikom w wyborze produktów najlepszych dla ich działalności.

4. Zmniejszanie śladu plastikowego w rolnictwie: dostępne rozwiązania i potrzebne innowacje

4.1 Zmniejszanie: wykorzystywanie zasobów lokalnych i nowych modeli gospodarki rolnej

Pierwszym krokiem do zmniejszenia zużycia tworzyw sztucznych w rolnictwie, a w konsekwencji do zmniejszenia ilości odpadów z tworzyw sztucznych i zanieczyszczenia środowiska tworzywami sztucznymi, jest ograniczenie stosowania tworzyw sztucznych. Możliwe alternatywy dla stosowania plastiku obejmują:

► **Resztki poźniwne do mulczowania**

Resztki roślinne (słoma, kora lub rozdrobnione drewno) mogą być wykorzystane do przykrycia gleby i ograniczenia parowania wody oraz wzrostu chwastów. Nawet jeśli efekty są często mniej wyraźne niż w przypadku mulczu z tworzywa sztucznego, resztki poźniwne mogą być godną polecenia alternatywą, jeśli są dostępne lokalnie w dużych ilościach.

► **Wykorzystanie roślin okrywowych do zastąpienia mulczowania**

Uprawa roślin okrywowych może być rozwiązaniem pozwalającym na kontrolę wzrostu chwastów i zachowanie wilgotności gleby. Rolnicy muszą starannie wybrać rodzaj rośliny okrywowej, ponieważ rośliny o płytkim systemie korzeniowym mogą zmniejszyć wilgotność wierzchniej warstwy gleby.

► **Przejsię z kisonki na siano jako paszy dla zwierząt gospodarskich**

Zwierzęta gospodarskie mogą być karmione sianem zamiast kisonką, co pozwala uniknąć stosowania plastiku do owijania bel i konieczności gospodarowania odpadami z tworzyw sztucznych.

4.2 Ponowne wykorzystywanie tworzyw sztucznych

Istnieje możliwość zmniejszenia zapotrzebowania na tworzywa sztuczne w rolnictwie przy jednoczesnym zachowaniu tych samych praktyk rolniczych: poprzez wydłużenie czasu użytkowania obecnie stosowanych tworzyw sztucznych. Na przykład w przypadku mulczu z tworzywa sztucznego niektórzy rolnicy stosują grubszą wersję zwykłego polietylenu o niskiej gęstości i używają go do kilku upraw z rzędu. Tak jest w Portugalii, gdzie część rolników używa jednego mocnego tworzywa sztucznego przez 8 lat, z dwukrotną uprawą pomidorów w ciągu roku. Jest to również powszechnie stosowane w uprawie szparagów (ramka 5). Analogicznie, dłuższą żywotność miałyby mocniejsze folie z tworzyw sztucznych wykorzystywane do pokryć szklarni i tuneli. Należy jednak ocenić, czy wydłużenie okresu użytkowania jest warte stosowania mocniejszych folii z tworzyw sztucznych, ponieważ produkcja mocniejszego materiału często oznacza, że zużywa się więcej zasobów, a odpady są cięższe.

4.3 Metody usuwania plastiku ze środowiska oraz sprzątanie gospodarstw

Skuteczne usuwanie i zbieranie tworzyw sztucznych po ich zużyciu jest niezbędne, aby uniknąć zanieczyszczenia środowiska i umożliwić właściwe przetwarzanie odpadów (Picuno i in., 2020). Jest to szczególnie potrzebne w przypadku plastikowej folii do mulczowania, ponieważ często jest ona częściowo zakopana i ma tendencję do zrywania się podczas usuwania. Odpowiednie techniki i innowacyjne maszyny mogą pomóc w osiągnięciu pełnego odzysku plastiku oraz w jego oczyszczeniu podczas zbierania. Eksperci zwrócili uwagę, że obecnie nie są dostępne żadne techniki usuwania mikrodrobin plastiku, a użycie dodatkowych maszyn do zbierania tworzyw sztucznych z pola może powodować dodatkowe zagęszczenie gleby (ramka 4).

Eksperci podzielili się dostępnymi obecnie instrukcjami dotyczącymi czyszczenia tworzyw sztucznych w rolnictwie, które mogą być wykonane w gospodarstwie (np. <http://svepretur.se/en/our-services/proceed-as-follows/>):

- 1. Sortuj plastik;** plastik rolniczy występuje w różnych formach i każdy jego rodzaj musi być posortowany indywidualnie, aby mógł być poddany recyklingowi.
- 2. Postępuj z tworzywem sztucznym i przechowuj je** tak, aby pozostało możliwie suche i czyste.
- 3. Oczyszczyć tworzywo sztuczne** wodą; można w tym celu użyć zbiornika obrotowego.
- 4. Przekaż plastik** do recyklingu w punkcie zbiórki; plastik może być pakowany za pomocą prasy hydraulicznej w gospodarstwie, aby ułatwić transport.

Ramka 4: Ponowne wykorzystanie i usuwanie tworzyw sztucznych z pól na przykładzie produkcji szparagów i pomidorów w Nawarze (Hiszpania)

Nawarra (Hiszpania) ma obszerny sektor ogrodniczy, który wykorzystuje dużo plastikowej folii do mulczowania i wytwarza około 250 t odpadów z tworzyw sztucznych rocznie (w 68% pochodzących z mulczowania).

Opracowano zbiór dobrych praktyk, aby przekonać rolników o korzyściach płynących ze zbierania odpadów z tworzyw sztucznych i zwiększyć świadomość problemów wynikających z zanieczyszczenia tworzywami sztucznymi, jak np.: obniżenie jakości i zdrowia gleby, uszkodzenie maszyn oraz możliwe sankcje w ramach WPR. Instrukcja opisuje dobre praktyki ponownego wykorzystania plastiku, gdy jest to możliwe.

Na przykład w przypadku produkcji pomidorów plastikowa folia jest mechanicznie zbierana podczas zbiorów. Nie może być ona ponownie wykorzystana przez rolnika podczas kolejnego sadzenia pomidorów. Jednak wykorzystując prawidłowe urządzenia (pługi) można uniknąć konieczności usuwania tworzyw sztucznych. Przy uprawie szparagów rośliny są okrywane folią przez cały okres wegetacji, ale nie podczas zbiorów. Dzięki odpowiednim maszynom, plastik może być usunięty i przechowywany do momentu ponownego nałożenia w kolejnym sezonie. Białe i czarne folie plastikowe są wykorzystywane w różnych porach roku, w zależności od pożądanego procesu uprawy, a usuwanie i przechowywanie folii pozwala rolnikowi dostosować kolor mulczu bez generowania większej ilości odpadów.

Gdy nadchodzi potrzeba usunięcia plastiku, można wykorzystać kilka rodzajów maszyn, które podnoszą plastik z pola, zapobiegając jego rozdarciu, aby zmaksymalizować jego odzysk. Bardzo ważnym jest upewnienie się, że usunięcie mulczu z tworzywa sztucznego nie pozostawiło odłamków plastiku w glebie i że pasy nawadniające nadają się do ponownego wykorzystania. Aby można było usunąć tworzywa sztuczne, a potem ponownie je wykorzystać, konieczne jest zastosowanie plastiku wysokiej jakości.

4.4 Projektowanie tworzyw sztucznych z myślą o ich losie po zakończeniu eksploatacji

Tworzywa sztuczne powinny być projektowane z myślą o ich losie po zakończeniu eksploatacji, zgodnie z różnymi zastosowaniami rolniczymi:

► **Tworzywa sztuczne przeznaczone do pozostawienia w glebie po użyciu: tworzywa ulegające biodegradacji**

Tworzywa sztuczne, które pozostaną w glebie, powinny być biodegradowalne, aby uniknąć gromadzenia się pozostałości oraz dodatkowych czynności związanych z usuwaniem i czyszczeniem plastiku (np. plastikowa folia do mulczowania i, na mniejszą skalę, sznurki do wiązania warzyw).

Konieczne są innowacje, które pozwolą na dostosowanie zdolności rozkładu do potrzeb rolników i do warunków środowiskowych. Eksperti Grupy Fokusowej zwrócili na przykład uwagę na fakt, że biodegradowalność jest nie tylko wewnętrzną właściwością tworzyw sztucznych, ale również wynikiem warunków abiotycznych i biotycznych oraz czasu degradacji. W konsekwencji certyfikat biodegradacji w glebie opracowany zgodnie z normą EN 17033 nie zapewnia wystarczających informacji rolnikom w całej Europie. W istocie, podczas gdy rolnicy mają do czynienia ze zróżnicowanymi warunkami glebowo-klimatycznymi i różnymi okresami uprawy, norma EN 17033 ocenia biodegradację w stałych warunkach. Przydatny dla rolników byłby indeks biodegradowalności, obliczony na podstawie specyficznych warunków i czasu degradacji, który mógłby pomóc w doborze najlepszego tworzywa biodegradowalnego do jego zastosowań.

Konieczne jest prowadzenie dalszych badań nad procesem degradacji mikrobiologicznej w glebie oraz nad jego ograniczeniami (np. możliwością przesylenia środowiska mikrobiologicznego zbyt dużą ilością tworzyw biodegradowalnych), a także nad potencjalnym wpływem różnych warunków klimatycznych lub zmian w naturalnym środowisku mikrobiologicznym gleby.

► **Tworzywa sztuczne przeznaczone do zbiórki i recyklingu: wytrzymałe i sprzyjające recyklingowi tworzywa sztuczne**

Tworzywa sztuczne powinny być wystarczająco wytrzymałe, aby można je było łatwo zbierać i czyścić bez wytwarzania odłamków (rys. 12). Grubość tworzywa wyraża się w mikrometrach: μm (w systemie amerykańskim stosuje się również tzw. *gauge*, gdzie $1 \mu\text{m} = 4 \text{ gauge}$). W przypadku mulczu z tworzywa sztucznego, który ma być zbierany, eksperci zalecają stosowanie folii o grubości powyżej $15 \mu\text{m}$ (60 gauge). Zbiórka tworzyw sztucznych powinna być rozwiązaniem przedkładanym nad biodegradację w przypadku tworzyw, które są stosowane w dużych ilościach (zwiększenie i standaryzacja procesów recyklingu) i które mogą być zbierane w stosunkowo czysty sposób (wymagane jest niewielkie czyszczenie). Dotyczy to np. osłon szklarniowych i folii do owijania bel na kisonkę. Należy unikać stosowania cienkich tworzyw sztucznych, jeśli trzeba je później zebrać, ponieważ zostawiają one pozostałości.

Tworzywa sztuczne powinny być tak zaprojektowane, aby można je było łatwo poddać recyklingowi (należy wykorzystywać znane i znormalizowane polimery i dodatki).

Jeśli recykling nie jest możliwy, można podnieść wartość odpadów z tworzyw sztucznych poprzez wykorzystanie ich do produkcji węgla lub gazu syntezowego. Stosowanie węgla w glebach rolnych jest kwestią dyskusyjną, ale węgiel może być też wykorzystywany w innych celach, takich jak usuwanie zanieczyszczeń.



Rysunek 12: Narzędzie do usuwania plastikowej folii do mulczowania z pola za pomocą ciągnika. Plastikowa folia powinna być wystarczająco gruba i mocna, aby wytrzymać proces usuwania.

4.5 Aktualnie funkcjonujące systemy zbiórki

Systemy zbiórki łączą rolników z zakładami recyklingu i organizują transport plastikowych odpadów, ułatwiając rolnikom radzenie sobie z nimi (ramka 2, ADIVALOR). Poszczególne kraje wdrożyły różne strategie i przetestowały wiele rozwiązań. Na przykład bardzo skuteczne, a szczególnie w przypadku drobnych rolników, okazały się systemy, w których rolnikom przyznawane są premie za dostarczenie odpadów plastikowych do punktu zbiórki. Niektóre kraje wdrożyły krajowe programy zbiórki (np. Norwegia, Szwecja, Niemcy, Irlandia), w których dzięki finansowaniu udaje się osiągnąć zbiórkę na poziomie 70-80%. Systemy zbierania odpadów mogą być organizowane przez różne podmioty. Przykładowo w Finlandii stowarzyszenia rolników i właściciele lasów przyjmują na siebie rolę ułatwiania komunikacji pomiędzy rolnikami a innymi interesariuszami (dotyczy to jedynie folii kisonkarskich, ponieważ są one wystarczająco czyste).

Systemy zbiórki mogą również pomóc w zorganizowaniu dodatkowych środków finansowych i zrekomensowaniu niestabilności rynku odpadów z tworzyw sztucznych. W istocie wartość odpadów z tworzyw sztucznych zmienia się wraz z wahaniami cen pierwotnego surowca. Systemy zbiórki mogą pełnić funkcję zabezpieczenia przed wahaniami cen. Więcej informacji na ten temat przedstawiono w [krótkim artykule B](#).

4.6 Realizowane projekty badawcze

Opracowywane są różne projekty badawcze, których celem jest uzupełnienie luk w wiedzy i zapewnienie odpowiednich rozwiązań dla rolników. Eksperti Grupy Fokusowej przedstawili następujące przykłady projektów badawczych (ramka 5).

Ramka 5: Przykłady istniejących projektów badawczych

Innovative Farmers (<https://www.innovativefarmers.org/>)

Innovative Farmers to krajowa brytyjska sieć rolników i hodowców, którzy na własnych warunkach przeprowadzają próby w gospodarstwach rolnych. W ramach tej sieci dziesięciu hodowców ocenia możliwości zastąpienia polietylenu. W trakcie prób przetestowano zostanie szereg dostępnych na rynku rozwiązań nieulegających i ulegających biodegradacji, w tym folie do mulczowania na bazie skrobi, zrębki drzewne, kompost (także kompost miejski), karton, siano i żdźbła trawy. Grupa postanowiła sprawdzić, jak te metody mulczowania wpłyną na chwasty, szkodniki, wydajność upraw (np. czas zbiorów i jakość plonów), wilgotność i zdrowie gleby, koszty i czas pracy.

Organic-PLUS (<https://organic-plus.net/>)

Organic-PLUS jest projektem w ramach programu Horyzont 2020 realizowanym w latach 2018-2022. Skupia się on na badaniu kontrowersyjnych czynników mających wpływ na rolnictwo ekologiczne, a jednym z głównych tematów poddawanych analizie są tworzywa sztuczne. W ramach projektu testowane są różne biodegradowalne i niebiodegradowalne folie do mulczowania oraz ich degradowalne pozostałości w postaci mikrodrobin plastiku, jak również badana jest ich wydajność techniczna, skutki uboczne, wpływ na środowisko itp. W ramach projektu Organic-PLUS prowadzone są również dodatkowe próby, które mają na celu zbadanie możliwości wykorzystania materiałów pochodzących z gospodarstw rolnych (np. zrębki drzewne, drewno wytłaczane lub żdźbła trawy). Nie wiadomo jednak w jakim stopniu realne jest zastosowanie tych alternatyw w przypadku outsourcingu (tj. zakupu materiałów zewnętrznych). Prowadzone są testy na różnych powierzchniach i w różnych iteracjach, z użyciem różnych materiałów do mulczowania. Próby te odbywają się w Wielkiej Brytanii i w Turcji (co stanowi interesujący kontrast pod względem warunków klimatycznych). W badaniach uwzględniane są zarówno skutki widoczne podczas okresu uprawy, jak również po zbiorach.

Niektóre wyniki przedstawiają się następująco: mulcze biodegradowalne i politereftalan etylenu (PET) działają dobrze, ale jeden z nowych materiałów jest zbyt słaby i nie zawiera wystarczającej ilości barwnika, aby zwalczać chwasty. Czarne mulcze lepiej sprawdzają się w walce z chwastami. Po zbiorach folia PET znika dość szybko. Nawet folia, która podrze się przed końcem sezonu wegetacyjnego, może nadal być wartościowa. Wciąż czekamy na wyniki oceny jakości gleby.

AlpBioEco (<https://www.alpine-space.eu/projects/alpbioeco/en/home>)

Projekt ten szacuje ekonomiczny i ekologiczny potencjał rolniczych produktów ubocznych i resztek (ziół, jabłek i orzechów włoskich). W ramach jego realizacji badane są łańcuchy wartości i opracowywane nowe produkty, a także nowe modele biznesowe. Nowe produkty są następnie testowane w badaniach pilotażowych. Jednym z pierwszych osiągniętych do tej pory wyników jest opracowanie biodegradowalnych tworzyw sztucznych z jabłek. Projekt promuje innowacyjne praktyki ekologiczne wśród rolników i MŚP.

LIFE BIOTHOP (<https://www.life-biothop.eu/>)

Celem tego projektu jest zastąpienie polipropylenowych sznurów na polach chmielu bio-sznurami wykonanymi z poliaktydu (PLA), który jest produkowany z zasobów odnawialnych i nadaje się do kompostowania. Sznurowy PLA są z powodzeniem stosowane przez rolników, a po zbiorach kompostowane w gospodarstwie wraz z materiałem roślinnym.

GO-ACBD (<https://www.acolchadosbiodegradables.es/>)

GO-ACBD jest Grupą Operacyjną, która opracowuje techniki mogące zoptymalizować proces rozkładu biodegradowalnego mulczu. Grupa ocenia szybkość rozkładu w warunkach rzeczywistych w regionie Murcji w południowo-wschodniej Hiszpanii. GO-ACBD ma na celu poprawę konkurencyjności przedsiębiorstw rolnych, jak również polepszenie zgodności z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym. Wyniki badań sugerują, że najlepszy proces rozkładu uzyskuje się stosując dodatkową materię organiczną w postaci obornika, zakupując biodegradowalne tworzywo sztuczne w glebie po zbiorach oraz utrzymując wilgoć poprzez nawadnianie. Dlatego też grupa zaleca stosowanie biodegradowalnego mulczu w jednej uprawie na przemian z uprawą bez mulczu, tak aby nawadnianie drugiej w kolejności uprawy zapewniało dobre warunki rozkładu dla resztek pozostałych w ziemi.

5. Dalsze działania i zalecenia

5.1 Komunikacja: wyjaśnianie problemów środowiskowych, zwiększanie świadomości oraz rozpowszechnianie dobrych praktyk

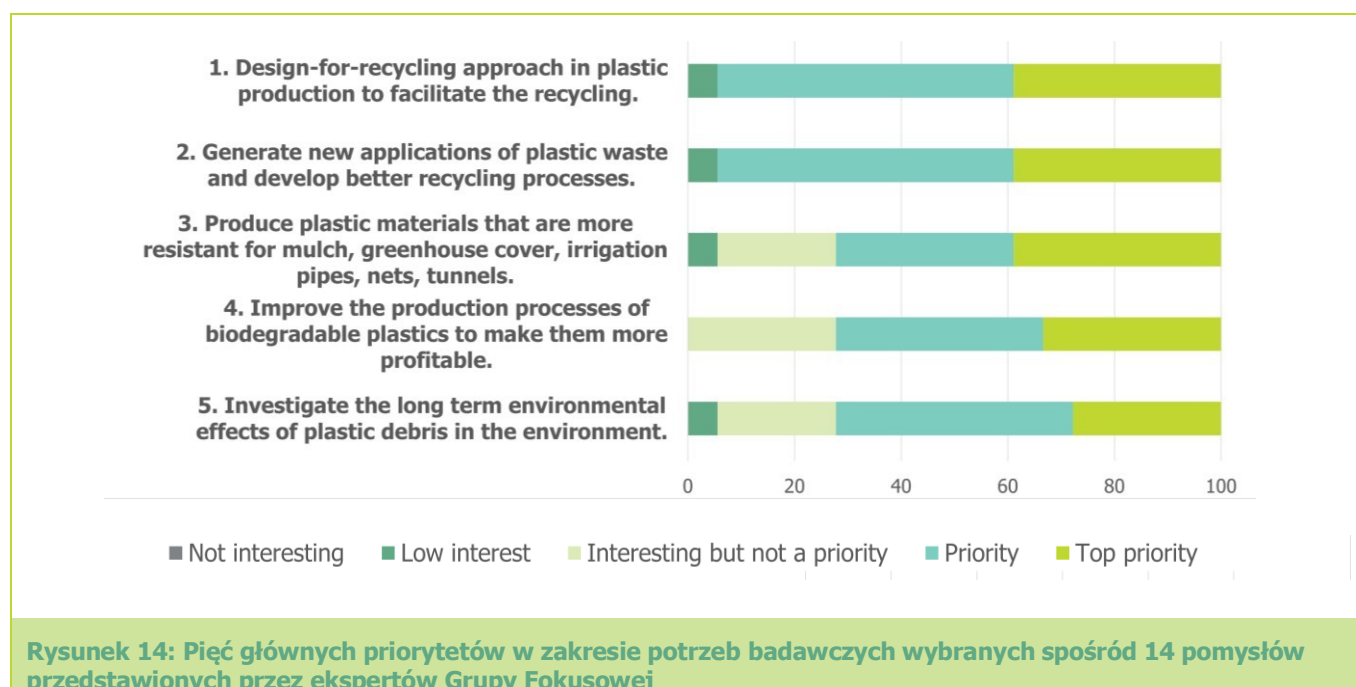
Zmniejszenie śladu plastikowego w rolnictwie zależy od wzrostu świadomości i skutecznego rozpowszechniania dobrych praktyk. Zwiększanie świadomości wymaga lepszego zrozumienia problemu śladu plastikowego w rolnictwie poprzez analizę cyklu życia różnych tworzyw sztucznych oraz ocenę różnych źródeł zanieczyszczenia plastikiem i ich skutków. Ponadto potrzeby rolników i specyficzne warunki użytkowania powinny być przekazywane przemysłowi tworzyw sztucznych wykorzystywanych w rolnictwie. W związku z tym należy wspierać inicjatywy takie jak Innovative Farmers czy Grupy Operacyjne EIP-AGRI, aby umacniać udaną współpracę pomiędzy rolnikami, nauką i przemysłem tworzyw sztucznych dla rolnictwa. Na przykład Grupa Operacyjna GO-ACBD opracowała praktyczny przewodnik prezentujący dobre praktyki, które ułatwiają rozkład tworzyw sztucznych ulegających biodegradacji w glebie (https://www.acolchadosbiodegradables.es/wp-content/uploads/2020/11/acbd-guia-resumen_b.pdf). Grupa nakręciła również filmik podsumowujący jej działania (<https://youtu.be/nSwQUGrmFn8>). GO-ACBD oparła swoje badania na ocenie terenowej i odpowiedniej gospodarce rolnej związanej z sytuacją gospodarstw (rys. 13). Inne dobre praktyki w zakresie rozpowszechniania wiedzy przedstawiono w [krótkim artykule D](#).



5.2 Priorytety w zakresie potrzeb badawczych

Wiele luk badawczych i potrzeb w zakresie innowacji zostało już wcześniej omówionych i wyszczególnionych w krótkich artykułach. Eksperti uszeregowali czterdzieści pomysłów wedle stopnia pilności w [załączniku 6](#). Poniżej przedstawiamy pięć kwestii o najwyższym priorytecie (rys. 14). Dwa najwyższej ocenione pomysły odnoszą się do recyklingu tworzyw sztucznych i podkreślają, że poprawa jego poziomu jest głównym wyzwaniem w walce o zmniejszenie śladu plastikowego w rolnictwie.

- ▶ **1. Projektowanie z myślą o recyklingu w produkcji tworzyw sztucznych w celu ułatwienia recyklingu.** Poprawa poziomu recyklingu tworzyw sztucznych w pierwszej kolejności wymaga stosowania polimerów, które można łatwo poddać recyklingowi, z domieszką niewielkiej ilości i znormalizowanych dodatków. Bardziej wytrzymałe tworzywa sztuczne są również łatwiejsze w zbiórce i obchodzeniu się z nimi bez rozdrabniania na małe odłamki. Aby zmniejszyć ślad plastikowy w rolnictwie, należy połączyć badania nad bardziej odpornymi tworzywami sztucznymi i tworzywami, które łatwo jest poddać recyklingowi z badaniami nad alternatywami dla tworzyw sztucznych opartych na paliwach kopalnych, na przykład nad przetwarzaniem odpadów organicznych na tworzywa sztuczne (L. Jiang i in., 2020).



- ▶ **2. Znalezienie nowych zastosowań dla odpadów z tworzyw sztucznych i opracowanie lepszych procesów recyklingu.** Projektowanie z myślą o recyklingu bezpośrednio łączy się z potrzebą zaplanowania już na etapie produkcji co stanie się z tworzywami sztucznymi po zakończeniu ich eksploatacji. Należy usprawnić procesy recyklingu, aby poradzić sobie z zabrudzeniem odpadów z tworzyw sztucznych i zmniejszyć koszty ich przetwarzania. Jednym ze sposobów na usprawnienie procesu recyklingu byłoby wykorzystanie mikroorganizmów do rozkładu plastiku na monomery, które mogą być ponownie wykorzystane przez przemysł chemiczny. Odkryto już pewne mikroorganizmy zdolne do rozkładu określonych polimerów plastikowych, ale potrzeba więcej badań, aby dogłębnie zrozumieć procesy degradacji i możliwości wykorzystania powstałych monomerów (Bahl i in., 2020). Można by również wykorzystać mikroorganizmy do rozkładu zanieczyszczeń, które uniemożliwiają recykling niektórych tworzyw sztucznych stosowanych w rolnictwie (np. pozostałości pestycydów, nawozy) (Arya i in., 2017).
- ▶ **3. Produkcja materiałów z bardziej odpornych tworzyw sztucznych do mulczu, osłon szklarni, rur nawadniających, siatek, tuneli.** W przypadku wykorzystywanych w rolnictwie tworzyw sztucznych, które są bezpośrednio wystawione na działanie środowiska, należy stosować mocniejsze materiały, aby po pierwsze ograniczyć fragmentację spowodowaną działaniem czynników atmosferycznych i emisję odpadów z tworzyw sztucznych, a po drugie, aby zwiększyć żywotność tych materiałów, gdy jest to opłacalne. Zrozumienie, w jaki sposób czynniki degradacyjne (np. światło słoneczne, temperatura, czynniki mechaniczne) wpływają na rozmiar, kształt i właściwości chemiczne odpadów z tworzyw sztucznych jest pierwszym krokiem do zmniejszenia emisji makro- i mikrodrobin plastiku.

- ▶ **4. Usprawnienie procesów produkcyjnych tworzyw biodegradowalnych w celu zwiększenia ich opłacalności.** Zwiększenie opłacalności tworzyw biodegradowalnych opiera się na dwóch głównych kwestiach: (i) Zapewnienie rozkładu tworzyw sztucznych w czasie odpowiednim dla danej uprawy i w specyficznych warunkach gospodarstwa, bez negatywnego wpływu na żyzność gleby. Aby osiągnąć ten cel, należy przeprowadzić badania, które pozwolą zrozumieć, w jaki sposób rodzime mikroorganizmy glebowe mogą rozkładać polimery tworzyw sztucznych w określonych warunkach glebowo-klimatycznych. W oparciu o wyniki badań terenowych należy opracować lepsze testy rozkładu, które pozwolą zmierzyć szybkość rozkładu nowych polimerów biodegradowalnych w warunkach rzeczywistych. (ii) Zwiększenie produkcji tworzyw sztucznych ulegających biodegradacji, aby uczynić je bardziej przystępnymi cenowo. Nowe procesy produkcyjne mogą również opierać się na mikroorganizmach w celu wyprodukowania tworzyw biodegradowalnych (Medeiros Garcia Alcântara i in., 2020).
- ▶ **5. Zbadanie długoterminowych skutków środowiskowych pozostałości plastiku.** Skutki środowiskowe wywierane przez tworzywa sztuczne pozostają w dużej mierze nieznanymi. Konieczne jest przeprowadzenie badań nad organizmami lądowymi, począwszy od bakterii i dżdżownic, a skończywszy na ssakach. Należy wziąć pod uwagę rozmiar, kształt i właściwości chemiczne pozostałości tworzyw sztucznych, ponieważ nieskazitelnie czyste tworzywa sztuczne mogą mieć inne oddziaływanie niż tworzywa zużyte (S. W. Kim i in., 2020). Co więcej, plastik stanowi nowy element dla formowania życia i źródło pożywienia dla wielu mikroorganizmów: nazywa się to plastisferą (Amaral-Zettler i in., 2020). Wpływ tworzyw sztucznych na środowisko mikrobiologiczne w glebie lub w jelitach zwierząt będzie niewątpliwie oddziaływał na inne organizmy, takie jak rośliny lub zwierzęta (Qi i in., 2020; Zhu i in., 2018).

5.3 Pomysły dla Grup Operacyjnych

Podczas drugiego spotkania Grupy Fokusowej eksperci zaproponowali następujące pomysły dla Grup Operacyjnych:

- ▶ Określenie najlepszych technik usuwania pozostałości tworzyw sztucznych dla poszczególnych typów gospodarki rolnej.
- ▶ Przeprowadzenie analizy cyklu życia konwencjonalnych tworzyw sztucznych z materiałów pierwotnych, z recyklingu, pochodzenia biologicznego oraz ulegających biodegradacji w zależności od ich określonych zastosowań w rolnictwie.
- ▶ Przetestowanie różnych metod projektowania tworzyw sztucznych w celu ułatwienia przyszłego recyklingu odpadów z tworzyw sztucznych.
- ▶ Optymalizacja technik czyszczenia tworzyw sztucznych w gospodarstwie.
- ▶ Zalety i wady stosowania biodegradowalnych tuneli foliowych.
- ▶ Jakie są alternatywy dla polipropylenowych koców termicznych?
- ▶ Badanie przydatności, trwałości i kosztów stosowania bardziej odpornych tworzyw sztucznych w określonych systemach rolniczych.
- ▶ Szeroko zakrojona ocena zanieczyszczenia tworzywami sztucznymi w rolnictwie w celu określenia jego wpływu na plony.
- ▶ Określenie najlepszych metod i sposobów wykorzystania w rolnictwie produkcji węgla pirolitycznego na bazie odpadów z tworzyw sztucznych.

WNIOSKI

Tworzywa sztuczne mają szerokie zastosowanie w rolnictwie i zapewniają różne korzyści. W wielu przypadkach tworzywa sztuczne stały się najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem dla utrzymania wysokiej produkcji roślinnej. Stosowanie tworzyw sztucznych wiąże się jednak z wyzwaniami w zakresie gospodarowania powstającymi odpadami z tworzyw sztucznych oraz zanieczyszczenia środowiska pozostałościami plastiku.

Podczas dyskusji na temat śladu plastikowego w rolnictwie często pojawia się przykład plastikowej folii do mulczowania. Rzeczywiście ilustruje on główne problemy: jest trudny do zastąpienia, trudny do recyklingu ze względu na duże zabrudzenie i otwiera dyskusję na temat tworzyw biodegradowalnych. Jednak plastikowa folia do mulczowania nie stanowi głównego źródła odpadów z tworzyw sztucznych w unijnym rolnictwie. Folia kiszonkarska, osłony szklarniowe czy sznury są odpowiedzialne za większą część zużycia tworzyw sztucznych. Badania sugerują również, że bio-nawozy (osady ściekowe, kompost) w większym stopniu przyczyniają się do zanieczyszczenia mikrodrobinami plastiku na poziomie UE niż plastikowa folia do mulczowania. Eksperti Grupy Fokusowej podkreślili różnorodność zastosowań tworzyw sztucznych w rolnictwie oraz niewidoczne zanieczyszczenie mikrodrobinami plastiku. Nowe badania powinny uwzględniać tę różnorodność, aby zwiększyć nasze ogólne zrozumienie problemu i dostarczyć rozwiązania odpowiednie dla specyfiki różnych typów zarządzania rolnictwem w UE.

Rolnicy odgrywają kluczową rolę w stawianiu czoła tym wyzwaniom, na przykład poprzez ograniczanie stosowania tworzyw sztucznych, gdy jest to możliwe oraz dbanie o to, by na polach nie pozostawały resztki plastiku. Z drugiej strony, wiele aspektów śladu plastikowego w rolnictwie jest niezależnych od decyzji rolników, takich jak opakowania wymagane przez dostawców żywności, oferta zakładów recyklingu tworzyw sztucznych w ich regionie lub dostępność alternatywnych rozwiązań. Przede wszystkim nadal nieznane są długoterminowe skutki zanieczyszczenia pól tworzywami sztucznymi. Rolnicy potrzebują wsparcia, aby zrozumieć kluczowe problemy, opracować innowacyjne rozwiązania i wdrożyć je na dużą skalę. Zdaniem Grupy Fokusowej, zmniejszenie śladu plastikowego w rolnictwie wymaga współpracy rolników, przemysłu tworzyw sztucznych, naukowców i polityków, aby zapewnić zrównoważone wykorzystanie naszych zasobów i ochronę środowiska.

Załącznik 1A: Lista ekspertów i moderatorów uczestniczących w Grupie Fokusowej






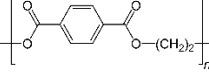

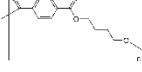
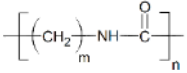
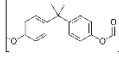
Imię i nazwisko eksperta	Doświadczenie zawodowe	Kraj
<u>Abelardo Hernández</u>	Inne	Hiszpania
<u>Benoit James</u>	Rolnik	Francja
Bernard Le Moine	Przemysł	Francja
<u>Carolina Peñalva</u>	Badacz	Hiszpania
<u>Cesare Accinelli</u>	Badacz	Włochy
<u>Corina Carranca</u>	Badacz	Portugalia
Francis Rayns	Badacz	Wielka Brytania
<u>Geert Cornelis</u>	Badacz	Szwecja
<u>Giovanni Trovati</u>	Rolnik	Włochy
<u>Ignacio Mendioroz Casallo</u>	Doradca	Hiszpania
<u>Juanjo Amate</u>	Doradca	Hiszpania
<u>Karl Fonteyne</u>	Przemysł	Belgia
<u>Katja Zlutar</u>	Rolnik	Chorwacja
Krystian Butlewski	Badacz	Polska
Leena Erälinna	Badacz	Finlandia
Łukasz Czech	Rolnik	Polska
Minna Ojanpera	Pracownik organizacji pozarządowej	Finlandia
<u>Pietro Picuno</u>	Badacz	Włochy
<u>Ruth Pereira</u>	Badacz	Portugalia
<u>Vesna Milicic</u>	Pracownik organizacji pozarządowej	Słowenia
		Francja
Zespół facylitacyjny		
<u>Nicolas Beriot</u>	Ekspert koordynujący	Francja
<u>Liisa Kübarsepp</u>	Koordinatorka zadań	Estonia
<u>Alexandre Morin</u>	Wsparcie	Francja

Z członkami grupy fokusowej można skontaktować się za pośrednictwem sieci online EIP-AGRI. Tylko zarejestrowani użytkownicy mogą uzyskać dostęp do tej części portalu. Jeśli masz już konto, [możesz zalogować się tutaj](#). Jeśli chcesz stać się częścią sieci EIP-AGRI, [prosimy o zarejestrowanie się na stronie internetowej poprzez ten link](#).

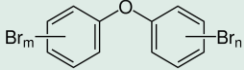

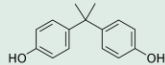
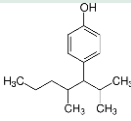
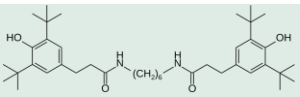
Załącznik 2B: Lista krótkich artykułów

Krótki artykuł	Współpracujący członkowie Grupy Fokusowej
<u>Krótki artykuł A: Rzeczywiste wykorzystanie tworzyw sztucznych w rolnictwie w UE: Przegląd i problemy środowiskowe</u>	Ruth Pereira (koord.) (PT), Abelardo Hernandez (ES), Benoit James (FR), Bernard LeMoine (FR), Corina Carranca (PT), Francis Rayns (UK), Geert Cornelis (SWE), Leena Erälinna (FI), Łukasz Czech (PL) Pietro Picuno (IT)
<u>Krótki artykuł B: Zagospodarowanie plastiku w rolnictwie po zakończeniu jego eksploatacji</u>	Bernard LeMoine (koord.) (FR), Leena Erälinna (koord.) (FI), Giovanni Trovati (IT), Ignacio Mendioroz Casallo (ES), Juan Jose Amate (ES), Katja Zlatar (CRO), Krystian Butlewski (PL), Minna Ojanpera (FIN), Pietro Picuno (IT)
<u>Krótki artykuł C: Nowe tworzywa sztuczne w rolnictwie</u>	Francis Rayns (koord.) (UK), Abelardo Hernandez (ES), Carolina Peñalva (ES), Cesare Accinelli (IT), Corina Carranca (PT), Karl Fonteyne (BE), Katja Zlatar (CRO), Vesna Miličić (SLO)
<u>Krótki artykuł D: Gospodarka rolna, miejscowe praktyki zmniejszające wykorzystanie tworzyw sztucznych i poziom zanieczyszczenia środowisk</u>	Benoit James (koord.) (FR), Carolina Peñalva (ES), Giovanni Trovati (IT), Iñaki Mendioroz (ES), Łukasz Czech (PL), Vesna Miličić (SLO)
<u>Krótki artykuł E: Wtórne źródła zanieczyszczenia tworzywami sztucznymi</u>	Geert Cornelis (koord.) (SWE), Cesare Accinelli (IT), Francis Rayns (UK), Karl Fonteyne (BE), Vesna Miličić (SLO)


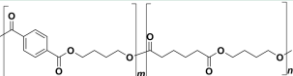
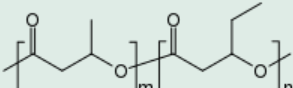

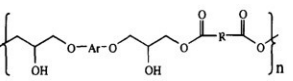
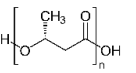
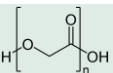
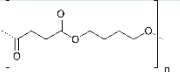
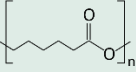
Załącznik 2: Nazwa, akronim, opis i udział w unijnym zapotrzebowaniu na tworzywa sztuczne najczęściej używanych konwencjonalnych polimerów syntetycznych

Nazwa	Akronim	Struktura chemiczna	Opis	Przykład zastosowania	% całk. zapotrzeb. na tworzywa sztuczne w UE	% zapotrzeb. na tworzywa szt. w rolnictwie w UE
Polietylen	PE		Niski koszt, dobra obrabialność, doskonała odporność chemiczna i izolacja elektryczna	Przy wysokim stopniu rozgałęzienia (2% węgla) można otrzymać LDPE, przy niskim stopniu rozgałęzienia otrzymujemy HDPE	29,7%	1,1%
Polietylen o małej gęstości	LDPE		Niska wytrzymałość na rozciąganie	Torby, tace i pojemniki wielokrotnego użytku, folia rolnicza, folia do pakowania żywności	7,5%	0,1%
Polietylen o dużej gęstości	HDPE		Wysoka wytrzymałość na rozciąganie	Zabawki, butelki na mleko, butelki na szampon, rury, artykuły gospodarstwa domowego	12,2%	1%
Polipropylen	PP		Właściwości podobne do polietylenu, ale jest on nieco twardszy i bardziej odporny na ciepło	Opakowania na żywność, pojemniki do użycia w mikrofalówkach, rury, części samochodowe	19,3%	1%
Polichlorek winylu	PVC		Może być sztywny lub elastyczny w zależności od procesu produkcyjnego i zast. dodatków	Ramy okienne, wykładziny podłogowe i ścienne, rury, węże ogrodowe	10%	
Politereftalan etylenu	PET		PET może mieć charakter od półsztywnego do sztywnego i jest bardzo lekki	Włókna syntetyczne (często określane jako poliester), butelki na wodę	7,7%	
Polistyren	PS		Polistyren może być lity lub spieniony w celu wytworzenia polistyrenu ekspandowanego (EPS)	Opakowania na żywność, izolacja	6,4%	0,5%
Politereftalan butylenu	PBT		PBT ma nieco mniejszą wytrzymałość i sztywność, ale nieco lepszą odporność na uderzenia niż PET	Elektryczny sprzęt gospodarstwa domowego, izolator		
Poliamidy	PA		Poliamidy to grupa polimerów, które różnią się między sobą składem głównego łańcucha. Najbardziej rozpowsz. poliamidem jest nylon	Włókna syntetyczne, przemysł motoryzacyjny		
Poliwęglany	PC		Mocne, wytrzymałe materiały, mogą być optycznie przezroczyste	Pojemniki z tworzyw sztucznych, folia przezroczysta		

Załącznik 3: Różne grupy dodatków

Nazwa	Struktura chemiczna	Przykład zastosowania	Potencjalne działanie niepożądane
Polibromowany eter difenylowy (PBDE)		Grupa dodatków o różnych zastosowaniach, w tym jako środki zmniejszające palność	Substancje zaburzające gospodarkę hormonalną
Ftalany		Rodzina dodatków o różnych zastosowaniach, m.in. zwiększających elastyczność i przejrzystość tworzywa	Substancje zaburzające gospodarkę hormonalną
Bisfenol A		Prekursor w polimeryzacji tworzyw sztucznych, przeciwutleniacz (spowalnia rozkład)	Substancje zaburzające gospodarkę hormonalną
Oktylofenol i Nonylofenol		Grupa dodatków o różnych zastosowaniach, w tym przeciwutleniaczy (spowalnia rozkład)	Substancje zaburzające gospodarkę hormonalną
Irganox		Przeciwutleniacz (spowalnia rozkład)	Substancje zaburzające gospodarkę hormonalną

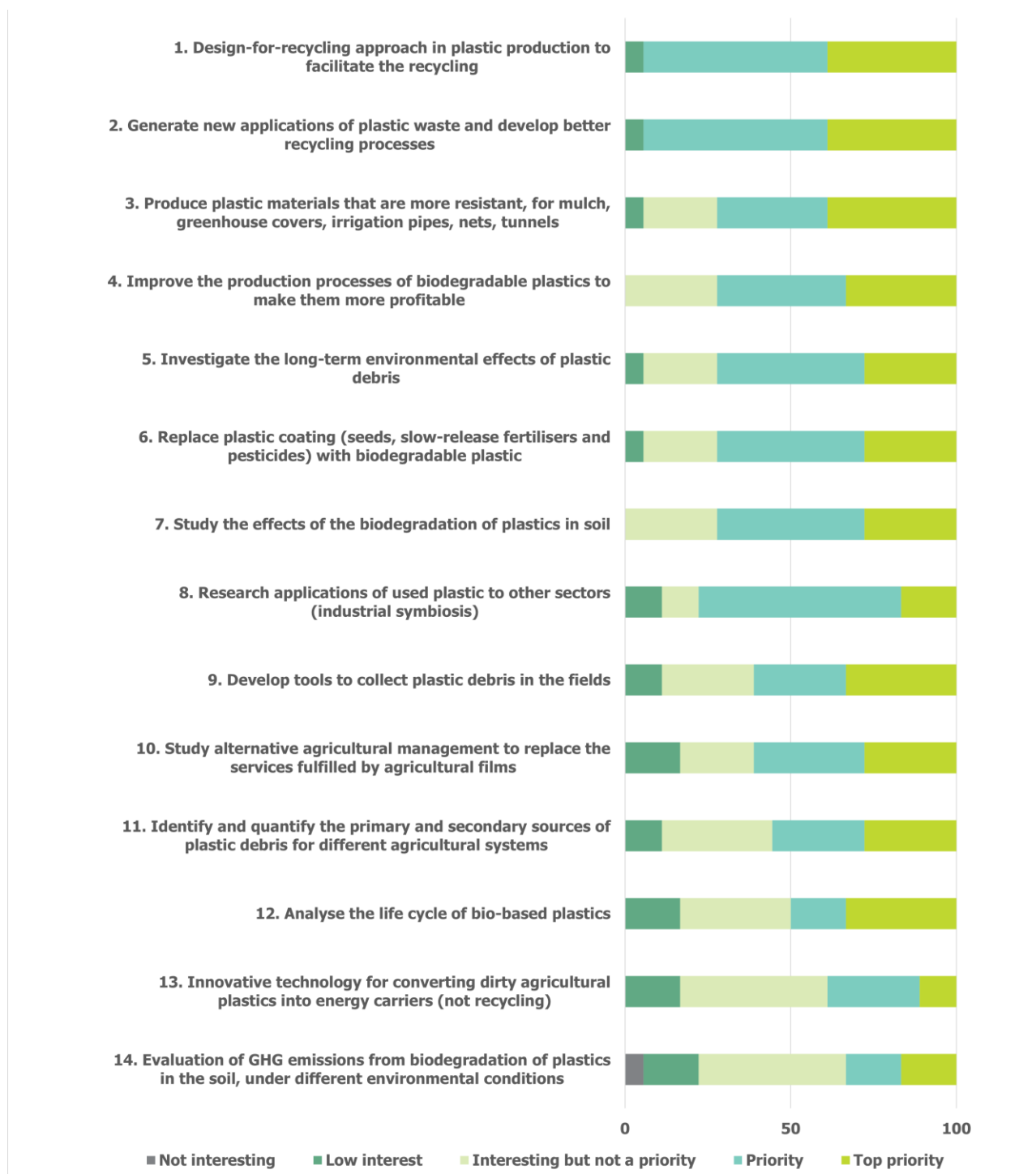
Załącznik 4: Nazwa, akronim, opis oraz zdolność do rozkładu polimerów biodegradowalnych

Nazwa	Akronim	Struktura chemiczna	Opis	Przykład zastosowania	Rozkład	Test zagrzebania w glebie
Polilaktyd	PLA		Subst. biopochodna ze sfermentowanej skrobi roślinnej, takiej jak kukurydza, maniok, trzcina cukrowa lub wysłodki buraczane.	opakowania, folie rolnicze, włókna syntetyczne, nietkane materiały	Ulega biodegradacji w procesie kompostowania przemysłowego. Bardzo powolna lub zerowa degradacja w glebie o temperaturze otoczenia	(Shogren i in., 2003)(Lv i in., 2017) (Rudnik i Briassoulis, 2011a) (Rudnik i Briassoulis, 2011b) (Calmon i in., 1999) (Siakeng, Jawaid i in., 2020)
Poli(adypinian-kotereftalan butylenu)	PBAT		Wysoka elastyczność i wytrzymałość, niska sztywność	torby plastikowe, folie rolnicze i owijki	Ulega biodegradacji w procesie kompostowania przemysłowego. Powolna degradacja w glebie o temperaturze otoczenia	(Palsikowski i in., 2018) (H. Wang i in., 2015)(Weng i in., 2013).
Poli(kwas 3-hydroksymasłowy-co-3-hydroksywalerianowy)	PHBV		Mała rozciągliwość i niska odporność na uderzenia	nawozy o kontrolowanym uwalnianiu, opakowania	Ulega biodegradacji w procesie kompostowania przemysłowego. Powolny rozkład w glebie o temperaturze otoczenia	(Calmon i in., 1999) (Sang i in., 2001) (S. Wang i in., 2005). (Gonçalves i in., 2009) (Tao i in., 2009) (Batista i in., 2010) (Gonçalves i Martins-Franchetti, 2010) (Arcos-Hernandez i in., 2012) (Baidurah, Murugan i in., 2019)
Alkohol poliwinylowy	PVA		Wysoka wytrzymałość na rozciąganie i elastyczność	stosowany jako separator wilgoci w foliach z tworzyw sztucznych	Bardzo powolny rozkład w glebie o temperaturze otoczenia	(Corti i in., 2002)
Polietero hydroksyestrowe	PHEE		wysoka odporność termiczna i chemiczna.	zwiększają wytrzymałość mechaniczną i wodoodporność mieszanki	Powolny rozkład w glebie o temperaturze otoczenia	(Shogren i in., 2003)
Polihydroksyalkaniany	PHA		Podobne do PP	opakowania	Powolny rozkład w glebie o temperaturze otoczenia	(Rudnik i Briassoulis, 2011a) (Chan, Vandi i in., 2019) (Umesh i Thazeem, 2019)
Poliglikolid	PGA		Wysoka wytrzymałość i sztywność	opakowania		
Bursztynian polibutylenu	PBS		Podobny do PP	opakowania	Powolny rozkład w glebie o temperaturze otoczenia	(Kim i in., 2006) (Wang, Liu i in., 2020)
Polikaprolakton	PCL		Dobra odporność na wodę, oleje, rozpuszczalniki i chlor	poprawia właściwości przetwórcze i udarność mieszanki	Prawie całkowity rozkład w glebie	(Calmon i in., 1999) (Al Hosni, Pittman i in., 2019)

Załącznik 5: Obfitość mikrodrobin plastiku w próbkach środowiskowych

Matryca	Opis	Liczebność [g kg ⁻¹]	Liczebność [cząsteczki kg ⁻¹]	Bibliografia
Gleba	W pobliżu obszaru przemysłowego w Australii	0,3-67		Fuller i Gautam (2016)
Gleba	Gleby terenów zalewowych w Szwajcarii	0,055	≤593	Scheurer i Bigalke (2018)
Gleba	Pola warzywne w Chinach (Szanghaj)		78,0 ± 12,9 (warstwa wierzchnia) 62,5 ± 13,0 (warstwa głęboka)	Liu i in. (2018) b
Gleba	Pola uprawne w Chinach (Szanghaj)	≤0,00054	40 ± 126 (warstwa wierzchnia) 100 ± 141 (warstwa głęboka)	Zhang i in. (2018) b
Gleba	Szklarnie w Chinach (Szanghaj)	≤0,00054	100 ± 254 (warstwa wierzchnia) 80 ± 193 (warstwa głęboka)	Zhang i in. (2018) b
Gleba	Gleby szklarni warzywnych w Chinach (Szanghaj)		7100-42 960	Zhang i Liu (2018)
Gleba	Leśna strefa buforowa w Chinach (Szanghaj)		8180-18 100	Zhang i Liu (2018)
Gleba	Zastosowanie osadów ściekowych w Chile		600-10 400	Corradini (2018)
Gleba	Gleby wzbogacone osadami ściekowymi i kompostem w sadzie cytrusowym, Chiny		545,9 ± 45,7 (po zastosowaniu 30 t/ha rocznie osadu) 87,6 ± 9,3 (po zastosowaniu 15 t/ha rocznie osadu)	Zhang i in. (2020)
Gleba	Mulczowanie gleb uprawnych w Chinach (Zatoka Hangzhou)		263	Zhou i in. (2020)
Gleba	Mulczowanie uprawy warzyw w Murcji, Hiszpania		2116 ± 1024	Beriot i in. (2020)
Gleba	Gleby wzbogacone osadami ściekowymi we wschodniej Hiszpanii		18 000 ± 15 940 tworzywo sztuczne o małej gęstości 32 070 ± 19 080 tworzywo sztuczne o dużej gęstości	van den Berg i in. (2020)
Tereny podmokłe	Miejskie pływowe mokradła słodkowodne w USA (Waszyngton, DC)		1270 ± 150	Helcoski i in. (2020)
Biota	dżdżownica ziemna <i>Lumbricus terrestris</i> wystawiona na działanie mikrodrobin plastiku w szalkach Petriego	4,5 ± 2,5		Huerta Lwanga i in. (2016)
Biota	Ptaki lądowe w Chinach (Szanghaj)		22,8 ± 33,4 na ptaka, 0-116 na ptaka	Zhao i in. (2016)
Biota	Mikrodrobiny plastiku w odchodach owiec w Murcji, Hiszpania		997 ± 971	Beriot i in. (2020)
Szlam	oczyszczalnia ścieków komunalnych w Nowym Jorku, USA		0-2000	Zubris i Richards (2005)
Szlam	oczyszczalnia ścieków komunalnych w Kalifornii, USA		5000	Carr i in. (2016)
Szlam	oczyszczalnia ścieków komunalnych w Irlandii		4200-15 000	Mahon i in. (2017)
Szlam	oczyszczalnia ścieków komunalnych w Chile		34 000	Corradini (2018)
Powietrze	Tereny miejskie i podmiejskie w Paryżu		2-355 cząstek/m ² dziennie	Dris i in. (2016)
Napoje	Piwo, woda butelkowana, woda z kranu		32,27, 94,37, 4,23 cząsteczek L-1	Cox i in. (2019)
Żywność	Owoce morza, cukier, miód, sól kuchenna		1,48, 0,44, 0,10, 0,11 cząsteczek g-1	Cox i in. (2019)

Załącznik 6: Potrzeby badawcze zidentyfikowane i uszeregowane według stopnia pilności przez ekspertów Grupy Fokusowej. Jedenaście z czternastu zaprezentowanych pomysłów zostało uznanych za priorytetowe przez ponad połowę ekspertów.



Bibliografia

- Accinelli, Cesare i in. (2020), „Persistence in soil of microplastic films from ultra-thin compostable plastic bags and implications on soil *Aspergillus flavus* population”, *Waste Management*, 113, 312-18.
- Arcos-Hernandez, Monica V. i in. (2012), „Biodegradation in a soil environment of activated sludge derived polyhydroxyalkanoate (PHBV)”, *Polymer Degradation and Stability*, 97 (11), 2301-12.
- Batista, K. C. i in. (2010), „Soil Biodegradation of PHBV/Peach Palm Particles Biocomposites”, *Journal of Polymers and the Environment*, 18 (3), 346-54.
- Beriot, Nicolas i in. (2021), „Low density-microplastics detected in sheep faeces and soil: A case study from the intensive vegetable farming in Southeast Spain”, *Science of The Total Environment*, 755, 142653.
- Bosker, Thijs i in. (2019), „Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant *Lepidium sativum*”, *Chemosphere*, 226, 774-81.
- Calmon, Anne i in. (1999), „Evaluation of Material Biodegradability in Real Conditions-Development of a Burial Test and an Analysis Methodology Based on Numerical Vision”, *Journal of environmental polymer degradation*, 7 (3), 157-66.
- Carol, Miles i in. (2017), „Suitability of Biodegradable Plastic Mulches for Organic and Sustainable Agricultural Production Systems”, *HortScience horts*, 52 (1), 10-15.
- Chae, Yooeun i An, Youn-Joo (2018), „Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review”, *Environmental Pollution*, 240, 387-95.
- (2020), „Nanoplastic ingestion induces behavioral disorders in terrestrial snails: trophic transfer effects via vascular plants”, *Environmental Science: Nano*.
- Chen, Yongshan i in. (2013), „Empirical estimation of pollution load and contamination levels of phthalate esters in agricultural soils from plastic film mulching in China”, *Environmental Earth Sciences*, 70 (1), 239-47.
- Corradini, Fabio i in. (2019), „Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal”, *Science of The Total Environment*, 671, 411-20.
- Corti, Andrea i in. (2002), „Biodegradation of poly(vinyl alcohol) in soil environment: Influence of natural organic fillers and structural parameters”, *Macromolecular Chemistry and Physics*, 203 (10-11), 1526-31.
- Cox, Kieran D. i in. (2019), „Human Consumption of Microplastics”, *Environmental Science & Technology*, 53 (12), 7068-74.
- de Souza Machado, Anderson Abel i in. (2019), „Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance”, *Environmental Science & Technology*, 53 (10), 6044-52.
- Ebere, Enyoh, Shafea, Leila, i Paredes, Marcel (2020), „Microplastics Exposure Routes and Toxicity Studies to Ecosystems: An Overview”, 35, e2020004.
- Espí, E. i in. (2006), „Plastic Films for Agricultural Applications”, *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 22 (2), 85-102.
- Galafassi, Silvia, Nizzetto, Luca, i Volta, Pietro (2019), „Plastic sources: A survey across scientific and grey literature for their inventory and relative contribution to microplastics pollution in natural environments, with an emphasis on surface water”, *Science of The Total Environment*, 693, 133499.
- Gao, Haihe i in. (2019), „Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis”, *Science of The Total Environment*, 651, 484-92.
- Gionfra, Susanna (2018), „Plastic pollution in soil”, w ISQAPER (red.), (IEEP).
- Gonçalves, S. P. C. i Martins-Franchetti, S. M. (2010), „Action of soil microorganisms on PCL and PHBV blend and films”, *Journal of Polymers and the Environment*, 18 (4), 714-19.
- Gonçalves, S. P. C., Martins-Franchetti, S. M. i Chinaglia, D. L. (2009), „Biodegradation of the Films of PP, PHBV and Its Blend in Soil”, *Journal of Polymers and the Environment*, 17 (4), 280.
- Hermabessiere, Ludovic i in. (2017), „Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review”, *Chemosphere*, 182, 781-93.
- Horton, Alice A. i Dixon, Simon J. (2018), „Microplastics: An introduction to environmental transport processes”, *WIREs Water*, 5 (2), e1268.
- Huerta Lwanga, Esperanza i in. (2017), „Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain”, *Scientific Reports*, 7 (1), 14071.
- Jiang, Xiaofeng i in. (2019), „Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant *Vicia faba*”, *Environmental Pollution*.

- Kim, Hee-Soo i in. (2006), „Biodegradability of bio-flour filled biodegradable poly(butylene succinate) bio-composites in natural and compost soil”, *Polymer Degradation and Stability*, 91 (5), 1117-27.
- Li, W. C., Tse, H. F. i Fok, L. (2016), „Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects”, *Science of The Total Environment*, 566-567, 333-49.
- Lucas, Nathalie i in. (2008), „Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques – A review”, *Chemosphere*, 73 (4), 429-42.
- Lv, Shanshan i in. (2017), „Biodegradation behavior and modelling of soil burial effect on degradation rate of PLA blended with starch and wood flour”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 159, 800-08.
- Miskolczi, N. i in. (2009), „Fuels by pyrolysis of waste plastics from agricultural and packaging sectors in a pilot scale reactor”, *Fuel Processing Technology*, 90 (7), 1032-40.
- Ng, Ee-Ling i in. (2018), „An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems”, *Science of The Total Environment*, 627, 1377-88.
- Palsikowski, Paula Alessandra i in. (2018), „Biodegradation in Soil of PLA/PBAT Blends Compatibilized with Chain Extender”, *Journal of Polymers and the Environment*, 26 (1), 330-41.
- Picuno P. (2018). „Agriculture: Polymers in Crop Protection”. *Encyclopedia of Polymer Applications*, Mishra, M. (red.), tom 1, str. 67-92. Set. Boca Raton: CRC Press.
- Picuno, Caterina i in. (2020), „Decontamination and recycling of agrochemical plastic packaging waste”, *Journal of Hazardous Materials*, 381, 120965.
- Prata, Joana Correia i in. (2020), „Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects”, *Science of The Total Environment*, 702, 134455.
- Qi, Yueling i in. (2018), „Macro- and micro- plastics in soil-plant system: Effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth”, *Science of The Total Environment*, 645, 1048-56.
- Rudnik, E. i Briassoulis, D. (2011a), „Comparative Biodegradation in Soil Behaviour of two Biodegradable Polymers Based on Renewable Resources”, *Journal of Polymers and the Environment*, 19 (1), 18-39.
- (2011b), „Degradation behaviour of poly(lactic acid) films and fibres in soil under Mediterranean field conditions and laboratory simulations testing”, *Industrial Crops and Products*, 33 (3), 648-58.
- Sander, Michael (2019), *Biodegradation of Polymeric Mulch Films in Agricultural Soils: Concepts, Knowledge Gaps, and Future Research Directions*.
- Sang, Byoung-In i in. (2001), „A kinetic analysis of the fungal degradation process of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) in soil”, *Biochemical Engineering Journal*, 9 (3), 175-84.
- Selke, Susan i in. (2015), „Evaluation of Biodegradation-Promoting Additives for Plastics”, *Environmental Science & Technology*, 49 (6), 3769-77.
- Shogren, R. L. i in. (2003), „Biodegradation of starch/poly(lactic acid)/poly(hydroxyester-ether) composite bars in soil”, *Polymer Degradation and Stability*, 79 (3), 405-11.
- Tao, Jian i in. (2009), „Thermal properties and degradability of poly(propylene carbonate)/poly(β -hydroxybutyrate-co- β -hydroxyvalerate) (PPC/PHBV) blends”, *Polymer Degradation and Stability*, 94 (4), 575-83.
- van den Berg, Pim i in. (2020), „Sewage sludge application as a vehicle for microplastics in eastern Spanish agricultural soils”, *Environmental Pollution*, 261, 114198.
- van Ginkel, C. G. (2007), „2.1 - Ultimate Biodegradation of Ingredients Used in Cleaning Agents”, w: Ingegård Johansson i P. Somasundaran (red.), *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces* (Amsterdam: Elsevier Science B.V.), 655-94.
- van Weert, Sander i in. (2019), „Effects of nanoplastics and microplastics on the growth of sediment-rooted macrophytes”, *Science of The Total Environment*, 654, 1040-47.
- Wang, Hao i in. (2015), „Soil burial biodegradation of antimicrobial biodegradable PBAT films”, *Polymer Degradation and Stability*, 116, 14-22.
- Wang, Shufang i in. (2005), „Characteristics and biodegradation properties of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)/organophilic montmorillonite (PHBV/OMMT) nanocomposite”, *Polymer Degradation and Stability*, 87 (1), 69-76.
- Weng, Yun-Xuan i in. (2013), „Biodegradation behavior of poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), poly(lactic acid) (PLA), and their blend under soil conditions”, *Polymer Testing*, 32 (5), 918-26.
- Yang, Feng ke i in. (2020), „An Approach to Improve Soil Quality: a Case Study of Straw Incorporation with a Decomposer Under Full Film-Mulched Ridge-Furrow Tillage on the Semiarid Loess Plateau, China”, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20 (1), 125-38.



Europejskie partnerstwo innowacyjne na rzecz wydajnego i zrównoważonego rolnictwa (EIP-AGRI) jest jednym z pięciu europejskich partnerstw innowacyjnych zainicjowanych przez Komisję Europejską w celu promowania szybkiej modernizacji poprzez intensyfikację działań w zakresie innowacji.

EIP-AGRI ma na celu katalizowanie procesu innowacji w **sektorach rolnictwa i leśnictwa** poprzez **łączenie badań z praktyką** – w ramach projektów badawczych i innowacyjnych, jak również *poprzez* sieć EIP-AGRI.

Europejskie partnerstwa innowacyjne mają na celu usprawnienie, uproszczenie i polepszenie koordynacji istniejących instrumentów i inicjatyw oraz, w razie potrzeby, uzupełnienie ich o odpowiednie działania. Dwa konkretne źródła finansowania są szczególnie ważne dla EIP-AGRI:

1. unijny program ramowy w dziedzinie badań i innowacji „Horyzont 2020”,
2. unijny program rozwoju obszarów wiejskich.

Grupa Fokusowa EIP AGRI* jest jednym z wielu różnych elementów składowych sieci EIP-AGRI, finansowanej w ramach unijnego programu rozwoju obszarów wiejskich. Pracując nad wąsko zdefiniowanym zagadnieniem, Grupy Fokusowe gromadzą tymczasowo około 20 ekspertów (rolników, doradców, naukowców, przedsiębiorstwa wyższego i niższego szczebla oraz organizacje pozarządowe) w celu określenia i opracowania rozwiązań w ich dziedzinie.

Konkretne cele Grupy Fokusowej to:

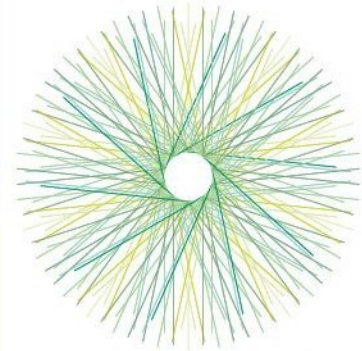
1. podsumowanie stanu praktyki i badań w swojej dziedzinie, z wyszczególnieniem istniejących problemów i możliwości;
2. określenie praktycznych potrzeb i zaproponowanie kierunków dalszych badań;
3. zaproponowanie priorytetów dla działań innowacyjnych poprzez sugerowanie potencjalnych projektów dla Grup Operacyjnych działających w ramach rozwoju obszarów wiejskich lub w ramach innych projektów; działania te mają na celu testowanie rozwiązań i możliwości, w tym sposobów upowszechniania zgromadzonej wiedzy praktycznej.

Wyniki są zazwyczaj publikowane w formie raportu w ciągu 12-18 miesięcy od utworzenia danej Grupy Fokusowej.

Eksperci są wybierani w ramach otwartego zaproszenia do składania ofert. Każdy ekspert jest powoływany na podstawie swojej osobistej wiedzy i doświadczenia w danej dziedzinie, a zatem nie reprezentuje żadnej organizacji ani państwa członkowskiego.

*Więcej szczegółów na temat celów i procesów działania Grupy Fokusowej EIP-AGRI podano w jej statucie na stronie:

http://ec.europa.eu/agriculture/eip/focus-groups/charter_en.pdf



eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



funded by  European Commission

Join the EIP-AGRI network &
register via www.eip-agri.eu