

eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



Grupa Fokusowa EIP-AGRI - Narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi

RAPORT KOŃCOWY
WRZESIEŃ 2022

Spis treści

1.	Podsumowanie wykonawcze.....	3
2.	Wstęp.....	5
3.	Krótko opis procesu.....	6
4.	Stan obecny.....	8
	Europejski Zielony Ład.....	8
	Strategia „od pola do stołu” i wspólna polityka rolna (WPR).....	8
	Horyzont Europa.....	9
	Zarządzanie składnikami odżywczymi w UE.....	9
5.	Opis kluczowych zagadnień.....	10
5.1.	Narzędzia wspierające zrównoważone zarządzanie składnikami odżywczymi.....	10
5.1.1.	Kryteria doboru narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi – perspektywa rolników.....	12
5.1.2.	Kryteria doboru narzędzia cyfrowego do zarządzania składnikami odżywczymi – perspektywa ekspertów ..	12
5.2.	Powszechnie używane narzędzia cyfrowe.....	13
5.2.1.	Przykłady dobrych narzędzi do planowania i zarządzania składnikami odżywczymi.....	14
5.3.	Dane, podstawy planowania.....	15
5.3.1.	Udostępnianie danych.....	16
5.3.2.	Jak przyspieszyć tempo wdrażania tych narzędzi.....	17
5.4.	Inne wymagane funkcje narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi.....	18
5.4.1.	Pomiar śladu węglowego rolnictwa.....	19
5.4.2.	Dobre przykłady.....	19
5.4.3.	Integracja rozważań dotyczących śladu węglowego.....	20
5.5.	Dlaczego rolnicy mogą wdrażać lub nie wdrażać narzędzi cyfrowych.....	21
5.5.1.	Główne powody za/przeciw wdrożeniu narzędzi cyfrowych.....	21
5.5.2.	Dobre przykłady i wyciągnięte wnioski.....	22
6.	Co możemy zrobić?.....	24
6.1.	Pomysły dla Grup Operacyjnych.....	24
6.2.	Potrzeby badawcze wynikające z praktyki.....	28
7.	Wnioski i zalecenia.....	30
8.	Bibliografia.....	33
	Załącznik 1: Lista ekspertów i członków zespołu wsparcia.....	34
	Załącznik 2: Lista mini prezentacji.....	35
	Załącznik 3: Narzędzia cyfrowe zidentyfikowane przez ekspertów Grupy Fokusowej.....	36
	Załącznik 4. Pomysły dla Grup Operacyjnych.....	38
	Załącznik 5. Mini prezentacja 1.....	40
	Załącznik 6. Mini prezentacja 2.....	89
	Załącznik 7. Mini prezentacja 3.....	98
	Załącznik 8. Mini prezentacja 4.....	113

1. Podsumowanie wykonawcze

Grupa Fokusowa EIP-AGRI ds. narzędzi cyfrowych do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi składa się z 20 ekspertów, w tym naukowców, doradców, urzędników służby cywilnej, rolników i przedstawicieli przemysłu. Celem prac było omówienie dostępnych narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi, powodów, dla których rolnicy używają lub nie używają ich w swoich gospodarstwach oraz potrzeby opracowania w przyszłości kolejnych narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi. Grupa zidentyfikowała cztery kluczowe tematy, na których należy się skupić:

- Wymagania dotyczące narzędzi zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi,
- Lepsze udostępnianie danych: wskazano na potrzebę stworzenia narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi cieszących się większym zaufaniem użytkowników oraz cechujących się większą precyzją
- W jaki sposób narzędzia cyfrowe mogą pomóc rolnikom w zmniejszeniu śladu węglowego związanego z odżywianiem roślin oraz
- Co zachęciłoby rolników do korzystania z tych narzędzi i jakie są bariery ograniczające ich wykorzystanie.

Chociaż na rynku dostępnych jest wiele narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi, wskaźnik wykorzystania tych narzędzi jest w Europie nadal bardzo niski. Rolnicy potrzebują narzędzi o następujących właściwościach i funkcjach:

- Przyjazne dla użytkownika narzędzia z prostym interfejsem i dobrym doświadczeniem użytkownika
- Możliwość współpracy z innymi narzędziami i źródłami danych
- Elastyczność oraz możliwość dostosowania do różnych środowisk i warunków rolniczych
- Właściwe narzędzia dostosowane do lokalnych warunków
- Elastyczne wspomaganie procesu decyzyjnego, które uwzględnia warunki panujące w bieżącym sezonie upraw (klimatyczne, finansowe itp.)
- Oparte na niezawodnych metodach i algorytmach, potwierdzone naukowo i opublikowane.
- Możliwość dostępu do publicznie dostępnych i istotnych danych.
- Wersje offline dla obszarów o ograniczonym zasięgu.

Opierając się na przykładach zebranych przez ekspertów Grupy Fokusowej, wydaje się, że obecnie rolnicy nie uważają udostępniania i kontroli danych za priorytet przy podejmowaniu decyzji o zastosowaniu narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi. W niedalekiej przyszłości będzie to kluczowy problem, ponieważ narzędzia stają się coraz bardziej złożone i wymagają większej ilości danych, co może stanowić duże obciążenie dla rolnika z powodu braku wymiany danych między platformami i bazami danych. Eksperti Grupy Fokusowej zalecają pilne udostępnienie większej ilości danych w celu wzmocnienia narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi. Narzędzia te nie mogą dostarczyć rolnikom właściwych porad dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi, jeśli nie mają dostępu do niezbędnych źródeł danych. Ponadto rolnicy nie będą korzystać z narzędzi, które wymagają ręcznego wprowadzania danych, które można łatwo zaimportować automatycznie. I co najważniejsze, rolnicy chcą zachować pełną kontrolę nad swoimi danymi.

Oprócz tych kluczowych funkcji i właściwości, przyszłe narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi powinny również koncentrować się na środowiskowych aspektach zarządzania składnikami odżywczymi. Wpływ rolnictwa na klimat jest zauważalny i oczywisty. Ma ono poważne konsekwencje dla klimatu na świecie. Głównymi źródłami emisji gazów cieplarnianych są karczowanie i uprawa gruntów, hodowla zwierząt, stosowanie nawozów i wykorzystywanie paliw kopalnych do produkcji surowców. Rolnictwo może być również znaczącym pochłaniaczem dwutlenku węgla. Istnieje wiele możliwości opracowania odpowiednich narzędzi w celu zmniejszenia śladu węglowego odżywiania roślin, ale potrzebne są dalsze badania i testy. Obecnie na rynku nie ma narzędzia zapewniającego kompleksowe rozwiązanie, ale niektóre narzędzia do zrównoważonego zarządzania gospodarstwami rolnymi określają ilościowo emisje pochodzące z zarządzania składnikami odżywczymi i mogą wspierać wypracowanie odpowiednich narzędzi służących do zmniejszania śladu węglowego związanego z odżywianiem roślin.

Eksperti Grupy Fokusowej przedstawili również pomysły dla Grup Operacyjnych EIP-AGRI i inne innowacyjne projekty (patrz rozdział [6.1. Pomysły Grup Operacyjnych](#)) oraz zidentyfikowali nowe potrzeby badawcze (patrz rozdział [6.2. Potrzeby badawcze wynikające z praktyki](#))

Główne tematy prac Grup Operacyjnych to:

- Analiza porównawcza składników odżywczych ziarna i liści.
- Testowanie i udostępnianie analizy obornika. Łączenie różnych narzędzi cyfrowych w celu dokładniejszego nawożenia (stosowanie zmiennego dawkowania).
- Testowanie i dzielenie się doświadczeniami w stosowaniu różnych typów czujników glebowych w różnych typach gleb.
- Przyspieszenie dostępności danych o składnikach odżywczych w celu uzyskania lepszych narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi.

Jeśli chodzi o zidentyfikowane potrzeby badawcze, należy przede wszystkim wymienić:

- Stworzenie lepszych metod oceny jakości / zdrowotności / właściwości gleb w odniesieniu do zarządzania składnikami odżywczymi.
- Bardziej zaawansowane, ukierunkowane na wyniki narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi, które będą wykorzystywać wyniki pobierania próbek gleby przed i po zbiorach w celu oceny programu zarządzania składnikami odżywczymi i uwzględnienia go w następnej fazie.
- Opracowanie narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji z wykorzystaniem technologii cyfrowych, które uwzględniają dostępną zawartość wody i zagęszczenie podglebia podczas planowania stosowania składników odżywczych i nawadniania.
- Zidentyfikowanie metod lepszego pomiaru i modelowania emisji gazów cieplarnianych, nie tylko na poziomie regionalnym, ale na poziomie gospodarstwa, dzięki bardziej szczegółowym i dostosowanym do potrzeb modelom.
- Lepsze, regularnie aktualizowane narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi, które będą w stanie uwzględnić w procesie planowania specyficzne potrzeby nowych odmian upraw. Narzędzia te powinny dotyczyć nie tylko upraw, ale również odmian. Powinny brać pod uwagę krzywe reakcji poszczególnych odmian w odniesieniu do skuteczności składników odżywczych.
- Wymogi dotyczące azotu w prawodawstwie powinny zostać zmienione ze względu na nowe odmiany roślin, nowe rodzaje nawozów, lepszą efektywność zarządzania składnikami odżywczymi, nowoczesne technologie rolnicze i wyższe plony.

W miarę definiowania coraz większej liczby wymagań dla narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi opracowywane będą coraz bardziej wyrafinowane i złożone narzędzia, co skutkować będzie zapotrzebowaniem na więcej danych, a w efekcie zwiększeniem wiedzy technicznej niezbędnej do ich obsługi. Aby zachęcić rolników do korzystania z tych narzędzi, należy znaleźć równowagę między kompleksowym podejściem a wykonalnością operacyjną. Narzędzia powinny koncentrować się na najważniejszych aspektach, przy jednoczesnym poszanowaniu zarówno ambicji środowiskowych, jak i ekonomicznych.

2. Wstęp

Strategia „od pola do stołu” w ramach **Europejskiego Zielonego Ładu** dowodzi, że nadmiar składników odżywczych w środowisku jest głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza, gleby i wody, co ma negatywny wpływ na różnorodność biologiczną i klimat. Komisja Europejska dąży do zmniejszenia strat składników odżywczych o co najmniej 50%, przy jednoczesnym utrzymaniu żyzności gleby na nie pogorszonej poziomie. Do 2030 roku zmniejszy to zużycie nawozów o co najmniej 20%. Bilans azotu brutto jest ważnym wskaźnikiem celu Zielonego Ładu.

Ulepszone zarządzanie składnikami odżywczymi w ramach bardziej zrównoważonych systemów rolniczych jest uwzględnione w zielonej architekturze nowej wspólnej polityki rolnej 2023–27 (WPR), przyczyniając się do realizacji kilku szczegółowych celów tej polityki.

W szczególności nowe rozporządzenie w sprawie WPR¹ wprowadza narzędzie do zarządzania zrównoważonym rozwojem gospodarstw rolnych w zakresie zarządzania składnikami odżywczymi (FaST) odnoszące się do aplikacji cyfrowych, które zapewniają wsparcie decyzji w gospodarstwie w zakresie zarządzania odżywianiem roślin, ze szczególnym uwzględnieniem azotu i fosforanów. Narzędzie(a) dostarczy informacji na temat bilansu składników odżywczych i gleby w skali pola, a także odpowiednich danych Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli oraz wymogów prawnych dotyczących składników odżywczych.

Poza narzędziem FaST rolnicy i doradcy mają do dyspozycji kilka innych narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji dotyczących zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi, opartych na różnych technologiach opracowanych w ramach projektów badawczych lub przez firmy prywatne. Narzędzia te dają możliwość przyspieszenia wdrażania przez rolników rozwiązań cyfrowych wykraczających poza sferę zarządzania składnikami odżywczymi, dodając i łącząc z innymi potencjalnymi funkcjami.

Pomimo tego, że narzędzia te oparte są na zaawansowanych algorytmach i metodologii, wykorzystują różnorodne źródła danych i zapewniają rolnikom lepsze wsparcie w podejmowaniu decyzji, stopień ich wykorzystania jest nadal niski.

W tym kontekście Grupa Fokusowa EIP-AGRI ds. „Narzędzi cyfrowych do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi” miała na celu zidentyfikowanie dobrych praktyk i inspirujących inicjatyw rozwijających, promujących i ułatwiających korzystanie z aplikacji cyfrowych w celu lepszego zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi w gospodarstwach rolnych. Aby osiągnąć zakładany cel zadania realizowane w trakcie prac Grupy Fokusowej koncentrowały się wokół następujących podtematów:

- Identyfikacja narzędzi cyfrowych obecnie używanych w gospodarstwach rolnych lub znajdujących się w fazie rozwoju
- Ocena poziomu wykorzystania i użyteczności tych narzędzi wśród rolników
- Identyfikacja potrzeb i luk w zakresie danych, tak aby umożliwić efektywne i oszczędne korzystanie z tych narzędzi
- Odniesienie się do głównych przeszkód utrudniających rolnikom rozpoczęcie korzystania z tych narzędzi
- Przytoczenie inspirujących przykładów narzędzi integrujących różne zbiory danych (zarówno z domeny publicznej, jak i prywatnej)
- Zbadanie jakie inne aspekty techniczne i środowiskowe mogłyby zostać uwzględnione za pomocą tych narzędzi (niezależnie od obecnego obszaru zastosowania)
- Propozycje potencjalnych innowacyjnych działań i pomysłów dla Grup Operacyjnych w celu stymulowania rozwoju, doskonalenia, wdrażania i wykorzystywania tych narzędzi na poziomie gospodarstw rolnych
- Wynikające z praktyki określenie potrzeb, a także wskazanie ewentualnych luk w wiedzy

¹ [REGULATION \(EU\) 2021/2115 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 2 December 2021 establishing rules on support for strategic plans to be drawn up by Member States under the common agricultural policy \(CAP Strategic Plans\) and financed by the European Agricultural Guarantee Fund \(EAGF\) and by the European Agricultural Fund for Rural Development \(EAFRD\) and repealing Regulations \(EU\) No 1305/2013 and \(EU\) No 1307/2013](#)

3. Krótko opis procesu

Grupa Fokusowa to powołana na czas określony grupa 20 ekspertów (**Załącznik 1**) o różnym doświadczeniu zawodowym. Grupa Fokusowa odbyła jedno spotkanie online w dniach 14–16 marca 2022 r., jedno spotkanie osobiste w Brukseli w dniach 15–16 czerwca 2022 r. oraz kolejne spotkanie online dla ekspertów, którzy nie mogli uczestniczyć w spotkaniu osobistym, które odbyło się 28 czerwca 2022 r.

Przed pierwszym spotkaniem eksperci otrzymali referat wstępny przygotowany przez Eksperta Koordynującego oraz zostali poproszeni o wypełnienie krótkiej ankiety na trzy tematy:

- Proszę zidentyfikować te narzędzia cyfrowe stosowane w zarządzaniu składnikami odżywczymi w Twoim kraju, które uważasz za najczęściej używane przez rolników; podać kryteria oceny ww. narzędzi cyfrowych oraz ocenić narzędzia według zaproponowanych kryteriów;
- Proszę wskazać bariery lub przeszkody utrudniające rolnikom korzystanie z tych narzędzi cyfrowych;
- Proszę wskazać inne techniczne, środowiskowe lub społeczno-ekonomiczne aspekty (lub funkcje), do których te narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi mogłyby się odnosić lub na które mogłyby mieć wpływ.

Zebrane informacje zostały zaprezentowane podczas pierwszego spotkania Grupy Fokusowej i posłużyły jako przedmiot refleksji.

Celem pierwszego spotkania było wypracowanie wspólnego rozumienia tematu oraz zorganizowanie pracy Grupy Fokusowej. Po wprowadzeniu czterech uczestników z różnych państw członkowskich przedstawiło cztery różne doświadczenia związane z narzędziami cyfrowymi. Ponadto Dyrekcja Generalna ds. Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich (DG AGRI) Komisji Europejskiej przedstawiła narzędzie do zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych w zakresie składników odżywczych (**FaST**). Po prezentacjach przedstawiono referat wstępny a także wyniki ankiety internetowej. Następnie eksperci przedstawili swoje przemyślenia na temat dotychczasowych wyników prac.



Rys. 1. Uczestnicy pierwszego spotkania Grupy Fokusowej

Podczas ostatniej części spotkania przedstawiono koncepcję i cel mini prezentacji. Następnie eksperci zaproponowali tematy, które należy poddać dalszej analizie w mini prezentacjach. Po pogrupowaniu i ustaleniu priorytetów wybrano cztery tematy mini prezentacji ([Załącznik 2](#)).

Podczas drugiego spotkania przedstawiono projekty mini prezentacji, po czym odbyła się dyskusja. W drugiej części dnia Grupa Fokusowa odwiedziła dwa flamandzkie gospodarstwa, które dostarczyły cennych informacji na temat poglądów rolników na tematy będące przedmiotem zainteresowania Grupy i pozwoliły ekspertom zobaczyć, jakie narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi były stosowane lub testowane w poszczególnych gospodarstwach.

Drugi dzień drugiego spotkania upłynął na omówieniu pomysłów, które będą przedstawione Grupom Operacyjnym EIP-AGRI, innych innowacyjnych projektów, a także wynikającemu z praktyki zapotrzebowaniu na dalsze badania.

Trzecie spotkanie – online – zorganizowano dla ekspertów nieobecnych na drugim spotkaniu. Skupiono się na nim na mini prezentacjach oraz na identyfikacji potrzeb badawczych wynikających z praktyki oraz pomysłów na potencjalne tematy dla Grup Operacyjnych.



Rys. 2. Uczestnicy drugiego spotkania Grupy Fokusowej

4. Stan obecny

Europejski Zielony Ład

Europejski Zielony Ład (EZŁ)² to plan uczynienia z Europy pierwszego kontynentu neutralnego dla klimatu do 2050 r. Europejski Zielony Ład to pakiet środków, które mają umożliwić europejskim obywatelom i przedsiębiorstwom czerpanie korzyści ze zrównoważonej transformacji ekologicznej. Dla Grupy Fokusowej istotne są różne strategie i inicjatywy wdrażające EZŁ. Oprócz strategii „od pola do stołu” do najbardziej istotnych z wyżej wspomnianych strategii i inicjatyw należą: strategia ochrony różnorodności biologicznej, strategia leśna wraz z propozycją nowego rozporządzenia mającego na celu ograniczenie wylesiania i degradacji lasów spowodowanej przez działania państw UE, plan działania na rzecz zerowego zanieczyszczenia oraz strategia w zakresie chemikaliów a także plan działania dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym.

Spośród nich nowa **Strategia UE na rzecz ochrony gleb 2030** jest kluczowym rezultatem unijnej strategii ochrony różnorodności biologicznej, ponieważ zdrowe gleby dostarczają 95% żywności, są siedliskiem ponad 25% różnorodności biologicznej i są największym rezerwuarem węgla na Ziemi.

Strategia „od pola do stołu” i wspólna polityka rolna (WPR)

U podstaw EZŁ leży „**strategia „od pola do stołu”**”³, której celem jest uczynienie systemów żywnościowych sprawiedliwymi, zdrowymi i przyjaznymi dla środowiska, co przyspieszy nasze przejście do zrównoważonego systemu żywnościowego.

Strategia „od pola do stołu” kładzie duży nacisk na zarządzanie składnikami odżywczymi i ma na celu zmniejszenie strat składników odżywczych o co najmniej 50%, przy jednoczesnym zachowaniu żyzności gleby. Do 2030 roku zmniejszy to zużycie nawozów o co najmniej 20%. Aby umocnić pozycję rolnictwa europejskiego w przyszłości, WPR ewoluowała przez lata, tak aby sprostać zmieniającym się warunkom gospodarczym oraz wymaganiom i potrzebom obywateli. Nowa WPR wspiera rolnictwo, aby w znacznie większym stopniu przyczyniało się ono do realizacji celów EZŁ, wykazując większe ambicje w zakresie ochrony środowiska, między innymi poprzez powiększenie znaczenia warunkowości w rolnictwie, wsparcie rolnictwa przyjaznego dla klimatu i środowiska za pomocą ekoprogramów oraz zwiększenie funduszy na działania wspierające klimat, różnorodność biologiczną, środowisko i dobrostan zwierząt.

Komisja będzie również współpracować z państwami członkowskimi w celu:

- rozszerzenia stosowania precyzyjnych technik nawożenia i zrównoważonych praktyk rolniczych, w szczególności na obszarach pod szczególną presją z powodu intensywnej hodowli zwierząt gospodarskich oraz
- rozszerzenia recyklingu odpadów organicznych w nawozy ze źródeł odnawialnych.

Działania te będą realizowane za pomocą środków takich jak narzędzie dotyczące zrównoważonego gospodarowania składnikami odżywczymi w gospodarstwach rolnych, inwestycje, usługi doradcze i unijne technologie kosmiczne (Copernicus, Galileo).

² [COM/2019/640 final. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee Of The Regions. The European Green Deal](#)

³ [COM/2020/381 final. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system](#)

Narzędzie FaST i FaST Navigator

Rozporządzenie WPR stanowi, że Komisja może udzielić wsparcia państwom członkowskim w opracowaniu narzędzia zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych w zakresie składników odżywczych. Głównym celem FaST jest sprawienie, aby plany zarządzania składnikami odżywczymi z wykorzystaniem technologii cyfrowych były powszechnie stosowane. Komisja wspiera państwa członkowskie we wdrażaniu narzędzia cyfrowego zgodnego co najmniej z minimalnymi wymaganiami rozporządzenia WPR (platforma FaST) oraz opracowywaniu nowych algorytmów udzielania porad dotyczących stosowania nawozów (FaST Navigator).

Platforma FaST to elektroniczne narzędzie wspomagające gospodarstwa w podejmowaniu decyzji o stosowaniu nawozów, a jego główne funkcje można rozszerzyć tak, aby wspierało inne cele zrównoważonego rozwoju. Poza minimalnymi wymaganiami WPR platforma FaST zawiera dodatkowe funkcje do wizualizacji danych ze zdjęć satelitarnych (Copernicus) i korzystania z usług Galileo, takich jak zdjęcia ze znacznikami geograficznymi. W pierwszych dwóch etapach projektu platforma została wdrożona w następujących regionach/krajach:

Andaluzja (Hiszpania), Kastylia i Leon (Hiszpania), Estonia, Piemont (Włochy), Walonia (Belgia), Bułgaria, Grecja, Rumunia i Słowacja.

Wyniki badania przeprowadzonego przy użyciu FaST Navigator zostały opublikowane w 2022 r. i stanowią one podstawę porad dotyczących zapotrzebowania roślin na składniki odżywcze oraz oceny emisji i usuwania gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa rolnego. Głównymi wynikami badań są algorytmy służące do oceny zapotrzebowania roślin na składniki odżywcze i nawozy. Algorytmy te korzystają z różnych danych, począwszy od najbardziej podstawowych, dostępnych na poziomie gospodarstwa rolnego (uprawa, zakładany plon, typ gleby, itp.) po zaawansowane algorytmy, które wykorzystują wszystkie istotne dane do zarządzania składnikami odżywczymi (prognoza pogody, analizy gleby, płodozmian, dane z obserwacji ziemi itp.). Algorytmy te ułatwią wdrożenie FaST, zapewniając ustandaryzowane odniesienie do procedur obliczeniowych. Będą w pełni otwarte, co ułatwi przyjęcie tej metodologii w różnych środowiskach.

Narzędzie FaST nie jest obowiązkowe, państwa członkowskie mogą korzystać z tego systemu opracowanego przez Komisję lub mogą rozwijać własne systemy lub korzystać z istniejących usług, jeśli spełniają minimalne wymagania i funkcjonalności wskazane w WPR.



Horyzont Europa

Horyzont Europa, unijny program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji na lata 2021-2027, jest jednym z narzędzi pomagających osiągnąć cele EZŁ. Ułatwia on współpracę i wzmacnia znaczenie badań naukowych i innowacji. W 2021 r. UE uruchomiła 5 misji unijnych w ramach programu Horyzont Europa. Jedną z takich misji jest „A Soil Deal for Europe”, która przyczynia się do realizacji celów EZŁ w zakresie zrównoważonego rolnictwa, odporności na zmianę klimatu, różnorodności biologicznej i zerowego poziomu zanieczyszczeń. Jest to również sztandarowa inicjatywa „**Długoterminowej wizji dla obszarów wiejskich UE**”. Ponadto wielu **kandydatów do partnerstwa programu Horyzont** zajmuje się podobnymi zagadnieniami co Grupa Fokusowa.

Zarządzanie składnikami odżywczymi w UE

Zużycie nawozów nieznacznie wzrosło w ciągu ostatniej dekady. Stosowanie azotu wzrosło o 1,9% w latach 2008-2018, podczas gdy zużycie fosforu spadło o 1,2%.



Rys.2. Szacunkowe zużycie nawozów mineralnych przez rolnictwo UE-27, 2008-2018 (Źródło: Eurostat)

W rolnictwie UE kluczowym wyzwaniem w zakresie zarządzania składnikami odżywczymi jest zapewnienie dostępności niezbędnych ilości składników odżywczych we właściwym czasie, przy jednoczesnym ograniczeniu nadmiernego zużycia składników odżywczych i zapobieganiu wypłukiwaniu ich do zbiorników wodnych. W 2015 r. rolnictwo UE było odpowiedzialne za 94% emisji amoniaku (Eurostat, 2017) i od 22% do 99% całkowitej emisji azotu do środowiska, średnio 77%, co czyni je największym źródłem emisji (KE, 2021). Emisje te pochodzą z kilku obszarów, w tym między innymi z produkcji nawozów, stosowania nawozów i obornika, hodowli zwierząt. Godny uwagi jest również wpływ na klimat, ponieważ ponad 2% całkowitej emisji gazów cieplarnianych w UE pochodzi ze stosowania nawozów sztucznych. To około 20% emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa. Oprócz wpływu na środowisko i klimat, intensywne rolnictwo i nadmierne stosowanie nawozów wpłynęły również na stan gleby i potencjał plonowania. Intensywne rolnictwo zmniejsza różnorodność biologiczną gleby poprzez kilka mechanizmów (np. zmiany warunków fizycznych, zagęszczanie, zabójczy lub szkodliwy wpływ pestycydów i herbicydów na faunę i florę glebową oraz nawozy nieorganiczne), czyniąc gleby mniej wydajnymi, bardziej wrażliwymi na zdarzenia pogodowe, takie jak ekstremalne susze i opady deszczu oraz redukuje materię organiczną (Tsiafouli i in., 2015). Chociaż nawozy organiczne mogą poprawić niektóre wskaźniki stanu gleby, ich nadmierne stosowanie jest również znaczącym źródłem emisji azotu i fosforu.

Z tych powodów UE kontroluje stosowanie nawozów na gruntach ornych i użytkach zielonych, wykorzystując plany zarządzania składnikami odżywczymi jako narzędzie monitorowania i kontroli. Plany te wykorzystywane są w ramach WPR od kilku lat. Na przykład otrzymały one wsparcie w ramach programów rolnośrodowiskowych w dwóch poprzednich okresach programowania, a także stanowiły część ustawowych wymogów w zakresie zarządzania (SMR) zasady wzajemnej zgodności (rozporządzenie (UE) nr 1306/2013) – w szczególności SMR1 w odniesieniu do dyrektywy azotanowej (dyrektywa Rady 91/676/EWG) (ENRD, 2018).

5. Opis kluczowych zagadnień

5.1. Narzędzia wspierające zrównoważone zarządzanie składnikami odżywczymi

Narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi mogą koncentrować się na zmniejszaniu wpływu na środowisko, zwłaszcza azotu i fosforu, minimalizowaniu strat tych składników odżywczych lub zwiększaniu efektywności i opłacalności zarządzania składnikami odżywczymi, szczególnie w produkcji roślinnej. Jeśli chodzi o pierwszy z wymienionych celów narzędzia te powinny być używane przez wszystkich rolników na określonym obszarze, np. w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami zgodnie z dyrektywą azotanową i powinny być łatwe do zastosowania. Używanie tych narzędzi do drugiego z wymienionych celów powinno być upowszechniane wśród rolników, którzy zamierzają maksymalizować swoje dochody. Narzędzia te są jednak zwykle używane tylko przez niewielką liczbę rolników. Tak czy inaczej, planowanie stosowania środków odżywczych powinno składać się z czterech podstawowych kroków: (a) określenie odpowiedniej ilości składników odżywczych dla danej uprawy, (b) odpowiednie nawożenie uprawy, a następnie (c) monitorowanie i (d) ocena faktycznego dawkowania składników odżywczych. Te cztery kroki powinny być wykonywane cyklicznie:

- a) Rolnicy zwykle **planują nawożenie** w oparciu o swoje doświadczenie i/lub uproszczone tabele zapotrzebowania roślin na składniki odżywcze. Podstawowe planowanie odbywa się na podstawie plonów oczekiwanych na początku sezonu uprawnego. Istnieje kilka narzędzi, które obliczają zapotrzebowanie upraw na składniki odżywcze na podstawie bilansu masowego pomiędzy składnikami dostarczonymi glebie (nawozy, obornik, pozostałości po poprzednich uprawach, depozycja atmosferyczna, uwalnianie składników z rezerw glebowych) a produktami wyjściowymi (zbiory, gdzie usuwanie składników odżywczych z gleby zależy od wysokości plonów). Planowanie powinno odbywać się starannie, w oparciu o wiarygodne cele i sprawdzone modele. Istnieje wiele różnych technologii, narzędzi i technik, które są dostępne dla rolników i które mogą wspierać ich w podejmowaniu decyzji i optymalizowaniu zarządzania składnikami odżywczymi. Mimo że narzędzia te są powszechnie dostępne w większości krajów UE, nikt jak dotąd nie dokonał ich porównania pod względem dokładności i przydatności w różnych regionach klimatycznych, glebowych i środowiskowych.
- b) **Stosowanie nawozów organicznych i nieorganicznych** jest kluczowym elementem produkcji roślinnej. Maszyny używane do tego celu zależą od rodzaju produktu i uprawy. Proces stosowania składników odżywczych zaczyna się od właściwej kalibracji sprzętu. Aby prawidłowo przygotować maszynę do pracy należy wziąć pod uwagę właściwości fizyczne nawozu: rozkład wielkości cząstek i gęstość nasypową, jeśli jest to substancja stała, oraz natężenie przepływu. W przypadku nawozów organicznych, np. za pomocą spektroskopii w bliskiej podczerwieni potrafimy określać ilość zastosowanych składników odżywczych w rzeczywistym czasie i przestrzeni oraz łączyć te dane z danymi z innych narzędzi cyfrowych. Narzędzia cyfrowe mogą zatem poprawić wydajność składników odżywczych, ale ich użycie musi być poprzedzone właściwą kalibracją maszyny. Stosowanie zmiennej dawki (VRA): jeśli dane dotyczące planowania zmiennej dawki są wiarygodne i odzwierciedlają rzeczywiste warunki polowe i środowiskowe, może to znacznie poprawić efektywność i zrównoważenie zarządzania składnikami odżywczymi, jednocześnie zmniejszając obciążenie dla środowiska wynikające z niewłaściwego zarządzania substancjami odżywczymi. Mimo że technologia może znacznie usprawnić zarządzanie składnikami odżywczymi, jeśli dane wykorzystywane do planowania VRA są nierzetelne lub niskiej jakości, może dojść do zmniejszenia wydajności i zwiększenia uwalniania składników odżywczych do środowiska. W związku z tym dane te muszą być starannie zebrane i zweryfikowane przed zastosowaniem VRA.
- c) Aby promować bardziej efektywne stosowanie nawozów (mineralnych lub organicznych) i zmniejszać ich wpływ na środowisko, (1) należy promować **narzędzia zdolne do monitorowania nawożenia w trakcie sezonu**, które umożliwiają wprowadzanie poprawek do pierwotnych planów nawożenia (np. czujniki azotu instalowane na ciągnikach lub obsługiwane z dronów lub poprzez teledetekcję satelitarną, złożoną analizę składników odżywczych w liściach lub analizę zbiorów zboża); (2) **monitoring międzysezonowy** – z kolei – powinien być stosowany do oceny efektywności procesu nawożenia. Bilans składników odżywczych to narzędzie monitorowania *ex post* do oceny procesu nawożenia, a nawet zarządzania składnikami odżywczymi w gospodarstwie (budżet wyjściowy).
- d) Nowe narzędzia do oceny/diagnostyki powinny spełniać kilka wymagań: być ekonomiczne i proste w użyciu, ułatwiać diagnostykę w czasie rzeczywistym, mierzyć poruszanie się i dostępność składników odżywczych, ze szczególnym uwzględnieniem wyplukiwania poniżej strefy korzeniowej, oraz powinny prowadzić do poprawy warunków rolniczych, gospodarczych i środowiskowych. Powinny być również praktyczne w użyciu, ich wyniki powinny opierać się na rzetelnej wiedzy naukowej, powinny współgrać z nowymi trendami np. z gospodarką współdzielenia, dostarczając przy tym informacje przydatne każdemu rolnikowi, dotyczące zarówno rentowności, jak i kwestii związanych z ochroną środowiska. Nowe narzędzia cyfrowe powinny oferować rolnikom, przedsiębiorstwom, spółdzielniom lub konsultantom rolniczym praktyczne i satysfakcjonujące rozwiązania z dobrym stosunkiem kosztów do korzyści. Powinna również istnieć możliwość dostosowania nowych narzędzi cyfrowych do celów gospodarstwa, takich jak optymalna wydajność, zwiększenie poziomu materii organicznej w glebie lub przestrzeganie określonych dobrowolnych lub obowiązkowych zasad produkcyjnych.

5.1.1. Kryteria doboru narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi – perspektywa rolników

Zaprojektowanie skutecznego narzędzia cyfrowego do zarządzania składnikami odżywczymi nie jest tak proste, jak mogłoby się wydawać, co wynika z wymagań omówionych w poprzednim rozdziale. Powody dla których rolnicy mogą nie korzystać z narzędzi cyfrowych są bardzo zróżnicowane. Z ustaleń Grupy Fokusowej wynika, że rolnicy poszukują głównie narzędzi, które są łatwe w użyciu, mają udowodnioną opłacalność, można je dostosować do warunków lokalnych i umożliwiają dzielenie się informacjami z doradcami zewnętrznymi, zmniejszając obciążenia administracyjne (Tabela 2.).

Tabela 2. Wyniki ankiety eksperckiej, kryteria stosowane przez rolników wobec narzędzi cyfrowych

Kryteria dla narzędzi cyfrowych	Ważność (Miejsce)
Prosty, przyjazny dla użytkownika, dostępny	1
Stosunek koszt/korzyść (najlepiej darmowe)	2
Wiarygodne, dokładne, naukowo uzasadnione, regularnie aktualizowane, skuteczne	3
Bezpośrednia pomoc doradcy	4
Możliwość dostosowania do lokalnych warunków i praktyk	5
Możliwość generowania dokumentów administracyjnych/Dane historyczne	6
Zgodność z prawem, Bezpieczeństwo danych	7
Zintegrowane zarządzanie (środowisko, składniki odżywcze)	8
Kompatybilne z innymi programami	9
Poszerzona sieć/doświadczenia	10

W oparciu o powyższe punkty kilka różnych – głównie technicznych – aspektów sprawiłoby, że narzędzia byłyby atrakcyjne dla rolników, co mogłoby zwiększyć stosowanie przez nich technologii cyfrowych:

- Łatwe w użyciu, przyjazne dla użytkownika narzędzia z prostym interfejsem użytkownika i dobrym doświadczeniem użytkownika.
- Interoperacyjność z innymi narzędziami, źródłami danych itp.
- Elastyczność i dostosowanie do różnych środowisk i warunków rolniczych.
- Narzędzia dostosowane do lokalnych warunków.
- Dynamiczne wspomaganie decyzji uwzględniające cechy aktualnego okresu wegetacyjnego (klimatyczne, finansowe itp.).
- Wiarygodność wyników dzięki sprawdzonym, uzasadnionym naukowo i opublikowanym metodom.
- Dostęp do publicznie dostępnych i istotnych danych.
- Wersja offline dla obszarów o ograniczonym zasięgu sieci.

5.1.2. Kryteria doboru narzędzia cyfrowego do zarządzania składnikami odżywczymi – perspektywa ekspertów

Oprócz oceny narzędzia i jego zastosowania z punktu widzenia rolnika, ważna jest również ocena narzędzi z naukowego punktu widzenia. Naukowy punkt widzenia jest zwykle zgodny z potrzebami rolników. Najważniejsze kryteria oceny narzędzia cyfrowego do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi to:

- Łatwość obsługi
 - Zminimalizowana konieczność ręcznego wprowadzania danych przez użytkownika (rolnika), zautomatyzowane gromadzenie danych przy pomocy publicznych baz danych, systemów maszynowych itp.
 - Import i eksport danych musi być prosty i kompatybilny z różnymi formatami i modelami danych.
 - Interpretacja powinna być łatwa do zrozumienia, najlepiej wizualna, należy unikać dostarczania nieprzetworzonych, niezinterpretowanych danych.
 - System powinien być w stanie „rozвивać się wraz z użytkownikiem”, z większą liczbą funkcjonalności dostępnych dla bardziej doświadczonych użytkowników, ale pozostając wciąż użytecznym jako podstawowy system dla tych z mniejszym doświadczeniem.
 - Bieżące wsparcie techniczne, ponieważ często napotkane problemy wymagają natychmiastowego rozwiązania.
 - Niski koszt wejścia i wyjścia (łatwość importu i eksportu danych do i z narzędzia).
- Koszt/korzyść
 - Narzędzia muszą zapewniać użytkownikowi wyraźnie dodatni bilans kosztów i korzyści, który można mierzyć na kilka sposobów, takich jak zwiększona rentowność dzięki oszczędnościom lub wyższe plony. Jako korzyść można również wymienić zmniejszenie obciążenia pracą biurową dzięki efektywnemu raportowaniu.
 - Stosunek kosztów do korzyści różni się w zależności od priorytetów gospodarstwa, na przykład gromadzenie i integracja danych może być wartością dodaną dla niektórych gospodarstw, podczas gdy funkcjonalność polegająca na wsparciu w procesie decyzyjnym jest minimalnym wymogiem dla innych.
 - Zysk z użytkowania systemu musi wyraźnie przewyższać koszt inwestycji.
- Wielofunkcyjność
 - Narzędzie powinno wspierać różne aspekty zarządzania składnikami odżywczymi, takie jak produkcja (tj. nawożenie, nawadnianie, płodozmian itp.), środowisko (tj. wymywanie azotanów i fosforu, emisje gazów cieplarnianych i amoniaku, stan gleby itp.), aspekty ekonomiczne (koszt materiału wejściowego i jego aplikacji), przestrzeganie obowiązków sprawozdawczych zgodnie z lokalnymi przepisami, integracja z łańcuchem dostaw (np. certyfikacja, identyfikowalność).
- Dokładność i solidność danych i modeli wykorzystywanych przez narzędzie, dostosowanie do warunków lokalnych
 - Narzędzie powinno dostarczać odpowiednio zweryfikowanych, uzasadnionych naukowo porad opartych na informacjach dostarczonych przez użytkownika.
 - Narzędzie powinno również dostarczać wskazówek co do wiarygodności rekomendacji w oparciu o jakość danych dostarczonych przez użytkownika i przewidywania zastosowanego modelu.
 - Powinno być dostosowane do warunków lokalnych, w tym do rodzaju gospodarstwa, warunków środowiskowych, otoczenia prawnego.
- Dostęp do danych, przejrzystość i bezpieczeństwo
 - Narzędzia powinny wykorzystywać dane, które są łatwo dostępne dla rolnika, zarówno na terenie gospodarstwa, jak i poza nim.
 - Rolnicy powinni mieć kontrolę nad tym, jakie dane udostępniają i komu. Należy zdefiniować różne poziomy użytkowników (zainteresowane strony, takie jak doradcy, inni rolnicy, administracja publiczna itp.) z różnymi poziomami dostępu do danych, które rolnik będzie mógł dostosować zgodnie ze swoimi preferencjami.
 - Twórcy narzędzi powinni komunikować się i informować, czy ich modele/algorytmy są oparte na próbach terenowych, przepisach prawnych, danych empirycznych itp.

5.2. Powszechnie używane narzędzia cyfrowe

Zidentyfikowane przez ekspertów najczęściej używane typy narzędzi (Tabela 3) lub narzędzia zalecane (**Załącznik 3**) często nie spełniają kompleksowych wymagań określonych w poprzednich rozdziałach.

Na podstawie wyników ankiety wydaje się, że najpowszechniej stosowanym narzędziem cyfrowym są różne rodzaje aplikacji do zarządzania składnikami odżywczymi. Oczekuje się, że wykorzystanie tych narzędzi wzrośnie ze względu na rozpowszechnienie technologii rolnictwa precyzyjnego lub z powodu zobowiązań prawnych nałożonych przez plan działania w zakresie azotu w przypadku rolnictwa w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami.

W cyfrowym rolnictwie arkusze kalkulacyjne są bardzo popularną i powszechną aplikacją. Albo w formie prostej tabeli, albo jako niestandardowy plik dostarczony przez władze lokalne lub deweloperów.

Złożone aplikacje do zarządzania gospodarstwem, które mogą gromadzić dane maszynowe, udostępniać bardziej złożone funkcje raportowania, często również narzędzia do monitorowania i prognozowania, stają się coraz bardziej powszechne wśród rolników, częściowo dzięki dostawcom maszyn, którzy często dołączają do nich odpowiednie oprogramowanie.

Wykorzystanie zdjęć satelitarnych, zwłaszcza z satelity Sentinel Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), oraz udział rolnictwa precyzyjnego gwałtownie wzrasta i oczekuje się, że tendencja ta utrzyma się w przyszłości ze względu na niski koszt i łatwy dostęp do zdjęć w wysokiej rozdzielczości. Analiza gleby jest nadal ważną częścią zarządzania składnikami odżywczymi. Przechodzi ona obecnie transformację wraz z odejściem od metod opartych na chemii mokrej w kierunku zaawansowanych czujników i skanerów gleby. Metody te pozwolą znacznie skrócić czas pomiędzy pobraniem próbki gleby a aplikacją materiałów wejściowych. Systemy zmiennego dawkowania, które są ważnym elementem rolnictwa precyzyjnego dostosowanymi do danego gospodarstwa, mogą być bardzo dobrze połączone z aplikacjami do zarządzania składnikami odżywczymi. W praktyce często są one dostępne jako bardziej zaawansowana wersja tej samej aplikacji lub można je połączyć z aplikacjami dostawców zdjęć satelitarnych. Jednak w innych przypadkach istnieje rozbieżność między aplikacjami służącymi do planowania zmiennego dawkowania a dobrymi algorytmami bilansowania/planowania azotu, co może zmniejszyć wydajność i naukową rzetelność tych aplikacji. Inne wymienione narzędzia obejmowały prognozy pogody, aplikacje do zarządzania produktami mlecznymi, analizę liści i ziarna itp.

Tabela 3. Wyniki ankiety eksperckiej, narzędzia i technologie cyfrowe powszechnie wykorzystywane przez rolników

Odpowiedź	Ważność (Miejsce)
Aplikacja do monitorowania i planowania składników odżywczych	1
Arkusz kalkulacyjny (lub formularze dostarczone przez władze lokalne itp.)	2
System zarządzania gospodarstwem	3
Zdjęcie satelitarne	4
Analiza czujników gleby	=
System zmiennego dawkowania/Rolnictwo precyzyjne	=
Księgowość, aplikacje do zarządzania finansami	5
Prognoza pogody	6
Narzędzia obowiązkowe na mocy dyrektywy azotanowej	=
Aplikacje do hodowli krów mlecznych	=
Czujniki analizy liści	=
Czujniki analizy ziarna	=

5.2.1. Przykłady dobrych narzędzi do planowania i zarządzania składnikami odżywczymi

Co prawda narzędzia spełniające wszystkie omówione wcześniej wymagania są trudno dostępne na rynku, dostępne są jednak narzędzia, które spełniają kilka z tych funkcji, a wiele z nich zostało opracowanych w ramach różnych projektów naukowych finansowanych przez UE. Poniżej prezentujemy kilka narzędzi, które są również zastosowane w FaST. W celu udostępnienia informacji o większej liczbie narzędzi dostępnych na rynku, w ramach projektu H2020 [Fairshare](#) przedstawiono wykaz istniejących cyfrowych narzędzi i usług doradczych (DATS).

1. **Fertilicalc** (Villalobos i Fereres, 2016) pozwala użytkownikowi obliczyć zapotrzebowanie na N, P i K w sezonie oraz najbardziej ekonomiczną kombinację nawozów sztucznych dla 149 upraw. Narzędzie szacuje również bilans Ca, Mg i S oraz bilans zakwaszenia (CaCO_3 , kg/ha). Fertilicalc jest darmowym narzędziem, a jego algorytm został wybrany przez EC FAST Phase I jako rdzeń narzędzia SATIVUM, które obejmuje wszystkie działki i informacje o uprawach ze Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli WPR. Fertilicalc proponuje różne strategie nawożenia w zależności od potrzeb użytkownika:

- Strategia wystarczalności: stosuje P lub K tylko wtedy, gdy poziom składników odżywczych w glebie jest poniżej ustalonego progu.
 - Akumulacja i utrzymanie (minimalna ilość nawozów): nawóz jest dodawany, aby zrekompensować straty P i K w gospodarstwie i sprowadzić poziom składników odżywczych w glebie do wartości progowych.
 - Akumulacja i utrzymanie (maksymalny plon): podobna do poprzedniej strategii, ale koncentrująca się na parametrach, które prowadzą do maksymalnego plonu, zapobiegając niedoborom składników odżywczych.
2. **AGROgestor** został opracowany w ramach projektu LIFE+11 ENV/ES/641 sigAGROasesor. Posiada dwie połączone ze sobą platformy z narzędziami służącymi do doradztwa w gospodarstwach rolnych oraz do wspomaganie zbiorowego zarządzania uprawami. Modele narzędzi wspomaganie decyzji umożliwiają zintegrowanie istniejącej wiedzy i zarządzania składnikami odżywczymi (N, P i K) z warunkami każdej uprawy w każdym sezonie na określonej działce, z charakterystyką gleby, rodzajem zarządzania i warunkami pogodowymi. Platforma Agrogestor/Agroasesor jest zarządzana przez konsorcjum podmiotów publicznych, dostęp jest ograniczony do osób uprawnionych.
 3. **FATIMA** to projekt H2020, z komercyjnymi wersjami jego narzędzi aktywnie używanymi przez **AgriSat** w aplikacji FertiMaps i Ariespace. Model FATIMA działa w różnych skalach, od pojedynczych działek po zlewnie. Narzędzie ma pięć połączonych ze sobą poziomów: modułowy pakiet technologiczny (oparty na integracji obserwacji Ziemi i bezprzewodowych czujników webGIS), pakiet prac polowych (badanie możliwości poprawy stanu gleby i zasobów oraz zarządzania nimi), zestaw narzędzi do współtworzenia platformy, zintegrowane wieloskalowe ramy analizy ekonomicznej oraz zestaw analiz polityki opartych na wskaźnikach, rachunkowości i ocenie skutków. FATIMA dostarcza mapy nawadniania i nawożenia, które można wykorzystać w obsłudze maszyn używanych w rolnictwie precyzyjnym.

Inne przykłady narzędzi cyfrowych o dużym potencjale

Niedawno (listopad 2021 r.) firma Frutinter z Hiszpanii uzyskała pierwszą certyfikację śladu azotanowego¹ po pomiarze stężenia wyplukiwanych azotanów na głębokości (4-8 m) zgodnie z protokołem certyfikacji ad-hoc ustanowionym przez firmę Rina Services S.p.A. i firmę Wtech. Osiągnięcie to wymagało zastosowania zaawansowanego sprzętu do monitorowania roślin i gleby w celu modyfikacji decyzji dotyczących nawadniania i odżywiania². Ślad azotanowy dotyczy tego, co dzieje się na głębokości, ale musi również mierzyć „identyfikowalność” azotanów w glebie na obszarze rolniczym³ (korzeń i pobliska gleba drenażowa) oraz w roślinach, klimacie itp., aby rolnik mógł zidentyfikować dobre praktyki, utrzymać lub poprawić rentowność, jednocześnie minimalizując zanieczyszczenie substancjami biogennymi, w oparciu o własne doświadczenie.

Metoda niezależnej certyfikacji zanieczyszczenia azotanami i możliwość pomiaru dziennych zmian poziomu azotanów w glebie (strefa korzeniowa i drenaż) zapewnią nowe możliwości współpracy między władzami, technikami, naukowcami i spółdzielniami. Będzie to wymagało zastosowania tych nowych technologii, aby zebrać doświadczenia w różnych uprawach i obszarach w Europie w celu ulepszenia planów nawożenia dla najważniejszych upraw na każdym obszarze. Te narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi mogą koncentrować się na zmniejszaniu wpływu na środowisko, minimalizowaniu strat azotanów lub zwiększaniu efektywności i opłacalności zarządzania składnikami odżywczymi, szczególnie w intensywnej produkcji roślinnej, np. produkcji warzyw lub owoców.

1. <https://www.frutidor.es/newsdetail.aspx?idn=57440>
2. <https://www.laverdad.es/nuestra-economia/wtech-metodologia-novedosa-0211106002328-ntvo.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.laverdad.es%2Fnuestra-economia%2Fwtech-metodologia-novedosa20211106002328-ntvo.html>
3. <https://verdtech.es/la-sonda-nutrisens-ayuda-a-frutinter-s-l-a-conseguir-clementinas-certificadas-con-huella-denitrato-cero/>

Więcej na ten temat w [Mini prezentacji 3.](#)

5.3. Dane, podstawy planowania

Eksperti Grupy Fokusowej zauważyli, że narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi wymagają kilku ulepszeń w celu zwiększenia poziomu ich wykorzystania, a najważniejszym z nich jest dostępność danych. Należy włożyć wiele wysiłku, aby zasilić te narzędzia precyzyjnymi, wysokiej jakości zestawami danych, ponieważ narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi stają się inteligentniejsze i działają lepiej, gdy są zbudowane na bardziej precyzyjnych i większych zbiorach danych. Badania prowadzone w gospodarstwach rolnych można wykorzystać do tworzenia różnorodnych zestawów danych. Chociaż dostępność danych jest jednym z głównych czynników ograniczających szersze wykorzystanie tych narzędzi, w procesie planowania zarządzaniem

składników odżywczych należy również wziąć pod uwagę wiarygodność i precyzję danych. Niektóre podstawowe informacje niezbędne do planowania, takie jak główna uprawa i poprzednia uprawa, oczekiwany plon, rodzaje nawozów, są proste, inne, takie jak granice pól, rodzaj gleby, stan odżywienia gleby, zawartość składników odżywczych w polach uprawnych i oborniku, mogą być mniej wiarygodne lub nieznanne. Może to negatywnie wpłynąć na zrównoważony charakter zarządzania składnikami odżywczymi.

W ciągu ostatnich dziesięcioleci opracowano i zaprezentowano na rynku wiele osiągnięć technologicznych, których celem jest zmniejszenie kosztów, poprawa szybkości, precyzji, dystrybucji przestrzennej, zawartości informacji i innych aspektów. W intensywnie zmieniającym się rolnictwie narzędzia te powinny zostać poddane przeglądowi i weryfikacji, a rolnicy powinni otrzymać jasne wytyczne jak osiągnąć cele związane z ochroną środowiska przy jednoczesnym utrzymaniu lub zwiększeniu rentowności.

Dobrym przykładem jest pobieranie próbek gleby, gdzie przez dziesięciolecia stosowano tradycyjne pomiary i pobieranie próbek pod kątem stanu składników odżywczych; w wielu częściach świata przy użyciu próbek gleby pobranych z pola, które podzielono na równe części, tworząc siatkę i metod chemii mokrej. Wraz z postępem technologicznym oraz wymaganiami dotyczącymi lepszego rozmieszczenia przestrzennego i niezawodności, zwłaszcza w rolnictwie precyzyjnym, wprowadzono w ostatnich latach wiele nowych narzędzi i metod pomiarowych. Technologie te, takie jak wykorzystywanie nowoczesnych czujników i skanerów gleby oraz teledetekcja, są już wykorzystywane i preferowane przez firmy doradcze i rolników, pomimo braku standaryzacji i walidacji, podczas gdy w tradycyjnych technikach porównywalność i powtarzalność są wymogami i standardami, często określanymi w przepisach prawa. Szybki rozwój tych nowych technologii wymaga nowych standardów, przyspieszonych procesów walidacji i planów działania dla rolników pracujących w różnych warunkach środowiskowych i glebowych. Ponieważ właściwości gleby są podstawą dokonywania obliczeń, temat ten wymaga szczególnej uwagi, ale te same problemy dotyczą innych źródeł danych narażonych na problemy z niezawodnością.

5.3.1. Udostępnianie danych

Większość narzędzi do planowania i zarządzania składnikami odżywczymi wymaga zróżnicowanego zestawu danych, zarówno tych które znajdują się w domenie publicznej, w prywatnych firmach oraz w gospodarstwach, aby przyspieszyć proces ich wdrażania, czyniąc narzędzia planowania i zarządzania składnikami odżywczymi lepszymi i bardziej funkcjonalnymi. Technologia jest obecnie na tyle zaawansowana, że nie ma problemów technicznych blokujących udostępniania danych. Eksperti zidentyfikowali typy już istniejących danych, które sprawiłyby, że narzędzia cyfrowe do zarządzania składnikami odżywczymi byłyby bardziej precyzyjne, doceniane i cieszące się większym zaufaniem rolników, a także zidentyfikowali typowe (ekonomiczne i społeczne) bariery w udostępnianiu danych.

Member State Geoportals jest zbiorem informacji na temat danych udostępnianych przez każde państwo członkowskie. Rodzaje i ilość publikowanych danych różnią się znacznie w poszczególnych państwach członkowskich. Na przykład niektóre państwa dostarczają szczegółowych informacji na temat pól uprawnych, a inne nie udostępniają żadnych informacji. Bardzo rzadko te informacje można pobrać w formacie, który mógłby zostać wykorzystany w narzędziu do zarządzania składnikami odżywczymi. Eksperti uważają, że te rejestry publiczne nie uważają, że ich rolą lub zadaniem jest dostarczanie gospodarstwom rolnym lub dostawcom narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi przechowywanych danych.

Ponadto badania przeprowadzane w gospodarstwach rolnych i udostępnianie danych mogą pomóc w poczynieniu dużych postępów w aktualizacji i uszczegółowieniu danych, np. dotyczących stężenia składników odżywczych w zebranych plonach oraz w (płynnym i stałym) oborniku. Może to również pomóc w ocenie danych docelowych, np. zakładanych plonów i jakości (stężenie surowego białka) w określonych środowiskach i klimatach lub stężenia docelowego w analizie roślin.

Dobrym przykładem jest Flandria, gdzie Departament Rolnictwa publikuje informacje o działkach rolnych za pośrednictwem flamandzkich platform udostępniania danych DjustConnect.be. Aplikacje, które wspierają rolników w monitorowaniu upraw i zarządzaniu składnikami odżywczymi, mogą bezpośrednio wykorzystywać te informacje do automatycznej integracji danych gospodarstwa z poszczególnych obszarów, takich jak granice pól, uprawy lub usługi ekosystemowe. Platforma jest zarządzana przez podmiot zewnętrzny wraz ze spółdzielniami rolniczymi i jest inicjatywą non-profit. Takie podejście przekonało flamandzki departament rolnictwa do swobodnego udostępniania danych.

Kolejnym dobrym przykładem jest Dania, gdzie Duńska Administracja ds. Weterynarii i Żywności (DVFA) odpowiada za przestrzeganie przepisów UE dotyczących identyfikacji i rejestracji zwierząt. SEGES, centrala działu doradztwa rolniczego Duńskiej Rady Rolników (rolnicza organizacja pozarządowa/stowarzyszenie), to podwykonawca, któremu zostało zlecone wykonanie tego zadania. Ta współpraca zaowocowała powstaniem strony internetowej DVFA, na której każdy może wyszukiwać dane o zwierzętach hodowanych w poszczególnych gospodarstwach. Dane są również dostępne za pośrednictwem interfejsu API (Application Programming Interface), z którego mogą korzystać twórcy narzędzi.

W Hiszpanii cały ekosystem FAST jest dostępny do użytku publicznego. Granice działek, dane dotyczące upraw i gleby są dostępne w formatach OpenGIS oraz JSON z lub bez wymagań dotyczących uwierzytelniania użytkownika, w zależności od danych. Usługa bilansowania składników odżywczych, dostępna przez narzędzie SATIVUM, jest oferowana jako otwarte i bezpłatne API. Każde narzędzie może wywołać interfejs API ze wskaźnikami dotyczącymi upraw i gleby, aby uzyskać poradę na temat składników odżywczych. Prywatne i publiczne systemy zarządzania gospodarstwem rolnym wykorzystują tę infrastrukturę, aby dostarczać swoim użytkownikom porad w zakresie składników odżywczych.

Współpraca publiczno-prywatna powinna być promowana poprzez dzielenie się doświadczeniami z udanych projektów, które łączą rentowność i zrównoważony rozwój z wykorzystaniem nowych technologii oraz służą jako platforma udostępniania danych. Projekty demonstracyjne można dostosować do ważnych upraw na obszarze, na którym zalecenia zawarte w „planach nawożenia” zostały zoptymalizowane przy użyciu rejestracji czujników i nowych technologii we współpracy z doradcami, naukowcami i rolnikami.

5.3.2. Jak przyspieszyć tempo wdrażania tych narzędzi

Dostawcy branżowych technologii demonstrują przykłady udostępniania danych i aplikacji w chmurze w celu dostarczania rolnikom informacji i wspomaganie decyzji przy użyciu danych maszynowych, zdjęć satelitarnych, informacji klimatycznych i danych wprowadzanych przez użytkowników. Narzędzia te w niewielkim stopniu korzystają z danych pochodzących z baz danych udostępnianych przez organy publiczne i nie mają funkcji przesyłania danych do tych systemów. Aby przyspieszyć tempo wdrażania tych narzędzi, organy publiczne powinny zacząć udostępniać informacje w formacie cyfrowym, nadającym się do odczytu maszynowego. Niestety organy publiczne zbyt wolno tworzą zestawy danych z rejestrów publicznych, które można by odczytać maszynowo i łatwo zintegrować z narzędziami do zarządzania składnikami odżywczymi. W wielu państwach członkowskich informacje te są dostępne wyłącznie w dokumentach pdf, które nie są przystosowane do takiego wykorzystania, a koszt i nakład pracy związanej z digitalizacją są głównym powodem, dla którego te podmioty publiczne wciąż pozostają w tyle. Tam, gdzie dostępna jest cyfrowa wersja informacji, formaty różnią się w zależności od państwa członkowskiego i nie ma znormalizowanego protokołu dla interfejsów API REST⁴ do ekstrakcji danych na poziomie UE, co sprawia, że opracowanie jednego narzędzia dla całej UE jest prawie niemożliwe.

⁴ Representational state transfer (REST) to styl architektury oprogramowania, który opisuje jednolity interfejs między fizycznie oddzielnymi komponentami, często w Internecie w architekturze klient-serwer (Wikipedia)

Dobre przykłady: Łotwa

Łotwa udostępnia informacje na temat każdego pola za pośrednictwem internetowej wersji „[rejestrów gruntów](#)”, która umożliwia użytkownikowi znalezienie informacji LPIS, w tym upraw, granic pól, obszaru, numeru pola, numeru bloku oraz rodzaju wsparcia obszarowego, o które wnioskowano. Dane rejestru polowego są aktualizowane kilka razy dziennie, co oznacza, że aktualne informacje są dostępne dla każdego użytkownika. Rural Support Service zapewnia również bezpłatne usługi WMS i WFS, co oznacza, że użytkownicy mogą mieć dostęp do danych geoprzestrzennych za pośrednictwem usług WMS (Web Map Service) i WFS (Web Feature Service).



Więcej na ten temat w [Mini prezentacji 2.](#) - Tworzenie godnych zaufania narzędzi zarządzania składnikami odżywczymi dzięki łatwiejszemu udostępnianiu danych

5.4. Inne wymagane funkcje narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi

Ponieważ zarządzanie składnikami odżywczymi ma znaczący wpływ na środowisko, ważne jest opracowanie wskaźników odzwierciedlających wpływ zarządzania składnikami odżywczymi na różne jego aspekty. Chociaż główną funkcją narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi jest wspieranie zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi, nowe aplikacje powinny również spełniać inne funkcje (Tabela 4.). Mogłyby one obejmować ślad węglowy, wodny i azotowy, różne wskaźniki środowiskowe odzwierciedlające zawartość N i P, wymywanie i odpływ, różnorodność biologiczną, różne wskaźniki stanu gleby i funkcje gleby, co umożliwiłoby lepsze zarządzanie i planowanie użytkowania gruntów. Narzędzia powinny również spełniać lokalne zalecenia dotyczące nawożenia zoptymalizowanego pod kątem emisji CO₂ w celu rozwiązania kwestii emisji gazów cieplarnianych związanych z rolnictwem, a obieg zamknięty powinien być promowany poprzez skupienie się bardziej na składnikach odżywczych niż nawozach oraz uwzględnienie bilansowania składników odżywczych w algorytmach/narzędziach. Funkcje, których często brakuje w tych narzędziach, powinny być udostępniane w narzędziach tworzonych w przyszłości. Powinny one doradzać rolnikom w zakresie emisji gazów cieplarnianych, z uwzględnieniem takich kwestii jak:

- Indywidualne zalecenia dotyczące nawożenia
- Algorytmy optymalizacji lokalnego zarządzania składnikami odżywczymi obejmujące teren całego kraju.
- Bilans węglowy i informacje o emisji CO₂
- Przejrzyście przedstawione wyniki

Zwiększona wydajność jest kluczem do sukcesu zarówno z punktu widzenia rolników, jak i środowiska. Rolnicy skupiają się głównie na stosowaniu właściwego produktu we właściwych dawkach we właściwym miejscu, ale sukces zależy również od właściwego czasu. Lepsze wyczucie czasu może być zapewniane przez wiele technologii cyfrowych, takich jak czujniki gleby, prognoza pogody, teledetekcja itp.

Ponieważ zapewnienie opłacalności jest niezbędnym wymaganiem dla narzędzi rolniczych, muszą one pozwalać na obliczenia ekonomiczne, modelowanie podczas planowania zarządzania składnikami odżywczymi z kilkoma możliwymi wynikami. Powinny one brać pod uwagę różne roczne scenariusze pogodowe, jednocześnie spełniając wymogi przepisów prawa, uwzględniając w ten sposób lokalne otoczenie prawne. Narzędzia te powinny również wspierać wspólne uczenie się za pomocą nowych narzędzi i „języków”, aby promować pracę zespołową nie tylko w firmach, ale także w społecznościach. Większa baza danych mogłaby skrócić czas osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.

Aby zwiększyć akceptację społeczną, zwłaszcza rolnictwa tradycyjnego, narzędzia powinny zapewnić większą identyfikowalność i przejrzystość produktów rolnych, poprzez dokumentację wszystkich działań w gospodarstwie. Ta funkcja mogłaby również częściowo służyć jako element marketingu i komunikacji, pomagając rolnikom w bezpośrednim dotarciu do konsumentów.

Tabela 4 Wyniki ankiety eksperckiej dotyczącej innych aspektów (lub funkcji) technicznych, środowiskowych lub społeczno-ekonomicznych, do których narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi powinny się odnosić lub do których powinny się przyczyniać

Inne aspekty lub funkcje	Ważność (Miejsce)
Aspekty środowiskowe (wymywanie, odpływ, emisje, obieg węgla i składników odżywczych, nawadnianie, zanieczyszczenie, zużycie energii, dobrostan zwierząt, zrównoważony rozwój)	1
Precyzyjne wyznaczenie optymalnego czasu stosowania nawozów/Większa wydajność	2
Potrzeba wspólnej podstawy prawnej w UE i minimalnych wymagań	3
Prowadzenie dokumentacji dla celów porównawczych, planowanie, zakupy	4
Połączenie narzędzi (porady dotyczące szkodników, dane meteorologiczne)	5
Zarządzanie sprzętem	6
Zarządzanie personelem	7
Możliwość dostosowania narzędzia do wielu upraw i działań	=
Akceptacja społeczna	8
Nawiązanie dialogu między rolnikiem a administracją	=

5.4.1. Pomiar śladu węglowego rolnictwa

Szczególnie ważnym aspektem działania narzędzi cyfrowych jest ślad węglowy związany z zarządzaniem składnikami odżywczymi. Rolnictwo jest postrzegane jako emitent netto gazów cieplarnianych. Niemniej jednak rolnictwo sekwestruje dwutlenek węgla w glebie, bioenergii i produktach żywnościowych. Dzięki odpowiednio zaprojektowanym narzędziom wspomagającym podejmowanie decyzji można zwiększyć sekwestrację dwutlenku węgla i zmniejszyć emisję. Narzędzia mogą wspierać rolników w zmianie ich sposobu zarządzania, aby:

- Zwiększyć zawartość węgla w glebie – jako strategia ograniczania emisji gazów cieplarnianych, która pomaga również poprawić jakość gleby i zapobiegać erozji, stosując takie praktyki jak:
 - Zarządzanie resztkami poźniwymi.
 - Płodozmian i poplon.
 - Stosowanie nawozów organicznych (obornika i innych materiałów organicznych pochodzących z recyklingu).
- Zwiększenie plonów, ponieważ wszystkie działania mające na celu poprawę plonów mają bezpośredni wpływ na ilość wychwytywanego CO₂ z atmosfery.
- Poprawa efektywności nawożenia organicznego (obornik/gnojowica). Nawozy te powinny być stosowane we właściwym czasie (warunki pogodowe i uprawowe), we właściwych miejscach (technika wysiewu) i we właściwej dawce, zgodnie z wymaganiami upraw - poprawi to efektywność dostarczania składników odżywczych przez nawozy organiczne i zwiększy produktywność i biomasę (produktywność pierwotna netto).
- Ograniczenie emisji. Głównymi gazami emitowanymi przez rolnictwo i hodowlę zwierząt są CO₂, N₂O i CH₄. Źródła emisji mogą być bezpośrednio (np. nawożenie, zarządzanie obornikiem i jego stosowanie, zarządzanie glebą) lub pośrednio związane z wypłukiwaniem/spływem lub ulatnianiem się nawozów i depozycją atmosferyczną.

5.4.2. Dobre przykłady

Chociaż nie jest ich wiele, można znaleźć kilka dobrych przykładów narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi, które mogą obejmować wiele funkcji omówionych w niniejszym podrozdziale. W większości dostępne są one w poszczególnych krajach (lub regionach), ale mogą służyć jako dobre przykłady dla przyszłego rozwoju tego typu narzędzi:

Overseer: Narzędzie wykorzystuje modele naukowe do analizy wpływu zarządzania gospodarstwem na przepływ składników odżywczych. Generuje zrównoważone bilanse składników odżywczych dla siedmiu kluczowych składników odżywczych w gospodarstwie, które szacują ilość wypłukiwanego azotu (N) w strefie korzeni i sływu powierzchniowego fosforu (P). Modeluje również ilość metanu, podtlenku azotu i dwutlenku węgla wytwarzanych w gospodarstwie oraz ilość węgla sekwestrowanego w drzewach.

Fasset: jest dynamicznym modelem całego gospodarstwa. Model ten rozróżnia i łączy różne elementy gospodarstwa, w tym pola (uprawy i glebę), zwierzęta, pomieszczenia gospodarcze i magazyny obornika. Umożliwia korzystanie z różnych opcji zarządzania polami i gospodarstwem, takich jak różne płodozmiany i sposoby zarządzania uprawami, a także różne praktyki żywienia zwierząt gospodarskich i różne technologie zarządzania obornikiem. Model ten może być używany do badań porównawczych oraz do badania konsekwencji zmian środowiskowych i zmian w zarządzaniu dla produktywności gospodarstwa i wpływu na środowisko.

Batfarm: Oprogramowanie powstało w ramach europejskiego projektu Batfarm. Oprogramowanie umożliwia symulowanie efektów wprowadzenia szeregu strategii mających na celu ograniczenie zanieczyszczeń w gospodarstwach zajmujących się hodowlą i produkcją trzody chlewnej, kur niosek, mięsa drobiowego oraz krów mlecznych. Narzędzie umożliwia porównanie różnych scenariuszy w danym gospodarstwie, a tym samym pomaga wybrać najbardziej odpowiednią strategię środowiskową. Oprogramowanie obejmuje wszystkie aspekty systemu produkcyjnego: pomieszczenia dla zwierząt, przechowywanie, obróbkę i stosowanie nawozów i gnojowicy na polu.

5.4.3. Integracja rozważań dotyczących śladu węglowego

Narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi powinny być w stanie pomóc użytkownikom w optymalizacji ich śladu węglowego, dlatego aplikacje te muszą dostarczać informacji na temat parametrów wyjściowych, aby umożliwić osiągnięcie lepszego bilansu CO₂:

- Parametry wyjściowe dla rolników:
 - Odpowiednie zalecenia dotyczące nawożenia w celu optymalizacji wydajności upraw i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych poprzez sekwestrację węgla i/lub redukcję emisji N₂O, CO₂ i CH₄.
 - Algorytmy, które mogą być wykorzystywane przez narzędzia cyfrowe dostosowane do warunków lokalnych (algorytmy muszą być dostarczane przez władze krajowe)
 - Bilans węglowy w celu stosowania praktyk nawozowych sprzyjających gromadzeniu C w glebie.
 - Łączenie emisji z różnymi działaniami nawozowymi, ze zwróceniem szczególnej uwagi na obszary o wysokich emisjach.

Eksperti Grupy Fokusowej zidentyfikowali również funkcje i właściwości, których wciąż brakuje w obecnych narzędziach, a które byłyby niezbędne do właściwej integracji zagadnień dotyczących śladu węglowego – wiele z nich ma również znaczenie dla integracji innych aspektów. Oto one:

- Integracja algorytmów
- Interfejsy API, które umożliwiają połączenie z narzędziami do zarządzania gospodarstwem.
- Interfejsy API muszą być ustandaryzowane i łatwe do wdrożenia.
- Funkcje porównywania alternatywnych opcji zarządzania w celu poprawy wydajności składników odżywczych w poszczególnych uprawach, aby zoptymalizować produkcję i zmniejszyć ryzyko niekorzystnego wpływu na środowisko.
- Współczynniki redukcji emisji w zależności od techniki aplikacji nawozów organicznych – ujednolicony sposób szacowania współczynników.

Więcej na ten temat w [Mini prezentacji 4](#). – Narzędzia cyfrowe do redukcji śladu węglowego w odżywianiu roślin.

5.5. Dlaczego rolnicy mogą wdrażać lub nie wdrażać narzędzi cyfrowych

Chociaż trendy rynkowe i sprzedaż maszyn rolniczych wskazują, że udział inteligentnego rolnictwa wzrasta, jest on nadal dość niski. Badania pokazują, że w Europie coraz powszechniej korzysta się z GNSS (globalny system nawigacji satelitarnej), natomiast technologia VRT (technologia zmiennego dawkowania) jest wdrażana dużo wolniej. Wdrażanie technologii gromadzenia informacji, takich jak mapowanie plonów i teledetekcja, które są wykorzystywane do podejmowania decyzji dotyczących VRT, również przebiega stosunkowo wolno. Dotyczy to zarówno Europy, jak i innych części świata. Jednak w niektórych częściach Europy udział zmiennego dawkowania nawozów jest jednym z najwyższych na świecie. Nasycenie technologią VRT w gospodarstwach zbożowych w Wielkiej Brytanii jest jednym z najwyższych na świecie i wynosi 31% (Stafford i in. 2019).

Odpowiedź na pytanie, czy cyfrowe narzędzie do zarządzania składnikami odżywczymi odniesie sukces i zostanie wdrożone przez wielu rolników, jest złożona. Jak wynika z powyższych rozważań, aby takie narzędzia były dla rolników naprawdę przydatne, muszą spełniać wiele wymagań. Jeśli te wymagania zostaną spełnione, a bariery usunięte, tempo ich wdrażania może zostać przyspieszone.

Istnieją znaczne różnice w europejskiej społeczności rolniczej pod względem absorpcji technologii cyfrowych. To zróżnicowanie może zależeć od regionu (niektóre regiony przodują, a inne pozostają w tyle), sektora (niektóre sektory są bardziej zdigitalizowane, np. intensywne ogrodnictwo), pokolenia, wielkości gospodarstwa itp. Połączenie wszystkich tych zmiennych określa zakres „profilu cyfrowego”, a tym samym potrzeb informacyjnych gospodarstwa rolnego.

5.5.1. Główne powody za/przeciw wdrożeniu narzędzi cyfrowych

Pomimo tego, że wiele z tych technologii, zwłaszcza sprzęt rolniczy typu smart, było początkowo powszechniej stosowane w dużych gospodarstwach rolnych, to wraz z postępem technologicznym i rosnącą konkurencją wśród dostawców technologii ceny technologii spadły lub funkcje smart są dostarczane domyślnie w maszynach. Ponadto zakup nowych maszyn nie zawsze jest konieczny do uruchomienia inteligentnych aplikacji, ze względu na udostępniane przez różnych producentów zestawy aktualizacyjne. To pokazuje, że w wielu krajach bariery finansowe nie są wcale największymi.

Poza kosztem lub stosunkiem koszt/korzyść, która są jednymi z głównych barier we wdrażaniu nowych narzędzi, wielu rolników nadal potrzebuje wsparcia, aby zrozumieć i korzystać z nowych technologii oraz podejmować decyzje dotyczące wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych dostosowanych do ich konkretnych potrzeb. Mogą również potrzebować wsparcia, aby poznać i zrozumieć oferowane rozwiązania cyfrowe, aby byli w stanie dokonać właściwych wyborów dla swojego gospodarstwa. Wiele technologii jest już dostępnych, ale brak świadomości, wyszkolenia i edukacji rolników, a w niektórych przypadkach doradców, utrudnia ich wykorzystanie. Poza tym rolnicy nie mają jasnej informacji, jaki będzie zwrot z inwestycji. Nadal istnieje wiele możliwości doskonalenia narzędzi pod względem np.: łatwości obsługi, interoperacyjności, dokładności i przydatności danych wyjściowych itp. W wielu przypadkach analiza kosztów i korzyści jest niedostępna. Jednocześnie w przypadku niektórych narzędzi i technologii nie istnieje podstawowa infrastruktura potrzebna do ich działania, ani na poziomie gospodarstwa (tj. brak określonego sprzętu), ani na danym obszarze (tj. całkowity brak dostępu do sieci).

Z drugiej strony, rolnikom którzy znają już te technologie i możliwości, jakie oferują, może brakować zaufania i pewności co do tego, jak i przez kogo dane będą wykorzystywane. I na koniec, uzyskanie dodatkowej wartości dodanej związanej z wykorzystaniem tych danych wiąże się z pewnymi wyzwaniem i koniecznością spełnienia określonych wymagań. Na przykład niektórzy rolnicy mogliby odegrać znaczącą rolę podczas opracowywania nowych modeli biznesowych, aplikacji itp., ale większości z nich brakuje umiejętności lub pozycji w ekosystemie, aby się zaangażować i skorzystać z tej możliwości. Wyniki ankiety eksperckiej bardzo dobrze pokazują bariery, które stoją na drodze szerszemu wykorzystaniu tych narzędzi. Zademonstrowano je w tabeli 5.

Tabela 5. Wyniki ankiety eksperckiej, identyfikującej główne bariery dla wdrożenia narzędzi cyfrowych (w kolejności ważności)

Bariery	Ważność (Miejsce)
Trudne i czasochłonne/Skomplikowane/Biurokracja/Konieczność wprowadzenia wielu danych wejściowych	1
Wiek rolników i brak zrozumienia/wiedzy/umiejętności/interpretacji danych	2
Stosunek koszt-korzyść/Brak finansowania/Brak danych finansowych	3
Mniejsze korzyści dla rolników niż dla dostawców i władz	4
Ramy prawne/Bezpieczeństwo danych	5
Narzędzia zbyt ogólne/niedopasowane do określonych warunków	6
Narzędzia nowe, niesprawdzone lub niepotrzebne/nie są priorytetem	7
Złe doświadczenia w przeszłości	8
Słabe doświadczenie użytkownika/interfejs użytkownika	9
Brak wersji na smartfony	=
Ograniczony zasięg sieci na obszarach rolniczych	=
Słaba interoperacyjność	=

5.5.2. Dobre przykłady i wyciągnięte wnioski

Eksperti Grupy Fokusowej odnotowali wyjątkowo niski wskaźnik wdrożenia wielu narzędzi opracowanych w ostatniej dekadzie. Jednym z powodów jest to, że wiele narzędzi opracowano w środowisku naukowym, bez bezpośredniego udziału użytkownika końcowego. Wcześniejsze badania, takie jak przeprowadzone w ramach projektu Fairway (Nicholson i in. 2020), próbowali zidentyfikować kryteria większego wykorzystania systemów wspomagania decyzji:

- Identyfikacja użytkownika i jego przepływu pracy (np. rolnik lub doradca)
- Pytanie, czy i w jaki sposób użytkownik odniesie korzyść.
- Zbadanie, czy na obszarach wiejskich istnieje infrastruktura umożliwiająca wykorzystanie narzędzia.
- Testy przeprowadzane z rzeczywistymi użytkownikami, a nie współpracownikami, aby ustalić czy system jest łatwy w użyciu.
- Przyjęcie dobrego planu z uwzględnieniem sieci peer-to-peer i zaufanych doradców.
- Zaplanowanie, w jaki sposób system będzie uaktualniany po uruchomieniu, w przeciwnym razie szybko stanie się przestarzały (Rose i in., 2016).

Trudno określić, jak zmierzyć sukces danego narzędzia, czy jest to liczba użytkowników, intensywność użytkowania, czy też jak zarządzanie składnikami odżywczymi przy pomocy tego narzędzia wpływa na wskaźniki środowiskowe. Mimo to istnieje wiele dobrych przykładów narzędzi, które odniosły sukces, a prawdopodobnie równie wiele przykładów nieudanych prób i wniosków z nich wyciągniętych. Można zidentyfikować pewne wspólne zagadnienia, które mogą być pomocne przy opracowywaniu narzędzi w przyszłości.

Klucze do sukcesu i droga do porażki

Jak pokazują przykłady, kluczowe funkcje skutecznego narzędzia są dość uniwersalne w Europie i są zgodne z wynikami zebranymi podczas ankiety eksperckiej. Niemal we wszystkich przypadkach wskazywano, że zgodność z prawodawstwem ma kluczowe znaczenie, ponieważ minimalizuje to obciążenia administracyjne dla rolników. Funkcja ta jest kluczowa, ale narzędzia muszą być również często aktualizowane, aby zapewniały rolnikom i doradcom dokładne i aktualne informacje. Niektóre przykłady pokazały, że brak częstych aktualizacji może prowadzić do porzucenia tych narzędzi przez użytkowników.

W wielu przypadkach zaangażowanie instytucji państwowej (administracyjnej lub naukowej) również sprzyjało wdrożeniu danego narzędzia, ponieważ rolnicy im ufają, być może ze względu na ich zgodność z prawem i rzetelność naukową. Jednak rolnicy mogą mieć obawy dotyczące instytucji publicznych ściśle kontrolujących ich działalność poprzez dostęp do ich danych.

Inna ważną kwestią wpływającą na poziom wdrożenia jest stosunek kosztów do korzyści. Rolnikom należy zademonstrować, jak mogą poprawić swoją rentowność za pomocą tych narzędzi. Chodzi tu nie tylko o bezpośredni wzrost wydajności/zmniejszenie kosztów nakładów, ale także zmniejszenie liczby godzin poświęconych na pracę administracyjną i papierkową.

Dostępne szkolenia, materiały szkoleniowe (filmy online, podręczniki) i dobra obsługa klienta mogą również zwiększyć wykorzystanie tych narzędzi, ponieważ wielu rolników na wczesnych etapach wdrażania ma ograniczoną wiedzę, a krzywe uczenia się mogą być na początku strome, dlatego konieczne jest udzielanie wsparcia.

Rozwój narzędzi i nowych funkcji w miarę pojawiania się i rozpowszechniania technologii jest również ważne, ponieważ wielu rolników wdraża nowe technologie, takie jak rolnictwo precyzyjne, i potrzebuje narzędzi wielofunkcyjnych lub złożonych, ponieważ korzystanie z wielu programów może prowadzić do rezygnacji z części z nich z powodu rosnącego obciążenia administracyjnego.

Dobre przykłady: Mark-Online, Dania

Dania miała kiedyś poważne problemy z wyciekaniem składników odżywczych do wód i od początku lat 90-tych przepisy nawozowe były stopniowo zaostrzane. Duńska firma rolnicza SEGES zareagowała proaktywnie, opracowując narzędzie do zarządzania składnikami odżywczymi, które było w stanie sprostać obecnym wyzwaniom (Mark Online). Stworzenie, utrzymanie i udoskonalanie narzędzia zostały w całości pokryte z opłat licencyjnych za oprogramowanie bez wsparcia finansowego rządu. Ze względu na fakt, że narzędzie jest własnością prywatnej firmy rolnicy nie obawiali się, że dane wprowadzone do Mark Online mogą zostać wykorzystane do innych celów niż planowanie zarządzania składnikami odżywczymi.

Doradcy rolni odegrali kluczową rolę w rozpowszechnianiu wiedzy o narzędziu i wdrażaniu go w praktyce. Każdy doradca przeszedł intensywne szkolenie prowadzone przez twórców narzędzia i otrzymał odpowiednie materiały informacyjne, takie jak szczegółowa instrukcja obsługi.

Po pewnym czasie korzystanie z tego narzędzia stało się obowiązkowe, ponieważ państwo nałożyło dodatkowe podatki od nawozów azotowych na gospodarstwa, które nie stosowały zaawansowanego narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi. Obecnie narzędzie Mark Online jest wykorzystywane na około 2,6 miliona hektarów w Danii, albo przez samych rolników, albo przez doradców w imieniu rolników.

Pierwsi użytkownicy są również kluczem do tego, w jaki sposób narzędzie zostanie przyjęte przez rolników. Jeśli ci pionierzy będą niezadowoleni i będą mieli złe doświadczenia, ich potencjalni naśladowcy będą bardziej skłonni szukać innych narzędzi, np. takich, które zostały z powodzeniem wypróbowane przez tych eksperymentujących rolników, ponieważ brakuje im otwartości i środków na poszukiwanie i testowanie różnych narzędzi. To doskonale pokazuje, w jaki sposób dobre przykłady sąsiadów lub powszechnie szanowanych rolników-pionierów może zwiększyć poziom wdrażania nowych narzędzi.

Ochrona danych, choć uznawana za kluczową kwestię na wielu poziomach, obecnie nie wydaje się być kluczową barierą ograniczającą poziom wdrażania. Może tak być, ponieważ rolnicy nie doceniają jeszcze wartości udostępnianych przez nich danych lub inne korzyści są ważniejsze niż własność lub kontrola nad udostępnianymi danymi. Najprawdopodobniej zmieni się to w przyszłości, kiedy rolnicy będą udostępniać coraz więcej informacji za pośrednictwem cyfrowych narzędzi, maszyn i aplikacji.

Więcej przykładów narzędzi i szczegółowo omówione powody ich (nie)wdrożenia można znaleźć w [Mini prezentacji 1.](#)

6. Co możemy zrobić?

6.1. Pomysły dla Grup Operacyjnych

Eksperti Grupy Fokusowej opracowali pomysły dla Grup Operacyjnych EPI-AGRI oraz inne innowacyjne działania. 12⁵ wstępnych pomysłów połączono w grupy i zaproponowano cztery główne tematy, które zostały szczegółowo opisane poniżej. Inne pomysły można znaleźć w [Załączniku 4](#).

Pomysł 1. Analiza porównawcza składników odżywczych zbóż i liści

Odniesienie się do problemu	Ocena efektywności zarządzania składnikami odżywczymi
Pomysł badawczy	Analiza ziarna (i liści) jako wskaźnik poziomu odżywienia i skuteczności zarządzania składnikami odżywczymi
Plan badawczy	Głównym celem jest opracowanie narzędzia, które wykorzystuje analizę składników odżywczych zbóż do poprawienia skuteczności zarządzania składnikami odżywczymi. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w kolejnym cyklu stosowania składników odżywczych. Rolnicy mogą udostępniać swoje wyniki na platformie, gdzie mogą uzyskać natychmiastową informację zwrotną przedstawioną w jasny i łatwy do zrozumienia sposób. Platforma służy również do wspólnej nauki i wymiany doświadczeń.
Czynności do wykonania	<ol style="list-style-type: none"> 1. Badanie i analiza gleby w celu planowania zarządzania składnikami odżywczymi 2. Próby polowe z różnymi scenariuszami zarządzania składnikami odżywczymi na danym polu 3. Analiza liści i monitoring roślin oraz warunków środowiskowych 4. Analiza ziarna po żniwach 5. Analiza statystyczna i tworzenie algorytmów 6. Opracowanie platformy cyfrowej do oceny testów i interpretacji wyników, współtworzenie użytecznych danych wyjściowych
Grupy uczestniczące	<p>Pomysł polega na współpracy wszystkich podmiotów uczestniczących w procesie rolniczym i doradczym, w tym m.in.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rolnicy • Laboratoria • Doradcy • Naukowcy • Producenci/sprzedawcy nawozów, nasion • Kupujący zboże • Przemysł spożywczy (przemysł młynarski)
Gdzie należy to przeprowadzić	We wszystkich państwach członkowskich, w których produkowane jest zboże

⁵ Podczas spotkania online z ekspertami, którzy nie uczestniczyli w drugim spotkaniu w Brukseli, zaproponowano jeszcze cztery tematy

Pomysł 2. Testowanie i udostępnianie analizy obornika. Łączenie różnych narzędzi cyfrowych w celu dokładniejszego nawożenia (stosowanie zmiennego dawkowania).

Odniesienie się do problemu	<p>Obornik jest bardzo różnorodnym materiałem, a jego właściwości mogą się zmieniać w zależności od typu zwierzęcia, paszy, zarządzania, pory roku....</p> <p>Do prawidłowego zarządzania składnikami odżywczymi potrzebny jest pomiar składu fizycznego i chemicznego oraz zanieczyszczeń – stąd potrzeba narzędzia do szybkiej analizy, najlepiej bieżącej.</p> <p>Ponadto zmienne dawkowanie w przypadku obornika i nawozów organicznych praktycznie nie jest stosowane, dlatego należy opracować jego podstawy wraz z odpowiednim oprogramowaniem dla maszyn.</p>
Pomysł badawczy	<p>Głównym celem jest poszukiwanie i identyfikacja istniejących narzędzi, które są w stanie szybko zmierzyć różne parametry obornika lub są w stanie zmierzyć parametry podobnych materiałów i które mogą zostać zmodyfikowane w celu zaspokojenia potrzeb związanych z pomiarami parametrów obornika. Zidentyfikowane lub zmodyfikowane narzędzia powinny również umożliwiać eksportowanie do maszyny rolniczej danych umożliwiających zastosowanie zmiennego dawkowania obornika.</p>
Czynności do wykonania	<ol style="list-style-type: none"> 1. Przegląd literatury, badanie rynku i identyfikacja dostępnych lub potencjalnych narzędzi 2. Testowanie i kalibracja dostępnych narzędzi lub badania potencjalnych narzędzi pod kątem niezawodności, mierzonych parametrów i możliwości zastosowania na rozrzutniku obornika 3. Testowanie możliwości zastosowania zmiennego dawkowania, kalibracja, kontrola jakości 4. Testowanie technik pomiarowych wspierających zmienne dawkowanie obornika 5. Badania polowe, z monitoringiem miejsc o różnej charakterystyce 6. Monitoring 7. Ocena, publikacja 8. Warsztaty dla rolników na temat zalet bieżących pomiarów obornika oraz stosowania zmiennego dawkowania
Grupy uczestniczące	<ul style="list-style-type: none"> • Rolnicy • Laboratoria • Naukowcy • Producenci maszyn • Firmy zajmujące się technologią czujników
Gdzie należy to przeprowadzić	<p>W państwach członkowskich, w których produkowany jest obornik, ze szczególnym uwzględnieniem gospodarstw ekologicznych</p>

Pomysł 3. Testowanie i dzielenie się doświadczeniami w stosowaniu różnych typów czujników glebowych w różnych typach gleb

Odniesienie się do problemu	Laboratoryjne badania gleby są czasochłonne i kosztowne, co utrudnia podejmowanie decyzji dotyczących nawożenia
Pomysł badawczy	Pomiary laboratoryjne oparte na mokrej chemii są czasochłonne i kosztowne, a także stanowią większe obciążenie dla środowiska w porównaniu z technologiami wykorzystującymi czujniki gleby, które licznie pojawiają się na rynku i są w ofercie kilku dostawców technologii. Chociaż narzędzia te są w coraz powszechniejszym użyciu dzięki wygodnym metodom gromadzenia danych, rezultaty ich działania nie zostały porównane ze standardowymi metodami pomiarów. Za pomocą badań porównano by każde z tych narzędzi w różnych warunkach glebowych i klimatycznych, aby ocenić ich działanie i niezawodność we wspieraniu zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi. Rezultatem projektu byłyby wytyczne dla doradców i rolników, które mogłyby pomóc im w określeniu najlepszych dostępnych w ich warunkach technologii wspomagających zarządzanie składnikami odżywczymi.
Czynności do wykonania	<ul style="list-style-type: none"> • Wytypowanie pól do przeprowadzenia badań, o dużej zmienności w ramach jednego pola lub w ramach kilku wybranych pól • Identyfikacja narzędzi i metod badawczych, planowanie procesu badawczego • Badanie polowe z wykorzystaniem wybranych technologii i zbiorów niezależnych punktów weryfikacyjnych • Stworzenie bazy danych GIS i analiza statystyczna wyników • Porównanie planów zarządzania środkami odżywczymi opartych na różnych technikach badawczych (i ich kombinacji) • Weryfikacja narzędzi • Opracowanie wytycznych, np. w formie narzędzia internetowego, w którym wyniki będą publikowane i udostępniane rolnikom/doradcom. Wytyczne te biorą pod uwagę lokalizację użytkowników
Grupy uczestniczące	<ul style="list-style-type: none"> • Rolnicy • Laboratoria • Doradcy, geodeci • Naukowcy • Dostawcy technologii (detekcja) • Specjaliści IT/GIS
Gdzie należy to przeprowadzić	W państwach członkowskich o największej różnorodności glebowej i klimatycznej. Grupy Operacyjne korzystające z takich technologii mogłyby włączyć do badań więcej narzędzi do detekcji/pomiarów i przeprowadzić weryfikację na swoich warunkach.

Pomysł 4. Przyspieszenie dostępności danych o składnikach odżywczych w celu uzyskania lepszych narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi

Odniesienie się do problemu	Dane przechowywane w bazach danych hostowanych przez organy publiczne są trudno dostępne z kilku powodów. Dane potrzebne aplikacjom do zarządzania składnikami odżywczymi mogłyby być częściowo importowane z tych baz danych, aby skrócić frustrujący czas potrzebny na ręczne wprowadzanie danych, co mogłoby zwiększyć poziom wdrożenia tych narzędzi wśród rolników i doradców.
Pomysł badawczy	Badania skupiają się na potrzebach narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi w zakresie danych oraz na tym, czy dane te można znaleźć w bazach danych hostowanych przez organy publiczne. Identyfikacja barier i potencjalnych rozwiązań w celu udostępnienia tych danych użytkownikom w celu przyspieszenia tempa wdrażania narzędzi cyfrowych wśród rolników i doradców dzięki przełamaniu jednej z głównych barier, frustracji związanej z ręcznym wprowadzaniem danych.
Czynności do wykonania	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza i zaangażowanie interesariuszy • Analiza rodzajów danych przechowywanych przez organy publiczne • Analiza danych potrzebnych do zarządzania składnikami odżywczymi • Ocena zbiorów danych do wykorzystania w narzędziach zarządzania składnikami odżywczymi • Zidentyfikowanie barier ograniczających dostępność tych zbiorów danych • Warsztaty prezentujące dobre przykłady i stan obecny, z udziałem wszystkich interesariuszy • Omówienie barier, możliwych rozwiązań i potencjalnych planów działania, aby narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi miały dostęp do większej ilości danych w łatwym do odczytania formacie
Grupy uczestniczące	<ul style="list-style-type: none"> • organy publiczne • rolnicy • doradcy • naukowcy • przedsiębiorcy (deweloperzy narzędzi)
Gdzie należy to przeprowadzić	We wszystkich krajach członkowskich

6.2. Potrzeby badawcze wynikające z praktyki

Eksperti Grupy Fokusowej zidentyfikowali następujące potrzeby badawcze wynikające z ich praktyki:

Stworzenie lepszych metod oceny jakości/zdrowotności/właściwości gleby w odniesieniu do zarządzania składnikami odżywczymi. Należy mierzyć nie tylko parametry chemiczne i fizyczne gleby, ale także parametry biologiczne i morfologiczne. Ponadto większość narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi mierzy tylko parametry wierzchniej warstwy gleby, podczas gdy czynniki mające wpływ na składniki odżywcze mogą występować poniżej zbadanej warstwy. Należy opracować nowe narzędzia, techniki pomiarowe i sprzęt, aby umożliwić włączenie tych warstw do procesu planowania.

Bardziej zaawansowane, zorientowane na wyniki narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi, które mogą wykorzystywać wyniki pobierania próbek gleby po zbiorach w celu oceny programu zarządzania składnikami odżywczymi i uwzględnienia ich w następnej fazie planowania. Narzędzia powinny być również wielowymiarowe i umożliwiać wykorzystanie kilku źródeł danych do planowania (dane laboratoryjne, teledetekcja, klimat itp.), co wymagałoby również ulepszonych modelowania w celu kalibracji zdjęć satelitarnych w celu lepszego wspomagania zarządzania składnikami odżywczymi.

Opracowanie narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji z wykorzystaniem technologii cyfrowych, które uwzględniają dostępną zawartość wody i zagęszczenie podglebia podczas planowania stosowania składników odżywczych i nawadniania. Często przewidywany plon nie może zostać osiągnięty z powodu niższych od przeciętnych (oczekiwanych) opadów, ale rolnicy kontynuują nawożenie zgodnie z planem nawożenia, ze względu na brak tych informacji w większości dostępnych narzędzi. Narzędzia powinny uwzględniać dostępne informacje i prognozy pogodowe i na ich podstawie oferować porady w procesie podejmowania decyzji.

Pomiar emisji. Dostępnych jest kilka modeli przewidywania emisji, np. modelowania wypłukiwania azotanów do wód gruntowych, ale modele te są często zbyt ogólne i nie są dostępne we wszystkich państwach członkowskich UE. Szacunki są czasami prawidłowe dla jednego obszaru (zwykle tam, gdzie opracowano narzędzie), ale konieczne jest powiązanie danych badawczych z danymi rolników, aby zweryfikować te prognozy modelowe. Praktyczne badania na poziomie regionalnym mogą pomóc w zrozumieniu i dopracowaniu tych modeli w celu uzyskania lepszych wyników. Uważa się, że rolnicy są w dużej mierze odpowiedzialni za wypłukiwanie N, ale potrzebują oni porady lub narzędzia dostosowanego do lokalnych warunków.

Bardziej zaawansowane narzędzia do pomiarów emisji gazów cieplarnianych, modele prognostyczne. Sposób, w jaki mierzone są emisje gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa lub pola, nie jest wystarczająco wiarygodny, aby dało się podsumować, ile gazów cieplarnianych wytwarza gospodarstwo. Istnieje potrzeba uzyskania bardziej szczegółowych danych w celu stworzenia lepszych modeli i dokonania dokładniejszych obliczeń. Istnieje również potrzeba harmonizacji metod, protokołów i modeli w celu uzyskania porównywalnych wyników. Po wykonaniu tych czynności poziom emisji CO₂, a także koszt z tym związany, może zostać dodany jako kolejna funkcja narzędzi cyfrowych wykorzystywanych w rolnictwie.

Narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi pozostają w tyle w rozwoju wobec technologii hodowli roślin i istnieje zapotrzebowanie na **bardziej zaawansowane, lepiej aktualizowane narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi**, które będą w stanie uwzględnić specyficzne potrzeby nowych odmian roślin uprawnych w procesie planowania. Narzędzia te powinny dotyczyć **nie tylko upraw, ale również odmian**. Powinny brać pod uwagę krzywe reakcji poszczególnych odmian w odniesieniu do skuteczności składników odżywczych.

Wymogi dotyczące azotu w prawodawstwie. Wymogi dotyczące azotu w prawodawstwie powinny zostać zmienione ze względu na nowe odmiany roślin, nowe rodzaje nawozów, lepszą efektywność zarządzania składnikami odżywczymi, nowoczesne technologie rolnicze i wyższe plony. Może to wymagać przetestowania (w terenie) środowiskowych i ekonomicznych skutków prawodawstwa.

Lepsza kontrola jakości nowych produktów wejściowych, zwłaszcza tych, które nie podlegają tak surowym przepisom jak nawozy. Zwłaszcza produktów zawierających bakterie promujące wzrost roślin i innych produktów biologicznych.



Zbadanie **w jaki sposób analizę roślin można włączyć do narzędzi zarządzania składnikami odżywczymi i podejmowania decyzji** oraz w jaki sposób wyniki tej analizy można porównać z wynikami analizy gleby. Może to również umożliwić wgląd w jakość plonów roślin uprawianych w różnych środowiskach i przy różnych sposobach zarządzania glebą, wodą, nawozami i uprawami

7. Wnioski i zalecenia

Chociaż na rynku dostępnych jest wiele narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi, wskaźnik wykorzystania tych narzędzi jest w Europie nadal bardzo niski. Może to mieć różne przyczyny, które eksperci starali się zidentyfikować w trakcie prac Grupy Fokusowej, definiując jednocześnie wymagania i potrzeby w zakresie nowych narzędzi oraz funkcje, których obecnie w tych narzędziach brakuje. Wyraźnie zdefiniowano potrzebę lepszych, bardziej złożonych i uzasadnionych naukowo narzędzi, które byłyby przyjazne dla użytkownika, łatwe do opanowania i wydajne w udostępnianiu danych.

Eksperti Grupy Fokusowej zidentyfikowali szereg właściwości i funkcji potrzebnych w narzędziach wspomagających podejmowanie decyzji przez rolników i doradców, takich jak:

- Łatwość obsługi
 - Zminimalizowana konieczność ręcznego wprowadzania danych przez użytkownika (rolnika), zautomatyzowane gromadzenie danych przy pomocy publicznych baz danych, systemów maszynowych itp.
 - Interpretacja powinna być łatwa do zrozumienia, najlepiej wizualna, należy unikać dostarczania nieprzetworzonych, niezinterpretowanych danych.
 - System powinien być w stanie „rozвивać się wraz z użytkownikiem”, z większą liczbą funkcjonalności dostępnych dla bardziej doświadczonych użytkowników, ale pozostając wciąż użytecznym jako podstawowy system dla tych z mniejszym doświadczeniem.
- Bieżące wsparcie techniczne, ponieważ często napotkane problemy wymagają natychmiastowego rozwiązania.
- Koszt/korzyść
 - Narzędzia muszą zapewniać użytkownikowi wyraźnie dodatni bilans kosztów i korzyści, który można mierzyć na kilka sposobów, takich jak zwiększona rentowność dzięki oszczędnościom lub wyższe plony. Jako korzyść można również wymienić zmniejszenie obciążenia pracą biurową dzięki efektywnemu raportowaniu.
 - Zysk z użytkowania systemu musi wyraźnie przewyższać koszt inwestycji.
- Wielofunkcyjność
 - Narzędzie powinno wspierać różne aspekty zarządzania składnikami odżywczymi, takie jak produkcja (tj. nawożenie, nawadnianie, płodozmian itp.), środowisko (tj. wypłukiwanie azotanów i fosforu, emisje gazów cieplarnianych i amoniaku, stan gleby itp.), aspekty ekonomiczne (koszt materiału wejściowego i jego aplikacji), przestrzeganie obowiązków sprawozdawczych zgodnie z lokalnymi przepisami, integracja z łańcuchem dostaw (np. certyfikacja, identyfikowalność).
- Dokładność i solidność danych i modeli wykorzystywanych przez narzędzie, dostosowanie do warunków lokalnych
 - Narzędzie powinno dostarczać odpowiednio zweryfikowanych, uzasadnionych naukowo porad opartych na informacjach dostarczonych przez użytkownika.
 - Powinno być dostosowane do warunków lokalnych, w tym do rodzaju gospodarstwa, warunków środowiskowych, otoczenia prawnego.

Opierając się na przykładach zebranych przez ekspertów Grupy Fokusowej, wydaje się, że obecnie rolnicy nie uważają udostępniania i kontroli danych za priorytet przy podejmowaniu decyzji o zastosowaniu narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi. W niedalekiej przyszłości będzie to kluczowy problem, ponieważ narzędzia stają się coraz bardziej złożone i wymagają większej ilości danych, co może stanowić duże obciążenie dla rolnika z powodu braku wymiany danych między platformami i bazami danych. Eksperti Grupy Fokusowej zalecają pilne udostępnienie większej ilości danych w celu wzmocnienia narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi. Narzędzia te nie mogą dostarczyć rolnikom właściwych porad dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi, jeśli nie mają dostępu do niezbędnych źródeł danych. Ponadto rolnicy nie będą korzystał z narzędzi, które wymagają ręcznego wprowadzania danych, które można łatwo zaimportować automatycznie. I co najważniejsze, rolnicy chcą zachować pełną kontrolę nad swoimi danymi.

Tworzone w ostatnich latach platformy danych pomogły w opracowaniu praktycznych rozwiązań umożliwiających postęp w udostępnianiu danych i dostarczaniu zestawów danych niezbędnych do zarządzania i planowania. Koncentrują one ekosystem wokół innowacyjnych rozwiązań technicznych wspieranych przez zrównoważony model biznesowy i odpowiedni system zarządzania.

Oprócz tych kluczowych funkcji i właściwości, przyszłe narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi powinny również koncentrować się na środowiskowych aspektach zarządzania składnikami odżywczymi. Wpływ rolnictwa na klimat jest zauważalny i oczywisty. Ma ono poważne konsekwencje dla klimatu na świecie. Głównymi źródłami emisji gazów cieplarnianych są karczowanie i uprawa gruntów, hodowla zwierząt, stosowanie nawozów i wykorzystywanie paliw kopalnych do produkcji surowców. Rolnictwo może być również znaczącym pochłaniaczem dwutlenku węgla. Stosując systemowe podejście do optymalizacji technologii i wspierając innowacyjny ekosystem, korzystający z wielu technologii, rolnictwo może spełniać swoją kluczową funkcję społeczną, dostarczając żywność, paszę, włókna i paliwo oraz wspierając ekonomię obszarów wiejskich, jednocześnie generując znaczne korzyści środowiskowe dla dobro wspólnego. Istnieje wiele możliwości opracowania odpowiednich narzędzi w celu zmniejszenia śladu węglowego odżywiania roślin, ale potrzebne są dalsze badania i testy. Obecnie na rynku nie ma narzędzia zapewniającego kompleksowe rozwiązanie, ale niektóre narzędzia do zrównoważonego zarządzania gospodarstwami rolnymi określają ilościowo emisje pochodzące z zarządzania składnikami odżywczymi i mogą wspierać wypracowanie odpowiednich narzędzi służących do zmniejszania śladu węglowego związanego z odżywianiem roślin.

Wraz ze wzrostem liczby wymagań dla narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi opracowywane będą coraz bardziej wyrafinowane i złożone narzędzia, co skutkować będzie zapotrzebowaniem na więcej danych, a w efekcie zwiększeniem wiedzy technicznej niezbędnej do ich obsługi. Aby zachęcić rolników do korzystania z tych narzędzi, należy znaleźć równowagę między kompleksowym podejściem a wykonalnością operacyjną. Narzędzia powinny koncentrować się na najważniejszych aspektach, przy jednoczesnym poszanowaniu zarówno ambicji środowiskowych, jak i ekonomicznych.

Na zakończenie eksperci Grupy Fokusowej opracowali kilka zaleceń, które pomogą twórcom narzędzi stworzyć lepsze i bardziej złożone narzędzia wspierające wszystkie aspekty zarządzania składnikami odżywczymi.

- W planowaniu należy wziąć pod uwagę zdrowotność i jakość gleby oraz bardziej złożone parametry gleby (mikrobiologia, morfologia).
- Lepsze monitorowanie wyników zarządzania składnikami odżywczymi podczas sezonu wegetacyjnego za pomocą czujników oraz pobieranie próbek gleby po zbiorach w celu oceny programu zarządzania składnikami odżywczymi i wyciągnięcie w następnej fazie planowania
- Narzędzia powinny być również wielowymiarowe i umożliwiać wykorzystanie kilku źródeł danych do planowania (dane laboratoryjne, teledetekcja, klimat itp.), co wymagałoby również ulepszonych modelowania w celu kalibracji zdjęć satelitarnych w celu lepszego wspomaganie zarządzania składnikami odżywczymi.
- Narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji, które uwzględniają dostępną zawartość wody i zagęszczenie podglebia podczas planowania stosowania składników odżywczych i nawadniania.
- Pomiary, modelowanie emisji, stworzenie bardziej zaawansowanych narzędzi do pomiarów emisji gazów cieplarnianych, modele prognostyczne. Sposób, w jaki mierzone są emisje gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa lub pola, nie jest wystarczająco wiarygodny, aby dało się podsumować, ile gazów cieplarnianych wytwarza gospodarstwo. Istnieje potrzeba uzyskania bardziej szczegółowych danych w celu stworzenia lepszych modeli i dokonania dokładniejszych obliczeń.
- Narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi pozostają w tyle w rozwoju wobec technologii hodowli roślin i istnieje zapotrzebowanie na bardziej zaawansowane, lepiej aktualizowane narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi, które będą w stanie uwzględnić specyficzne potrzeby nowych odmian roślin uprawnych w procesie planowania. Narzędzia te powinny dotyczyć nie tylko upraw, ale również odmian. Powinny brać pod uwagę krzywe reakcji poszczególnych odmian w odniesieniu do skuteczności składników odżywczych.
- W zarządzaniu składnikami odżywczymi warto również zwrócić uwagę na jakość żywności, a nie tylko na wielkość zbioru.

Członkowie Grupy Fokusowej określili funkcje i właściwości, które narzędzia powinny posiadać w przyszłości. Omówili także kilka innych aspektów i zaproponowali następujące ważne tematy do dalszej dyskusji:



- Istnieje potrzeba weryfikacji narzędzi i metod, które dostarczają podstawowych informacji na temat zarządzania składnikami odżywczymi. Dobrym przykładem są informacje o glebie, w przypadku których pojawiło się wiele nowych technologii pomiarowych i laboratoryjnych, powszechnie obecnie używanych do planowania zarządzania składnikami odżywczymi. Dotyczy to zwłaszcza zmiennego dawkowania, ale tym nowym/rozwijającym się metodom i narzędziom brakuje weryfikacji i standaryzacji, co odróżnia je od standardowych pomiarów laboratoryjnych.
- Wymogi dotyczące azotu w prawodawstwie powinny zostać zmienione ze względu na nowe odmiany roślin, nowe rodzaje nawozów, lepszą efektywność zarządzania składnikami odżywczymi, nowoczesne technologie rolnicze i wyższe plony.
- Istnieje również potrzeba harmonizacji metod, protokołów i modeli w celu uzyskania porównywalnych wyników, zwłaszcza w pomiarach emisji gazów cieplarnianych.
- Lepsza kontrola jakości nowych produktów wejściowych, zwłaszcza tych, które nie podlegają tak surowym przepisom jak nawozy. Zwłaszcza produktów zawierających bakterie promujące wzrost roślin i innych produktów biologicznych.

8. Bibliografia

David C. Rose, William J. Sutherland, Caroline Parker, Matt Lobley, Michael Winter, Carol Morris, Susan Twining, Charles Ffoulkes, Tatsuya Amano, Lynn V. Dicks, Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery, *Agricultural Systems*, Volume 149, 2016, Pages 165-174, ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>

PARLIAMENT on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2016–2019. COM(2021) 1000 final

Eurostat, 2017. Agri-environmental indicator - ammonia emissions

ENRD, (2018). Improving soil and water management through management plans. ENRD Thematic Group (TG) on sustainable management of water and soils. Available at:

https://enrd.ec.europa.eu/sites/default/files/tg_water-soil_report_nutrient-management-plans.pdf

John V. Stafford (ed.) (2019) Precision agriculture '19, Wageningen Academic Publishers.. DOI 10.3920/978-90-8686-888-9_106

Nicholson, F.; Krogshave Laursen, R.; Cassidy, R.; Farrow, L.; Tendler, L.; Williams, J.; Surdyk, N.; Velthof, G. (2020) How Can Decision Support Tools Help Reduce Nitrate and Pesticide Pollution from Agriculture? A Literature Review and Practical Insights from the EU FAIRWAY Project. *Water*, 12, 768.

<https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/768/htm>

Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., de Ruiter, P.C., van der Putten, W.H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F.T., Bardgett, R.D., Brady, M.V., Bjornlund, L., Jørgensen, H.B., Christensen, S., Hertefeldt, T.D., Hotes, S., Gera Hol, W., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S.R., Setälä, H., Tzanopoulos, J., Uteseny, K., Pižl, V., Stary, J., Wolters, V. and Hedlund, K. (2015), Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Glob Change Biol*, 21: 973-985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>

Villalobos, F.J. and Fereres, E., Eds. (2016), *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*, Springer, Cham.

Załącznik 1: Lista ekspertów i członków zespołu wsparcia

Nazwisko eksperta	Doświadczenie zawodowe	Kraj
Rafael Álvarez Garrido	Rolnik	Hiszpania
Łukasz Czech	Rolnik	Polska
Henning Foged	Naukowiec	Dania
Padraig Foley	Doradca	Irlandia
María Isabel García Pomar	Naukowiec	Hiszpania
Franz Heinzlmaier	Przemysł	Austria
Mariya Hristova	Inne	Bułgaria
Stephan Jung	Doradca	Niemcy
Zivan Karaman	Naukowiec	Francja
Daniel Kindred	Przemysł	Wielka Brytania
Susanne Klages	Naukowiec	Niemcy
Zita Kriauciuniene	Naukowiec	Litwa
David Nafria	Pracownik służby cywilnej	Hiszpania
Maria Doula	Naukowiec	Grecja
Owen O'Driscoll	Doradca	Irlandia
Peter Prankl	Rolnik	Austria
Kieran Sullivan	Rolnik	Irlandia
Linda Tandler	Rolnik	Niemcy
Jürgen Vangeyte	Naukowiec	Belgia
Laura Zavattaro	Naukowiec	Włochy
Zespół wsparcia		
Vince Lang	Ekspert koordynujący	Węgry
Quico Ónega Menedżer, zespół wsparcia EIP-AGRI	Menedżer	Zespół wsparcia EIP-AGRI
Iiri Raai	Menedżer	Zespół wsparcia EIP-AGRI
Tiina Köster		Zespół wsparcia EIP-AGRI
Szabolcs Biro		Zespół wsparcia EIP-AGRI
Katrien Dejongh Audenaert		Zespół wsparcia EIP-AGRI
Klavdija Ramsak-Noemi		DG AGRI
Marta Iglesias		DG AGRI

Załącznik 2: Lista mini prezentacji

MP	Tytuł mini prezentacji	Główny zespół
<u>MP 1</u>	Przykłady rolników (sukcesów) – czynniki sprzyjające i przeszkody we wdrażaniu narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi	Linda Tendler, Zita Kriauciuniene, Kieran Sullivan, Rafael Álvarez
<u>MP 2</u>	Tworzenie godnych zaufania narzędzi zarządzania składnikami odżywczymi dzięki łatwiejszemu udostępnianiu danych	Jürgen Vangeyte, Daniel Kindred, Henning Foged, Stephan Jung, Zivan Karaman, Owen O’Driscoll
<u>MP 3</u>	Minimalne wymagania wobec narzędzi cyfrowych do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi	David Nafria , Susanne Klages , Rafael Álvarez, Daniel Kindred, Padraig Foley
<u>MP 4</u>	Narzędzia cyfrowe do redukcji śladu węglowego w odżywianiu roślin	Franz Heinzlmaier, Peter Prankl, Mariya Hristova, Maria Isabel García, Maria Doula

Załącznik 3: Narzędzia cyfrowe zidentyfikowane przez ekspertów Grupy Fokusowej

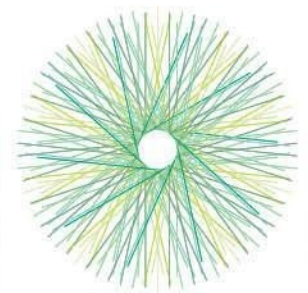
Narzędzie	Opis/komentarz rolnika
MarkOnline	Pełnowymiarowy duński system informacji o zarządzaniu gospodarstwem oparty na GIS. Zawsze aktualny, czytelne wyniki, wizualizacja wyników.
Prognoza pogody	W wysokiej rozdzielczości. Ze stacji agrometeorologicznej.
Fertilicalc	Aplikacja do obliczania zapotrzebowania roślin na składniki odżywcze i nawozy.
TUDI project	Narzędzia umożliwiające rolnikom, technikom, firmom i agencjom państwowym realizację strategii na poziomie gospodarstwa.
cropmanager.eu	System wsparcia zarządzania składnikami odżywczymi i produkcją roślinną.
e-mission/Element	Branżowe narzędzie online do planowania i śledzenia programów badań emisji oraz danych trendów.
FAST DSS	System wspomagania decyzji (aplikacja mobilna i rozwiązanie webowe). Zawiera dane glebowe z całej Europy.
LIFE AGROStrat tools	Strategie poprawy warunków w silnie zdegradowanych obszarach rolniczych.
Farmstar	Skalowalna usługa oparta na modelu satelitarnym i modelu upraw, która nie wymaga finansowania.
N-tester/N-sensor	Szybko i łatwo mierzy dokładne zapotrzebowanie roślin na azot. Jest obsługiwane ręcznie, a zatem nie jest skalowalna.
Agricon/Agriport	Wsparcie rolnictwa precyzyjnego w zautomatyzowanej produkcji roślinnej opartej na informacji i wiedzy.
Verde Smart Nutritional kit	Aplikacje wspierające efektywne wykorzystanie wody, nawozów i zabiegów rolniczych.
Verde Smart Pro kit	Diagnostyka stężenia N i K w korzeniach (i strefie wymywania) oraz bilansu N i K w roślinie.
Sativum	Aplikacja dla rolników umożliwiająca dostęp i zarządzanie informacjami o działkach rolnych.
NMP online	System online do opracowywania planów zarządzania składnikami odżywczymi dla celów środowiskowych i administracyjnych. Dostępny również jako infolinia telefoniczna.
Farm Eye	Aplikacja do monitorowania i planowania zarządzania składnikami odżywczymi.
Manner/PLANET	Narzędzie, które pozwala rolnikom i doradcom na oszacowanie podaży N, P, K w uprawach.
SigAGROasesor	Platforma GIS oferująca spersonalizowane zalecenia dotyczące zrównoważonego zarządzania ekstensywnymi uprawami.
Terrazo	Portal internetowy z mapami.
NutriGuide/NutriZones	Internetowy planer nawożenia.
Farmdok	Oprogramowanie do zarządzania gospodarstwem i cyfrowy indeks pól.
Agrosmart	Program do zarządzania gospodarstwem.
WatchITgrow	Platforma internetowa wspierająca rolników w monitorowaniu roślin uprawnych i warzyw.
Arkusze kalkulacyjne w Excelu	Bardzo elastyczny, ale wymaga większego doświadczenia informatycznego niż rolnicy zwykle posiadają
BESyD	System oferujący zalecenia dotyczące nawożenia oraz metody jego pomiaru.
SATAGRO	Elastyczne narzędzie informatyczne do zarządzania składnikami odżywczymi i programowania maszyn rolniczych. Jednak z bardzo słabym interfejsem/doświadczeniem użytkownika.

<u>Duengeportal NRW</u>	Zarządzanie danymi eksploatacyjnymi, zindywidualizowane informacje specjalistyczne, wdrażanie przepisów nawozowych.
<u>atfarm</u>	Narzędzie do monitorowania wzrostu roślin i tworzenia wykresów stosowania nawozów.
<u>Fertimaps</u>	Planowanie nawożenia z wykorzystaniem teledetekcji
<u>Overseer</u>	OverseerFM to oprogramowanie, które dostarcza rolnikom informacje umożliwiające prowadzenie zrównoważonych, przyjaznych dla środowiska gospodarstw.
<u>Batfarm</u>	Oprogramowanie Batfarm ma na celu ocenę potencjału łagodzenia emisji podtlenku azotu (N ₂ O), metanu (CH ₄) i amoniaku (NH ₃) w wyniku różnych strategii i technik wdrożonych w gospodarstwach intensywnych.

Załącznik 4. Pomysły dla Grup Operacyjnych

1. Niezależne doradztwo/badania - Jakie narzędzie byłoby odpowiednie dla indywidualnych gospodarstw. Ocena i weryfikacja narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi
2. Doradcy wizytujący inne kraje: Doradcy podróżują z jednego do drugiego kraju i dzielą się swoimi problemami z rolnikami. Rolnicy mogą złożyć wizytę w kraju doradców i spotkać się z innymi rolnikami i doradcami.
3. Zbieranie doświadczeń i demonstracja narzędzi (narzędzia cyfrowe do zarządzania składnikami odżywczymi)
4. Problem: Emisje CO₂, wypłukiwanie azotanów
Koncepcja: asymilacja węgla jak w przypadku lasu tropikalnego, za pomocą ponownego wykorzystania biomasy z upraw, poprawiając teksturę gleby i mikrobiotę. Optymalizacja decyzji dotyczących nawożenia i nawadniania za pomocą nowych narzędzi cyfrowych i uzyskanie „śladu azotanowego”. Dostosowanie do upraw poszczególnych krajach.
Działania: praktyczne prace w gospodarstwie związane z obornikiem, ponownym wykorzystaniem biomasy, nawożeniem (organicznym, mineralnym) i decyzjami dotyczącymi nawadniania.
Dostosowanie technologii do indywidualnych przypadków.
Rolnicy + wsparcie w kilku krajach
5. Informacje na temat alternatywnych środków odżywczych: Jest coraz więcej biostymulatorów, bakterii symbiotycznych, mikroelementów. Istnieje potrzeba przeprowadzenia rzetelnego naukowego przeglądu potencjału tych produktów, wybrania najbardziej odpowiednich dla i przeprowadzenia długoterminowych badań polowych otwartych dla rolników.
6. Uczynienia lokalnych społeczności samowystarczalnymi żywnościowo
7. Plany zagospodarowania przestrzennego powinny przeznaczać żyzne gleby pod produkcję żywności
8. Włączenie wyników środowiskowych do narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi
9. Rolnicy z regionu uczą się wzajemnie nowych technologii i „inteligentnego rolnictwa”
10. Analiza liści w celu obniżenia wartości docelowych w sieci termicznej stworzonej w trakcie sezonu, w celu oceny składników odżywczych/oznakowania porównawczego
11. Edukacja na poziomie regionalnym na temat ważnych składników odżywczych roślin
12. Eksperymenty w zakresie środków odżywczych przeprowadzane w gospodarstwach, w ramach których rolnicy testują stosowanie nawozów i emisje oraz oceniają wpływ nawozów – za pomocą zdjęć satelitarnych, czujników, plonów + analizy ziarna
13. Stworzenie aplikacji/API, aby uzyskać informacje o zmiennych, takich jak dane klimatyczne, informacje o wzroście i glebie, aby można było podejmować świadome decyzje dotyczące zastosowania optymalnego nawozu we właściwym czasie
14. Pomiar składników odżywczych w gospodarstwie: Poznanie poziomu składników odżywczych w glebie zajmuje tygodnie, od pobrania próbki gleby do otrzymania wyników z laboratorium. Istnieją już technologie (mobilne laboratoria, Stenon,...), dzięki którym można przeprowadzić szybką analizę. Weryfikacja i szeroko zakrojone praktyczne testy byłyby konieczne do przeprowadzenia kalibracji narzędzi
15. Wpływ działań rolniczych na składniki odżywcze gleby. Należy ustalić poziom startowy składników odżywczych w gospodarstwach na danym obszarze. Następnie rolnicy w ramach Grup Operacyjnych powinni rejestrować ilość używanego obornika/nawozów/wapna i rejestrować poziom składników odżywczych w glebie na przestrzeni 3-4 lat. Wartość tych działań polegałaby na uzyskaniu podstawowych danych i zapoznaniu rolników ze związkiem między ich działaniami a wpływem na glebę, a nie tylko na uprawiane rośliny

16. Komunikacja/Upowszechnianie: Dostępnych jest wiele wyników badań, które, jeśli zostaną wdrożone, znacząco przyczynią się do ochrony środowiska i klimatu. Urządzenie z aplikacją mobilną dostarczające rolnikom programy zarządzania składnikami odżywczymi i plany nawożenia pomoże na poziomie gospodarstwa. Wynik: Aplikacja mobilna dająca dostęp do narzędzi zarządzania składnikami odżywczymi. Czynności: Stworzenie aplikacji. Dostępna na IOS i Androidzie. Uczestnicy: Doradcy publiczni/prywatni/rolnicy/twórcy aplikacji



eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



Grupa Fokusowa EIP- AGRI

Narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi

MINI PREZENTACJA Przykłady rolników (sukcesów) – czynniki sprzyjające i przeszkody we wdrażaniu narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi

Linda Tendler, Zita Kriaučiūnienė, Kieran Sullivan, Rafael Álvarez

(przykłady podali wszyscy eksperci Grupy Fokusowej)

1.	Wstęp	42
2.	Przykłady.....	43
a.	Zarządzanie składnikami odżywczymi w Danii — historia długotrwałego sukcesu	43
b.	Rosnące wykorzystanie zmiennego dawkowania nawozu w gospodarstwach rolnych Litwy	44
c.	Organizacje producentów zwiększające poziom wykorzystania narzędzi – przykład spółdzielni producentów owoców jagodowych w Andaluzji w Hiszpanii	45
3.	Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	46
a.	Kluczowi interesariusze w procesie wdrażania	46
b.	Jak to się zaczyna?	47
c.	Warunki zwiększenia poziomu wdrożenia	47
4.	Zebrałe przypadki	48
a.	Düngeplanung (=”planer nawożenia”) - Niemcy, Dolna Saksonia	48
b.	PastureBaselreland - Irlandia	51
c.	VRA, Yara Sensor, N tester - Litwa.....	53
d.	Tool Box – Andaluzja, Hiszpania	56
e.	FARMDOK – Austria i Niemcy	59
f.	GeoSCAN - Bułgaria, Rumunia, Ukraina	61
g.	TerraZo – Austria	64
h.	SATIVUM – Hiszpania, Kastylia i León.....	66
i.	Cultivation Management Software — Grecja, region ATTYKA, wyspa Egina	69
j.	PLANET - Wielka Brytania (Anglia, Walia i Szkocja)	71
k.	Tool Box – Murcja, Hiszpania	74
l.	MANNER-NPK – Wielka Brytania (Anglia, Walia, Szkocja i Irlandia Północna).....	78
m.	Tool box - Hiszpania - Comunidad Valenciana	81
n.	Tool box – Hiszpania, Comunidad Valenciana.....	85

1. Wstęp

Narzędzia cyfrowe do zarządzania składnikami odżywczymi mogą usprawnić proces podejmowania decyzji w zarządzaniu składnikami odżywczymi. Mogą potencjalnie pomóc w zwiększeniu plonów i ograniczeniu wypłukiwania składników odżywczych oraz emisji gazów cieplarnianych. Narzędzia te mogą pomóc w podjęciu decyzji o tym, jak, kiedy i w jakich okolicznościach można zastosować składniki odżywcze w sposób, który zwiększy ich efektywność, a nawet wielkość i jakość plonów w porównaniu ze stanem obecnym.

Istnieje wiele narzędzi i modeli, które mają na celu optymalizację stosowania składników odżywczych w celu uzyskania wyższych plonów, w sposób oszczędzający zasoby i mający pozytywny wpływ na środowisko. Wymagania techniczne do pracy z bardzo wyrafinowanymi narzędziami, zwłaszcza w większych gospodarstwach, są spełnione - GNSS jest obecny w prawie każdym nowoczesnym ciągniku.

Poziom wykorzystania poszczególnych narzędzi przez rolników jest jednak nadal niski. Eksperti Grupy Fokusowej znają na przykład wiele gospodarstw, które są bardzo zaawansowane pod względem nowoczesnych maszyn, ale w których planowanie zarządzania składnikami odżywczymi jest nadal prowadzone przy użyciu ołówka i papieru lub prostej kalkulacji w Excelu. Jest to godne uwagi, ponieważ wiele narzędzi zostało opracowanych przy znacznych wysiłkach i nakładach finansowych.

Jednym z głównych powodów takiego stanu rzeczy może być fakt, że wiele narzędzi opracowano w raczej naukowym kontekście bez bezpośredniego zaangażowania grupy docelowej, tj. rolników. Wyniki projektu Fairway (2017-2021) przeprowadzonego w ramach programu Horyzont 2020 dobitnie pokazały, że narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi i pestycydami, zidentyfikowane na podstawie badań literatury naukowej oraz narzędzia faktycznie stosowane w 13 studiach przypadków w całej Europie, prawie w ogóle się nie pokrywają. We wcześniejszych badaniach próbowano znaleźć kryteria, jakie powinny spełniać systemy wspomagania decyzji, aby miały większy potencjał wykorzystania (Fairway, Rose i in. 2016). Jednak nawet narzędzia, które w stosunkowo wysokim stopniu spełniały te kryteria mają niewielkie praktyczne znaczenie. Oprócz poziomu wykorzystania, szczególnie interesujące jest to, czy korzystanie z narzędzi jest ograniczone do określonego okresu (np. czas trwania projektu naukowego lub projektu z zakresu upowszechniania wiedzy rolniczej) czy jego wykorzystanie jest kontynuowane niezależnie od przydzielonych środków finansowych.

To czy dane narzędzie odniesie sukces w praktyce rolniczej, jest dość trudne do oszacowania. Zależy to również od definicji sukcesu. Liczba użytkowników lub intensywność korzystania z narzędzia to wyraźne wskaźniki jego sukcesu. Ponadto stosowanie narzędzia powinno mieć wymierny pozytywny wpływ na efektywność wykorzystania składników odżywczych.

W każdym razie musimy pamiętać, że gospodarstwa to złożone ekosystemy, w których na decyzje wpływa cała masa czynników. Gospodarstwa rolne to firmy, które w dużym stopniu są napędzane względami ekonomicznymi. Jednak decyzje często podejmuje ludzie, którzy nie zachowują się jak Homo oeconomicus.

Biorąc to pod uwagę, w tej mini prezentacji postaramy się opisać przykłady pomyślnego wykorzystania narzędzi. Wychodzimy z założenia, że są różne scenariusze, które mogą prowadzić do sukcesu. Niemniej jednak w procesie wdrażania narzędzi mogą występować pewne cechy wspólne.

Poprosiliśmy kilku ekspertów, którzy byli bezpośrednio zaangażowani w proces wdrażania narzędzi, aby opowiedzieli „całą historię” ze szczegółami. Poniższe pytania/myśli przewodnie mogą być postrzegane jako inspiracja lub zachęta.

- W jaki sposób rolnicy dowiedzieli się o narzędziu?
- Jakie podmioty były zaangażowane? (organy państwowe, doradcy, firmy, ...)
- Osobista motywacja/korzyści dla rolników płynące z korzystania z narzędzia
- Jak długo zastanawiali się nad wdrożeniem?
- Co było czynnikiem decydującym?

- Czy rolnik kontynuował korzystanie z narzędzia?
- Jak długo już korzystają z narzędzia? Czy będą nadal z niego korzystać?

Poniższa tabela przedstawia zebrane i przeanalizowane przypadki, pozwalające wyciągnąć kilka wniosków dotyczących procesu wdrażania.

Narzędzie	Kraj, region
Mark Online	Dania
Düngeplanung (= "planer nawożenia")	Niemcy, Dolna Saksonia
Nawóz o zmiennym dawkowaniu, Yara N-Sensor, N-tester	Litwa - Kowno, Joniszki, Szakiai
Tool box: Geodim, Verde Smart (e-verd2.0), Meteogrid (Simena), infocultivo (Scada software), Wtech	Hiszpania - Andaluzja
PastureBaseIreland	Irlandia
Tool Box: geodim (web gis), Verde Smart (e-verd 2.0-Nutrisens, dendrometer Plantsens), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO)	Hiszpania - Andaluzja
FARMDOK	Austria, Niemcy
GeoSCAN	Bułgaria, Rumunia, Ukraina
TerraZo	Austria
SATIVUM	Hiszpania, Kastylia i León
Cultivation Management Software	Grecja, region ATTYKA, wyspa Egina
PLANET	Wielka Brytania (Anglia, Walia i Szkocja)
Tool box: Verde Smart (e-verd 2.0-Nutrisens, dendrometer Plantsens), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO), Wtech (deep nitrate leaching control)	Hiszpania - Murcja
MANNER-NPK	Wielka Brytania (Anglia, Walia, Szkocja i Irlandia Północna)
Tool box: Geodim, Verde Smart (e-verd2.0-Nutrisens), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO), Wtech	Hiszpania - Comunidad Valenciana
Tool box: Geodim, Verde Smart (e-verd2.0), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO), Cromoenos (Bioenos)	Hiszpania - Comunidad Valenciana

2. Przykłady

Mimo że opisane przypadki różnią się, to mają pewne wspólne wzorce wdrażania. Poniżej bardziej szczegółowo opisujemy trzy przypadki jako reprezentację trzech „typowych” wzorców wdrażania, które zakończyły się sukcesem: pierwszy dotyczy Mark Online, duńskiego narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi opracowanego i promowanego przez firmę doradczą, której właścicielami są rolnicy, SEGES; drugi to narzędzie do stosowane zmiennego dawkowania, wprowadzone i upowszechnione w litewskiej społeczności rolniczej przez dostawcę technologii rolniczej; wreszcie przykład z Hiszpanii, gdzie spółdzielnia rolnicza odgrywa ważną rolę w zwiększaniu poziomu wdrożenia bardzo nowego podejścia.

a. Zarządzanie składnikami odżywczymi w Danii — historia długotrwałego sukcesu

Najbardziej uderzającym faktem dotyczącym duńskiego narzędzia do zarządzania składnikami odżywczymi Mark Online jest jego długotrwały sukces – jest ono aktywnie wykorzystywane przez duńskich rolników już od kilkudziesięciu lat, w trakcie których przeszło kilka modyfikacji i ulepszeń.

Dania miała kiedyś poważne problemy z wyciekaniem składników odżywczych do wód i od początku lat 90-tych przepisy nawozowe były stopniowo zaostrzane. Duńska firma rolnicza SEGES zareagowała proaktywnie, opracowując narzędzie do zarządzania składnikami odżywczymi, które było w stanie sprostać obecnym wyzwaniom. Co ciekawe, stworzenie, utrzymanie i udoskonalanie narzędzia zostały w całości pokryte z opłat licencyjnych za oprogramowanie bez wsparcia finansowego rządu. Ze względu na fakt, że narzędzie jest własnością prywatnej firmy rolnicy nie obawiali się, że dane wprowadzone do Mark Online mogą zostać wykorzystane do innych celów niż planowanie zarządzania składnikami odżywczymi.

Doradcy rolni odegrali kluczową rolę w rozpowszechnianiu wiedzy o narzędziu i wdrażaniu go w praktyce. Każdy doradca przeszedł intensywne szkolenie prowadzone przez twórców narzędzia i otrzymał odpowiednie materiały informacyjne, takie jak szczegółowa instrukcja obsługi. Z biegiem czasu doświadczeni doradcy byli w stanie szkolić innych doradców lub rolników.

Po pewnym czasie korzystanie z tego narzędzia stało się obowiązkowe, ponieważ państwo nałożyło dodatkowe podatki od nawozów azotowych na gospodarstwa, które nie stosowały zaawansowanego narzędzia zarządzania składnikami odżywczymi. Obecnie narzędzie Mark Online jest wykorzystywane na około 2,6 miliona hektarów w Danii, albo przez samych rolników, albo przez doradców w imieniu rolników.

Wiele wysiłku wkłada się w dostosowanie oprogramowania do zarządzania składnikami odżywczymi do ostatnich zmian w prawodawstwie i zintegrowanie nowych osiągnięć technologicznych, takich jak m.in. moduły rolnictwa precyzyjnego. Dzięki zastosowaniu narzędzia rolnicy mogą być pewni, że przestrzegają aktualnych wymogów prawnych. W przypadku rozbieżności między planowanymi działaniami zarządczymi a zobowiązaniami prawnymi, Mark Online zwróci użytkownikowi uwagę na ten fakt. Dzięki takim funkcjom i wsparciu udzielanemu użytkownikom, rolnicy prawie nie zgłaszali skarg dotyczących korzystania z oprogramowania.

Wyzwania pojawiają się jednak po stronie administratora narzędzia: Ponieważ warunki uprawy w duńskim rolnictwie są zróżnicowane, narzędzie musi w jakiś sposób odzwierciedlać wynikające z tego faktu specyficzne potrzeby w zakresie zarządzania. Dlatego dostosowanie Mark Online do lokalnych warunków jest z pewnością jednym z największych wyzwań, a jednocześnie najbardziej kosztownym elementem udoskonalania narzędzia.

Ponadto, jako „wiekowe” oprogramowanie, jego działanie będzie się stopniowo pogarszać w nowoczesnych systemach operacyjnych. Dlatego refaktoryzacja kodu oprogramowania stanie się niezbędna w najbliższej przyszłości, co wymagać będzie znacznych nakładów finansowych.

Podsumowując, należy zdać sobie sprawę, że systemy rolnicze potrzebują czasu na adaptację. Mark Online jest szczególnie dobrym przykładem, dzięki któremu możemy śledzić proces wdrażania na przestrzeni dziesięcioleci. W tym przypadku połączenie nakazu państwowego, prywatnego oprogramowania i aktywnego zaangażowania doradców z pewnością znacząco przyczyniło się do wdrożenia narzędzia. Trwały sukces osiąga się poprzez ciągłe, rzetelne i innowacyjne dostosowywanie narzędzia do aktualnych wyzwań.

b. Rosnące wykorzystanie zmiennego dawkowania nawozu w gospodarstwach rolnych Litwy

Międzynarodowa firma dostarczająca narzędzia do precyzyjnego nawożenia na Litwie jest wiodącym dostawcą rozwiązań do cyfrowej uprawy roślin w Europie Środkowo-Wschodniej od 1997 roku. Na Litwie od 2011 roku narzędzia Yara N-Sensor i N-tester do zmiennego dawkowania nawozu są z powodzeniem stosowane w ponad 60 gospodarstwach o średniej powierzchni 500-1000 ha i łącznej powierzchni 50 000 ha. Głównymi użytkownikami narzędzia są gospodarstwa rolne.

Udane wdrożenie i zwiększenie liczby rolników korzystających z narzędzi oraz rozszerzenie obszaru stosowania narzędzi do zmiennego dawkowania nawozu to w dużej mierze zasługa aktywnej promocji i doradztwa dla rolników udzielanego przez firmę oferującą te narzędzia. Pomaga rolnikom efektywniej

wykorzystywać swoje maszyny, zasoby i czas pracy. W rezultacie znacznie poprawiła się jakość decyzji dotyczących uprawy roślin. Przesłanką do zastosowania zmiennego dawkowania nawozu jest zwykle czynnik finansowy. Innym bardzo ważnym czynnikiem mającym duży wpływ na wzrost liczby użytkowników narzędzi są prawdziwe, wzięte z życia sukcesy korzystających z nich rolników z sąsiedztwa. W niektórych przypadkach tym czynnikiem jest otwartość na innowacje rolnika, troska o środowisko i zmiany klimatu.

Rolnicy korzystają z tego narzędzia, oszczędzając swoje zasoby, a jednocześnie mają pozytywny wpływ na glebę i środowisko. Zaletą stosowania tego narzędzia są bardziej jednorodne pola, wyższe plony, lepsze i bardziej wyrównane parametry jakościowe oraz oszczędność azotu. W niektórych przypadkach zachętą jest ciekawość rolników i chęć wypróbowania nowych zaawansowanych technologii i uzyskania dobrych wyników w postaci oszczędzania zasobów bez utraty plonów i zysków. Część rolników to studenci studiujący na wyższych uczelniach, część to urodzeni innowatorzy, a część zdobywa doświadczenie za granicą uczestnicząc w międzynarodowych wystawach rolniczych. Połowa rolników otrzymała rządowe dofinansowanie, co również miało znaczenie w procesie rozszerzenia wykorzystania narzędzia. Zaletą narzędzia jest to, że jest łatwe w użyciu, niezawodne i opłacalne, co sprawia, że rolnicy są z niego zadowoleni. Jest również atrakcyjne dlatego, że nie ma potrzeby zatrudniania specjalnie wykwalifikowanego personelu do jego obsługi. W tym celu może zostać przeszkolony dowolny operator ciągnika pracujący już w gospodarstwie.

Firma dostarczająca te narzędzia aktywnie wspiera ich wdrażanie w gospodarstwie rolnym doradzając i pomagając rolnikom w ich wykorzystaniu. Narzędzie jest demonstrowane na corocznych wystawach rolniczych, organizowane są także seminaria i dni otwarte dla rolników i studentów kierunków rolniczych. Firma stale współpracuje z naukowcami i rolnikami, przeprowadzając eksperymenty i publikując wyniki.

Głównymi wyzwaniami podczas wdrażania narzędzia są wiek, motywacja i wykształcenie rolnika i/lub operatora ciągnika. Większość rolników korzystających z tego narzędzia ma od 30 do 50 lat. Czas potrzebny na wdrożenie narzędzia w gospodarstwie jest bardzo indywidualny w zależności od różnych okoliczności, środowiska i charakteru samego rolnika. Niektórzy rolnicy używają tych narzędzi już od 5-10 lat i planują dalsze z nich korzystanie. Dla pomyślnego wdrożenia ważna jest możliwość korzystania z narzędzia we własnej wersji językowej, dostępność aktualizacji i serwis posprzedażowy, szkolenia i obsługa klienta. Jeśli rolnicy widzą korzyść z używania narzędzia, czyli oszczędność zasobów i zwiększenie zysków, a dostępne są również porady na temat jego właściwego wykorzystania, to rolnicy chętnie z niego korzystają.

c. Organizacje producentów zwiększające poziom wykorzystania narzędzi – przykład spółdzielni producentów owoców jagodowych w Andaluzji w Hiszpanii

Hiszpańskie spółdzielnie rolnicze odgrywają ważną rolę we wszystkich sferach produkcji w sektorze owoców i warzyw. W wielu przypadkach to właśnie ich rola i wielkość produkcji sprawiają, że sektor jest konkurencyjny pomimo małej średniej wielkości gospodarstw. Organizacje producentów są zwykle głównym motorem innowacji w sektorze i dotyczy to również narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi.

Jednym z przykładów jest spółdzielnia Costa Huelva zlokalizowana w regionie Andaluzja w Hiszpanii. Spółdzielnię tworzy około 250 plantatorów owoców jagodowych działających na łącznej powierzchni 1300 ha. Znajduje się ona w pobliżu Parku Narodowego Doñana w Andaluzji, wpisanego na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO, jednego z najważniejszych w Europie, w którym występują problemy z nadmierną eksploatacją warstwy wodonośnej o powierzchni 2.409 km², ponieważ jest on otoczony obszarem nawadnianym, a także występuje wysokie ryzyko skażenia azotanami.

Od 2019 r. spółdzielnia jest zaangażowana w nowy projekt mający na celu poprawę zarządzania i efektywności odżywiania upraw wśród swoich rolników w celu uzyskania oszczędności wody i nawozów

przy jednoczesnym poszanowaniu środowiska. Rozwiązanie polega na wykorzystaniu kombinacji nowych narzędzi cyfrowych tak, aby ustalić minimalny koszt na hektar i na rolnika, ponieważ niektóre z kosztów mogą być wspólne dla wszystkich. Nowe podejście ma na celu umożliwienie technikom przeprowadzania badań w czasie rzeczywistym w określonych punktach, aby zrozumieć bilans środków odżywczych i wypłukiwania azotanów oraz móc ekstrapolować tę wiedzę na wszystkie gospodarstwa¹. Połączenie bilansu środków odżywczych w czasie rzeczywistym z narzędziami do ekstrapolacji umożliwia lepsze poznanie stanu odżywienia roślin, dzięki czemu zarządzanie składnikami odżywczymi jest weryfikowane co tydzień przez cały sezon. Perspektywa rolnika jest połączona z perspektywą środowiskową, dzięki firmie Wtech i jej narzędziom cyfrowym wykorzystywanym do uzyskania certyfikacji śladu azotanowego poprzez pomiar wymywania azotanów w podglebiu, w pobliżu czujników.

Zespół techniczny spółdzielni składa się z ponad 11 techników z wcześniejszym doświadczeniem w zarządzaniu cyfrowymi narzędziami gospodarki wodnej, a diagnostyka nawożenia wykonywana jest co 45-60 dni. Rolnik stojący na czele spółdzielni rozpoczął testowanie technologii na własnym gospodarstwie, a następnie na podstawie pozytywnych wyników promował ją wśród pozostałych członków. Kilku innych rolników dołączyło do eksperymentu. Dali przykład wykorzystania narzędzi we własnych gospodarstwach, przyjmując na siebie pierwsze inwestycje z tym związane. Po pewnym czasie doszło do konsensusu i zaakceptowania potrzeby zmiany.

Jednocześnie bardzo ważną rolę odegrała kadra techniczna spółdzielni oraz rola dostawców technologii. Wiele uwagi dostawcy technologii poświęcili odpowiedniemu wyszkoleniu personelu technicznego spółdzielni. Celem było rozwinięcie ich umiejętności korzystania z nowych narzędzi rolnictwa precyzyjnego oraz umiejętności podejmowania zapobiegawczych decyzji technicznych za pomocą nowego systemu diagnostycznego. Zostało to uznane za kluczowy aspekt zapewniający efektywne wdrożenie narzędzia i było konsekwentnie realizowane podczas całej fazy wdrażania. Spotkania szkoleniowe i doradcze odbywały się co trzy tygodnie. Doradcy w spółdzielni stali się „inteligentnymi doradcami”, którzy są w stanie zrozumieć ograniczenia i zalety każdego narzędzia zintegrowanego systemu i odpowiednio doradzać rolnikom. Wdrożenie systemu przez spółdzielnię umożliwia również drobnym rolnikom dzielenie się kosztami, dzięki czemu nie stanowią one istotnej przeszkody.

W rezultacie nowe narzędzia podstawowego zestawu do badania środków odżywczych (sok roślinny, sondy ssące) zostały opanowane z dużym powodzeniem, a w niektórych przypadkach zużycie azotanów zostało zmniejszone o prawie 70%, a zużycie potasu zostało zwiększone (o 30%) poprawiły się plony i jakość owoców. Jednocześnie wiodące gospodarstwa dzieliły się historią swoich sukcesów, aby promować zastosowanie systemu w ramach spółdzielni i obniżyć ślad azotanowy w środowisku.

3. Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania

a. Kluczowi interesariusze w procesie wdrażania

Najważniejszymi podmiotami po stronie popytu, czyli w ramach społeczności rolniczej, są innowacyjni rolnicy indywidualni – w niektórych przypadkach są oni także w pewnym sensie liderami w swoich społecznościach – „pionierami”, którzy mogą być najważniejszymi czynnikami upowszechniania nowych pomysłów i narzędzi. Usługi doradcze, zarówno publiczne, jak i prywatne, wydają się być najbardziej istotne po stronie podażowej; istotną rolę mogą również odgrywać dostawcy technologii.

¹ W punktach umieszczenia czujników używane są nowe sondy azotanowe Nutrisens do pomiarów w strefach korzeni i drenażu, które wraz z innymi czujnikami zbierają dane pozwalające na nawadnianie i nawożenie bez wypłukiwania azotanów (Scada de infocultivo lub e-verd de Verde Smart). Inteligentne i precyzyjne prognozy pogody wraz z alertami dla danych obszarów są dostarczane przez inne narzędzia (Meteogrid, Simena). Dane te są ekstrapolowane za pomocą teledetekcji (Geodim web gis) oraz podstawowego zestawu do badania środków odżywczych, co pozwala na postawienie obiektywnej diagnozy na temat stanu środków odżywczych w dniu wizyty technika w terenie.

Organy publiczne odgrywają rolę, zwłaszcza gdy w grę wchodzi kwestie ochrony środowiska, np. w przypadku wyłukiwania składników odżywczych (N) na obszarach wrażliwych przyrodniczo lub gdy zanieczyszczenie spowodowane składnikami odżywczymi staje się problemem powszechnym. Jednak rolnicy często mają obawy dotyczące narzędzi opracowanych lub kontrolowanych przez organy publiczne, ponieważ obawiają się, że narzędzie to mogłoby zostać wykorzystane do ścisłej kontroli wszystkich ich działań.

Czasami instytucje naukowe (poprzez konkretne projekty) są kluczowymi partnerami opracowującymi narzędzie i współpracującymi z innymi organizacjami w celu przeprowadzenia prób polowych i/lub znalezienia gospodarstw pilotażowych; w niektórych przypadkach narzędzie skaluje się w górę i jest używane przez większą grupę rolników.

b. Jak to się zaczyna?

Zazwyczaj innowacyjni rolnicy szukają inspirujących przykładów lub doświadczeń, ponieważ chcą ulepszyć swoje gospodarstwa lub po prostu dlatego, że są innowacyjni i lubią próbować nowych rzeczy. Chętnie wyjeżdżają nawet poza swoją okolicę by poznać inne warunki. Czasami, gdy proces rozpoczyna się po stronie podaży, doradcy lub dostawca narzędzi w fazie pilotażowej kontaktują się z tymi rolnikami, o których wiadomo, że są otwarci na innowację, naukę i wypróbowywanie nowych rzeczy.

Rozpowszechnianie informacji na temat wcześniejszych pomyslnych przypadków wdrożenia narzędzia jest szczególnie pomocne w zwiększaniu poziomu wdrożenia wśród rolników. Po tym, jak pierwsi rolnicy zaczną korzystać z narzędzia, ich naśladowcy przyglądają się swoim sąsiadom i sami też są skłonni spróbować.

Obowiązkowe ramy prawne, jeśli istnieją, również przyspieszają wdrażanie, zwłaszcza gdy narzędzie jest uznawane/akceptowane przez organy publiczne ze względu na zgodność z wymogami prawa. Może to wynikać z coraz większej złożoności wymogów prawnych, które określają zakres bieżących działań rolniczych. Gdy narzędzie zapewnia kontrolę, a nawet gwarantuje spełnienie tych wymagań, może być kluczowym czynnikiem stymulującym wzrost poziomu wdrożenia.

Doradcy odgrywają kluczową rolę w upowszechnianiu dostępnych narzędzi. Mogą to robić, ponieważ mają kontakt z wieloma rolnikami i mają czas na opanowanie obsługi konkretnego narzędziem, podczas gdy większość rolników cierpi na brak czasu lub po prostu działa w sposób rutynowy. Jednak nawet wśród doradców, to ci najbardziej innowacyjni są tymi którzy popychają ten cały proces naprzód. Aby wielokrotnie poziom wdrożenia, kluczowe znaczenie ma szkolenie wszystkich doradców, dzięki czemu innowacje i nowe narzędzia staną się powszechnie stosowane.

c. Warunki zwiększenia poziomu wdrożenia

Jeśli chodzi o umiejętności, rolnik stara się być na dłuższą metę samowystarczalny, używając dobrze znanych i/lub prostych i poręcznych narzędzi. Bardziej złożone systemy (wielonarzędziowe lub złożone) wymagają bezpośredniej i stałej pomocy dobrze wyszkolonych techników. Technicy muszą dobrze poznać narzędzie – aby właściwie je zademonstrować oraz żeby wiedzieć czy i jak przyda się rolnikom oraz bardzo dobrze rozumieć główne potrzeby, oczekiwania i życzenia rolników. Ponadto doradcy radzą sobie dużo lepiej, gdy mają dobre umiejętności komunikacyjne i znają język użytkowników. Wzajemne zrozumienie staje się znacznie łatwiejsze, gdy istnieje długotrwała, oparta na zaufaniu relacja z rolnikiem.

Niezawodne i łatwo dostępne wsparcie jest bardzo ważne w początkowej fazie. Istotne są również wcześniejsze relacje między rolnikami a kluczowymi podmiotami po stronie podaży; tj. doradcą, dostawcą narzędzia, spółdzielnią rolników itp. Zaufanie jest warunkiem wstępnym do dalszej współpracy, próbowania nowych rzeczy. Zarówno doradcy jak i dostawcy mogą zbudować właściwe środowisko do wprowadzania nowych narzędzi.

Nie jest jednak jasne, czy solidne naukowe podstawy narzędzia mają większy wpływ na poziom wdrożenia danego narzędzia niż zaufanie, jakim rolnicy obdarzają posłańca (które może nie być bezpośrednio związane z naukową solidnością samego narzędzia).

W udanym wdrożeniu bardzo pomaga (lub wręcz jest konieczne), gdy narzędzie jest dopasowane do kontekstu danego gospodarstwa, w tym sensie, że łączy się z czymś, co już jest w systemie: innym narzędziem lub technologią, procesem lub know-how, lub sposobem działania. Im bardziej odseparowane i/lub odrębne jest narzędzie, tym trudniej przekonać rolnika do korzystania z niego: dlatego też powinien istnieć bardzo wyraźny bodziec (ekonomiczny, administracyjny itp.). W tym sensie bardziej obiecujące może być rozwijanie już istniejących, dobrze funkcjonujących narzędzi niż wymyślanie zupełnie nowego.

Kiedy cele są jasne albo stawka jest wysoka, rolnik jest w stanie zaakceptować, że użycie jednego narzędzia może się skończyć częściowym niepowodzeniem. Rolnik zawsze może skorzystać z innego. Sytuacja jest inna, gdy zachęty do wdrożenia narzędzia lub potencjalne korzyści są niejasne.

Koszt narzędzi jest często opisywany jako przeszkoda. Niemniej jednak, ze zbadanych przypadków wynika, że rolnicy często mają do dyspozycji bezpłatne narzędzia. Ponadto koszt narzędzia może nie stanowić bariery, gdy istnieje wyraźnie pozytywny stosunek kosztów do korzyści: tj. lepsze jakościowo i ilościowo zbiory lub, w dużych gospodarstwach, gdy koszt jednostkowy jest niski. Ceny mogą być również przystępne, gdy występują korzyści skali, na przykład poprzez dzielenie się technologiami i wsparciem technicznym przez kilku rolników, co prowadzi do opisanego wcześniej scenariusza. Bezpośrednie zaangażowanie stowarzyszeń lub spółdzielni rolniczych jest bardzo ważne.

Na początkowych etapach kwestie związane z danymi nie wydają się być główną barierą. Może tak się stać na późniejszym etapie procesu wdrażania, gdy metody rolnicze stają się bardziej cyfrowe, a usługi połączone. Poza tym kwestie związane z ochroną danych mogą stanowić problem, gdy istnieje potencjalne ryzyko, że rolnicy będą się obawiać, że organy publiczne wykorzystają dostęp do wrażliwych danych jako środek interwencji lub kontroli.

4. Zebrane przypadki

Poniższe tabele przedstawiają zebrane przypadki (z wyjątkiem omówionych powyżej). Eksperti grup fokusowych zbadali 15 przypadków z 10 krajów.

a. Düngeplanung (= "planer nawożenia") - Niemcy, Dolna Saksonia

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Niemcy, Dolna Saksonia
Sektor	Rolnictwo
Liczba rolników	100 - 200
Średnia wielkość gospodarstwa	Od 5 do kilkuset hektarów
Wiek rolnika (rolników)	Bardzo zróżnicowany
Nazwa narzędzia	Düngeplanung (= "planer nawożenia")
Do jakich operacji służy narzędzie?	Opracowanie planu nawożenia
Okres eksploatacji (narzędzia)	Okolo 8 lat

Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Doradcy rolni, którzy używają narzędzia korzystając z danych od rolników. Rolnicy często zlecają doradcom opracowanie planów nawożenia. W praktyce rolnicy zazwyczaj przekazują wszystkie informacje (na temat pola, historię upraw, analizy gleby i roślin, historię nawożenia itp.) i proszą doradców o sporządzenie dla nich planu nawożenia. Plan ten jest zwykle przyjmowany kilka razy w ciągu sezonu wegetacyjnego. Uzasadnienie: wymagania prawne i administracyjne. Ale wynika to także z troski o zanieczyszczenie środowiska. A w ostatnim czasie wynika to także z oszczędności, bo ceny nawozów podwoiły się, a nawet potroiły.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Narzędzie zostało dostosowane do potrzeb rolnika pod kątem wymagań prawnych dotyczących nawożenia
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Do pewnego stopnia. Istnieje kilka bardzo udanych komercyjnych rozwiązań, jednak wielu z nich brakuje wyrafinowania, aby sprostać skomplikowanym wymaganiom nawozowym
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze	Problemy z ochroną danych
Finansowanie zewnętrzne?	Tak, finansowane przez kraj związkowy Dolna Saksonia
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Zmiany przepisów prawa; nieintuicyjny interfejs narzędzia, brak wsparcia IT
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Częściowo. Niektórzy rolnicy zrezygnowali, ponieważ byli zniechęceni opóźnionymi aktualizacjami oprogramowania
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Doradcy rolni - urzędnicy publiczni. Niektórzy rolnicy musieli wypełnić dokumentację administracyjną związaną z nawożeniem
Główne zalety stosowania narzędzia	Plan jest opracowywany z wyprzedzeniem poprzez korzystanie z różnych źródeł danych
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Czasem tylko doradca, czasem jeden rolnik
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Rolnicy nie lubią pracować z wersjami beta narzędzi. Oczekują oprogramowania, które pomoże im zmniejszyć nakład pracy, a nie chcą pracować z narzędziami, które przysparzają im dodatkowej pracy

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Okolo 2-5 EUR/ha na rok, ale bardzo zmienny; użytkowanie narzędzia było w przeszłości dotowane
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Tylko niemiecki
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	Komputer, aplikacja byłaby przydatna
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Nieregularne aktualizacje; pojawiły się pomysły na ulepszenie narzędzia, ale ich wdrożenie zajmuje dużo czasu
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Obsługa klienta jest słaba, a byłaby niezwykle pomocna we wspieraniu rolników w korzystaniu z tego narzędzia
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Pola (API do już istniejących danych), analiza gleby, historia nawożenia pola, płodozmian i informacje o plonach
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Jak wyżej
Wizualizacja, interpretacja	Wizualizacja jest słaba; To jedna z zasadniczych wad. Istnieje możliwość lepszej wizualizacji wyników
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Konkretne liczby nie zawsze są poparte dowodami. Czytelne odniesienie do danych z pewnością pomogłoby uatrakcyjnić narzędzie
Kompleksowość narzędzia	Narzędzie jest dość złożone Jednak dobrze byłoby zintegrować więcej danych na zasadzie nieobowiązkowej (np. moduły rolnictwa precyzyjnego)
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dane są w pełni suwerenne Oprogramowanie działa w trybie offline.
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Potrzebne jest wsparcie w korzystaniu z narzędzia
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Częściowo Są podejmowane próby, aby to osiągnąć, ale nie działa to jeszcze poprawnie.
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Nie wiem
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Korzystanie z narzędzia wymaga szkolenia

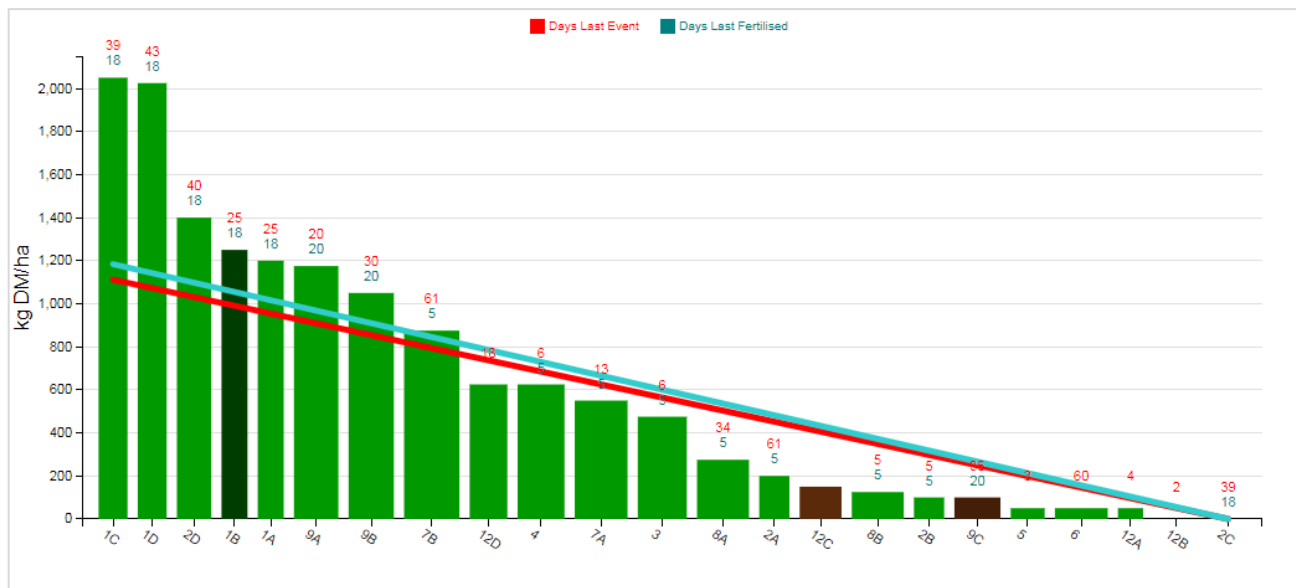
b. PastureBaseIreland - Irlandia

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Irlandia
Sektor	Dostępne dla wszystkich sektorów, ale najczęściej stosowane przez hodowców bydła mlecznego
Liczba rolników	3 000
Średnia wielkość gospodarstwa	niedostępne oficjalnie, ale przeciętne gospodarstwo mleczne w Irlandii to 40 ha
Wiek rolnika (rolników)	45 - 54
Nazwa narzędzia	PastureBaseIreland
Do jakich operacji służy narzędzie?	Główna funkcja: pomiar/rejestracja wzrostu trawy w ujęciu tygodniowym; na podstawie tych informacji generowane są różne raporty, w tym dotyczące wykorzystania azotu/nawozów
Okres eksploatacji (narzędzia)	8 lat (początek w 2014 r.)
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Lepsze gospodarowanie trawą, aby przygotować się na zniesienie systemu kwot mlecznych w Irlandii w 2015 r. Przede wszystkim potrzeba uprawy większej ilości trawy na paszę dla większej liczby krów mlecznych po zniesieniu systemu kwot mlecznych.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Nic porównywalnego nie jest dostępne w Irlandii. Doradcy z firmy Teagasc (twórcy/właściciele narzędzia) oraz porady innych rolników w grupach dyskusyjnych. We wiodącej gazecie rolniczej (Irish Farmers Journal) regularnie pojawiają się również informacje o rolnikach korzystających z narzędzia oraz dane dotyczące ich trawy.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Mało prawdopodobne, ale nie wiem na pewno; mogły kiedyś istnieć jakieś produkty konkurencyjne
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Nie dotyczy
Finansowanie zewnętrzne?	Bezpłatne narzędzie dla rolników, ale przyczyniają się oni do ogólnej „opłaty mlecznej”, która po części sfinansowała pierwotny rozwój narzędzia
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	To co zwykle: nowe narzędzie = stosunek kosztów do korzyści na poziomie rolnika; np. dlaczego potrzebuję nowego narzędzia do zarządzania trawą? Nie mam czasu. Dlaczego Teagasc (krajowy organ doradczy) naciska na to? Itp.

Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Rolnicy (wdrażający narzędzie) w większości sprościli wyzwaniom, ale każdy nowy użytkownik będzie miał podobne pytania/wyzwania
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Zacząło się od doradcy (Teagasc), ale narzędzie zostało wypromowane za pośrednictwem grup dyskusyjnych rolników. Teagasc to publiczny organ doradczy
Główne zalety stosowania narzędzia	Bardziej efektywne wykorzystanie trawy i kisonki
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Często tylko jeden: właściciel/zarządca gospodarstwa, ale może ktoś z personelu również
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Wątpię

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Aplikacja jest darmowa
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Irlandia
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC, Mac, Android, iOS
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Automatyczne przez techników Teagasc
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Filmy instruktażowe dostępne online oraz możliwość indywidualnego kontaktu z doradcą
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Układ gospodarstwa, lokalizacja, wielkość wybiegu
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Rolnik wprowadza dane ręcznie
Wizualizacja, interpretacja	Widżet pokazuje wykres słupkowy z ilością trawy na różnych wybiegach z nałożonym zapotrzebowaniem bydła (patrz przykład)

Przykładowy widżet



c. VRA, Yara Sensor, N tester - Litwa

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Litwa - Kowno, Joniszki, Szakiai
Sektor	Produkcja roślinna
Liczba rolników	50
Średnia wielkość gospodarstwa	500 - 1000 ha
Wiek rolnika (rolników)	30 - 50
Nazwa narzędzia	Nawóz o zmiennym dawkowaniu, Yara N-Sensor, N-tester
Do jakich operacji służy narzędzie?	Do stosowania azotu w zmiennym dawkowaniu, regulatorów wzrostu i fungicydów
Okres eksploatacji (narzędzia)	5 – 10 lat

Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Łatwy w użyciu, niezawodny, opłacalny, zadowoleni rolnicy
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Przestrzeganie zaleceń dotyczących rolnictwa precyzyjnego
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Nie
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	-
Finansowanie zewnętrzne?	Połowa rolników otrzymała dofinansowanie ze środków publicznych
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Wiek traktorzysty, motywacja, wykształcenie
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Zostały rozwiązane
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa lub stowarzyszenie rolników itp.)	Wpływ rolników zadowolonych z narzędzia na pozostałych
Główne zalety stosowania narzędzia	Bardziej jednorodne pola, wyższe plony, lepsze i bardziej wyrównane parametry jakościowe, oszczędność azotu
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Średnio dwóch
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Tak, niektórzy rolnicy chętnie przeprowadzają próby na polach, aby przetestować coś nowego

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Czujnik kosztuje 40000-55000 euro i pozwala zaoszczędzić 100-150 euro/ha/rok. Badania gleby to około 20 euro/ha/4 lata
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Tak, dostępne w lokalnym języku (litewski)

Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Tak, aktualizacje i utrzymanie dostępne
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Tak, obsługa klienta dostępna
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Mapy stosowania, mapy przyswajania azotu
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Wszystkie dane zbierane online i przesyłane do cyfrowej platformy rolniczej Agriport
Wizualizacja, interpretacja	Tak, mapy stosowania, mapy przyswajania azotu
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Tak potwierdzone wieloletnimi próbami polowymi
Kompleksowość narzędzia	Tak, proste w użyciu
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Wszystkie dane są chronione nazwą użytkownika i hasłem
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Tak, można się połączyć online z konsultantem i uzyskać pomoc
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Tak, wszystkie dane mogą być zapisywane w formatach standardowych, "shape" lub „iso.xml”, i wysyłane do innej cyfrowej platformy rolniczej
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Informacje o zużyciu nawozów na każdym polu dla każdej uprawy
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Niekoniecznie, można wyszkolić dowolnego operatora ciągnika w gospodarstwie.

d. Tool Box – Andaluzja, Hiszpania

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Hiszpania - Andaluzja - Sewilla
Sektor	Produkcja owoców
Liczba rolników	Prywatne przedsiębiorstwo
Średnia wielkość gospodarstwa	105 ha
Wiek rolnika (rolników)	Prywatne przedsiębiorstwo
Nazwa narzędzia	Różne narzędzia: geodim (web gis), Verde Smart (e-verd 2.0-Nutrisens do pomiaru azotanów i potasu w glebie oraz dendrometr Plantsens), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO)
Do jakich operacji służy narzędzie?	Kontrola rozwoju wegetatywnego, wzrost owoców, zarządzanie w celu utrzymania rezerw fotoasymilatów i azotanów w roślinach na następny rok w celu uzyskania najwyższej możliwej produkcji przy najniższych nakładach i kontrola azotanów w celu uzyskania śladu azotanowego
Okres eksploatacji (narzędzia)	Od sierpnia 2021 r.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Jest to duża firma, z 3000 ha drzew owocowych, jeden z liderów w Hiszpanii. Firma szukała niestandardowego rozwiązania do wdrożenia rolnictwa precyzyjnego na dużą skalę, zwłaszcza wszystkiego, co dotyczy zarządzania nakładami, nawozami i wodą, dążąc do potencjalnych oszczędności nawozów, których koszt to ponad 5 mln EUR/rok oraz potencjalnej poprawy wielkości i jakości produkcji (wielkości owoców). Plan nawożenia jest teoretyczny, oparty na doświadczeniu, ale nie ma narzędzi diagnostycznych dostępnych w czasie rzeczywistym podczas realizacji planu, aby stwierdzić, czy występuje nadwyżka lub brak składników odżywczych, zwłaszcza azotanów.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Odwiedzanie miejsc, w których pomyślnie zastosowano tę metodologię w Hiszpanii i komunikacja z dużymi gospodarstwami za granicą (Peru).

Czy przetestowano kilka narzędzi?	Tak, „inteligentna metoda” obejmuje GIS, teledetekcję, punkty monitoringu z czujnikami (czujnik roślinno-azotowy Nutrisens firmy Verde Smart – wilgotność gleby – pogoda), podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, szkolenie, inteligentne prognozowanie pogody oraz roczna opłata za usługi on-line i wsparcie. Metodologia zarządzania środkami odżywczymi, która łączy cotygodniowe badanie bilansu środków odżywczych roślin, z codziennymi odczytami czujników azotanów i potasu w strefie korzenia oraz drenażu pod korzeniami w celu wykrycia wymywania azotanów, mająca na celu maksymalne oszczędzanie azotanów.
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Połączenie oszczędności, pracy zespołowej, komunikacji, tworzenia know-how i zrównoważonego rozwoju. Poszukiwano narzędzia, które ułatwi stworzenie rejestru pozytywnych przykładów wdrożenia, upowszechni wiedzę wewnątrz firmy oraz ułatwi komunikację, przekazywanie doświadczeń i usprawni pracę zespołową w organizacji z ponad 20 technikami i 30 różnymi gospodarstwami.
Finansowanie zewnętrzne?	Nie
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Reinżynieria procesów biznesowych powiązana z podejmowaniem decyzji o nakładach w całej organizacji, gdzie szkolenie w zakresie korzystania z nowych narzędzi stanie się jednym z najważniejszych elementów. Konieczne było poszukiwanie liderów zmian, otwartych na technologię i chętnych do nauki i odnoszenia sukcesów, gotowych do komunikowania się z resztą organizacji, przy wyraźnym wsparciu CEO i managementu, bezpośrednio zaangażowanego w zmianę. Firma miała już na swoim koncie niepowodzenia we wdrażaniu innych technologii i była w stosunku do nich powściągliwa.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Problemy zostały rozwiązane, cele zostały osiągnięte: dwóch techników charakteryzujących się chęcią uczenia się z 2 różnych gospodarstw zostało wybranych na liderów zmian, odbywały się cotygodniowe wideokonferencje z udziałem przedstawicieli kierownictwa skierowane do działu technicznego, który początkowo był niechętny zmianom, oraz zatrudniono nowego technika rolnictwa precyzyjnego, aby pomógł w promowaniu zmian. Od pierwszego tygodnia uprawy zapadły decyzje, nastąpiły istotne zmiany w planie stosowania azotanów i potasu. Produkcja zwiększyła się o 15%, owoce są większe Zużycie potasu wzrosło o 30%. Zużycie azotanów pozostało na tym samym poziomie, ale wydaje się, że w przyszłym roku są możliwe oszczędności.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Cieszący się zaufaniem menedżer, oraz przykłady udanych wdrożeń.
Główne zalety stosowania narzędzia	Inteligentna prognoza pogody, pomoc w decyzjach dotyczących nawadniania i składników odżywczych, sprawdzana i dostosowywaną codziennie dzięki 2 punktom „monitorowania-pomiaru” z czujnikami Verde Smart. Łatwy w użyciu po przeszkoleniu system identyfikowalności, stworzony przez dział techniczny, rozwój zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji dotyczących nawadniania i nawożenia oraz tworzenie know-how firmy tak, aby każdego roku być w stanie pogodzić rentowność ze zrównoważonym rozwojem.

Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	5
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	W szkoleniu ważne jest wyjaśnienie zalet i ograniczeń każdego narzędzia oraz tego, że nie ma „jednego narzędzia, które rozwiązuje wszystkie problemy”, ale że kluczem jest połączenie różnych rodzajów narzędzi, z uwzględnieniem prezentowanego na szkoleniu, ponieważ konieczne jest znalezienie optymalnego stosunku kosztów i korzyści

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Ekonomiczny stosunek kosztów do korzyści, 90 EUR/ha/rok z podziałem na podstawowe inwestycje w infrastrukturę i roczne wydatki między 105 ha (52 EUR/ha podstawowa infrastruktura i 38 EUR/ha/rok wydatki roczne).
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Dostępne w języku hiszpańskim na terenie całego kraju
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC, telefon komórkowy i tablet i są obsługiwane przez iOS i Android.
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Regularne aktualizacje Obsługa klienta mailowa i telefoniczna
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Cotygodniowe spotkania (wideokonferencje). Rozwój zdolności personelu technicznego do korzystania z nowych narzędzi rolnictwa precyzyjnego i jego zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji technicznych dzięki nowym danym.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Dane GIS. Dane z czujników, dane z badań polowych (jakość, podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, badanie powierzchni liści, prognoza produkcji)
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Dane z czujników są powiązane z różnym oprogramowaniem i są zintegrowane
Wizualizacja, interpretacja	Przyjazny, „czerwony i zielony” interfejs, po zdobyciu doświadczenia ułatwia diagnostykę problemów roślin. Klient jest szkolony w zakresie tworzenia własnych alertów w oparciu o własne doświadczenia, a nacisk kładziony jest na „decyzje zapobiegawcze” oparte na własnych spersonalizowanych alertach.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Projekt prywatny
Kompleksowość narzędzia	Jest to narzędzie dla personelu technicznego, ponieważ integruje różne technologie. Personel należy przeszkolić, aby był w stanie zrozumieć ograniczenia i zalety każdej z nich.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dane należą do klienta

Dostępność doradcy, zaangażowanie	Personel techniczny, doradcy, właściciele mają dostęp do narzędzia
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Nie, jest to rozwiązanie prywatne, należy do klienta
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Gospodarstwo znajduje się w pobliżu Parku Narodowego Doñana w Andaluzji, wpisanego na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO, jednego z najważniejszych w Europie, w którym występują problemy z nadmierną eksploatacją warstwy wodonośnej o powierzchni 2.409 km ² , ponieważ jest on otoczony obszarem nawadnianym, a także występuje wysokie ryzyko skażenia azotanami, który za 15 lat może wyglądać jak Mar Menor. W ciągu pierwszych sześciu miesięcy prowadzono prace mające na celu zrozumienie dynamiki drenażu, a jednocześnie od samego początku podjęto decyzje o zmianie teoretycznego planu nawożenia, co doprowadziło do zmniejszenia użycia azotanów (10%) i wzrostu nakładów potasu (30%) i doprowadziło do rekordowego poziomu produkcji i wielkości owoców (20% większa produkcja i 10% większe owoce). Oczekuje się, że w tym roku rozpoczną się prace nad certyfikatem śladu azotanowego.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Tak, zatrudniono personel techniczny jako specjalistów ds. rolnictwa precyzyjnego i certyfikacji.

e. FARMDOK – Austria i Niemcy

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Austria, Niemcy
Sektor	Wszystkie typy gospodarstw
Liczba rolników	>2000
Średnia wielkość gospodarstwa	50 - 80
Wiek rolnika (rolników)	20 - 60
Nazwa narzędzia	FARMDOK
Do jakich operacji służy narzędzie?	Dokumentacja działalności w gospodarstwie, kalkulacja zapotrzebowania na składniki odżywcze, planowanie nawożenia, gospodarowanie nawozami organicznymi, tworzenie map stosowania

Okres eksploatacji (narzędzia)	7 lat
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Obliczenia, optymalizacja i dokumentacja dawkowania nawozów. Spełnienie wymagań prawnych
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Narzędzie było stale udoskonalane w okresie eksploatacji.
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Opinie użytkowników, rozwój technologii.
Finansowanie zewnętrzne?	Nie
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Zarówno w Austrii, jak i zwłaszcza w Niemczech, przepisy prawne dotyczące nawożenia i dozwolonych nakładów składników odżywczych (N i P) są bardzo złożone. Opracowanie wszystkich niezbędnych funkcji narzędzia był uciążliwe i kosztowne. Zmiany przepisów prawnych w trakcie procesu wdrażania narzędzia sprawiły, że jego dopracowanie stało się jeszcze większym wyzwaniem.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Rozwiązano problemy, przeprowadzono testy z rolnikami i wyspecjalizowanymi doradcami publicznymi.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Rolnicy
Główne zalety stosowania narzędzia	Indywidualne obliczanie zapotrzebowania na składniki odżywcze i automatyczna dokumentacja stosowania nawozów.
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Możliwe szkolenie online za pośrednictwem filmów na YouTube
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Nie dotyczy
Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	149 euro/ha/rok do 100 ha; wersja z rolnictwem precyzyjnym jest droższa

Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Wersje dla Austrii i Niemiec dostosowane do lokalnych przepisów prawa, wersje węgierskie, słowackie i czeskie nie
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	Interfejs WWW, aplikacja mobilna (IOS i Android)
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Aktualizacje w razie potrzeby; codzienne aktualizacje danych ochrony roślin
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Dedykowana obsługa klienta przez telefon lub mail. Szkolenia online i bezpośrednie szkolenia grupowe w razie potrzeby.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Cyfrowe granice działek
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Dane własne gospodarstwa
Wizualizacja, interpretacja	Interaktywna mapa, wykresy, możliwość eksportu w różnych formatach.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	
Kompleksowość narzędzia	Obsługa narzędzia jest w dużej mierze intuicyjna
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dostęp do danych ma tylko użytkownik
Dostępność doradcy, zaangażowanie	
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Wymagane przez prawo raporty można wygenerować od ręki, gdy wcześniej sporządzono dokumentację dotyczącą działalności gospodarstwa.
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Obliczanie stosunku kosztów i zysków możliwe na poziomie gospodarstwa, upraw i hektarów.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel	Narzędzie przeznaczone do użytku przez rolników.
o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	

f. GeoSCAN - Bułgaria, Rumunia, Ukraina

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Bułgaria, Rumunia, Ukraina

Sektor	Rolnictwo
Liczba rolników	>200
Średnia wielkość gospodarstwa	750 ha
Wiek rolnika (rolników)	45 - 60
Nazwa narzędzia	GeoSCAN
Do jakich operacji służy narzędzie?	Zarządzanie całym procesem pobierania próbek gleby, interpretacji wyników, zaleceń nawozowych i generowania map stosowania zmiennego dawkowania.
Okres eksploatacji (narzędzia)	5 lat
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Optymalizacja nawożenia dla średnich i dużych gospodarstw.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Narzędzie było stale udoskonalane w okresie eksploatacji.
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Opinie użytkowników, rozwój technologii.
Finansowanie zewnętrzne?	Nie
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Głównym wyzwaniem dla stosowania zmiennego dawkowania są wątpliwości rolników co do rzeczywistych korzyści płynących z tego rozwiązania. Pojawiają się również przeszkody technologiczne w realizacji zaleceń/map cyfrowych nawożenia na polu – odpowiedni sprzęt, przeszkolony personel.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Wyzwaniom sprostano dzięki testom i demonstracjom na polach rolników, wyczerpującym szkoleniom i polowemu wsparciu technicznemu.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Głównym czynnikiem sprzyjającym jest dostawca technologii i usług doradczych – NIK Agro Service Ltd. Który działa w obu krajach.
Główne zalety stosowania narzędzia	Znaczące ograniczenie stosowania nawozów fosforowych, nawozy azotowe, a zwłaszcza stosowanie zmiennego dawkowania są nadal w fazie próbnej.

Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	W zależności od wielkości gospodarstwa – od 2 do 5.
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Nie dotyczy

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Nie dotyczy
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Dostępne wersje językowe: angielska, rumuńska, bułgarska, ukraińska, rosyjska, włoska, hiszpańska. Narzędzie dostępne w tych krajach
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	Web SaaS, aplikacja mobilna (IOS i Android)
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Cykl aktualizacji - 2-3 tygodnie. Specjalistyczne narzędzia do onboardingu użytkowników i powiadomień o aktualizacjach.
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Dedykowana obsługa klienta, wizyty doradców na polach, specjalistyczne zaplecze szkoleniowe – Akademia NIK z salami szkoleniowymi, sprzętem i polami testowymi.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Cyfrowe granice działek, zdjęcia z Sentinel-2, sprzęt do monitorowania pogody (stacje pogodowe i czujniki gleby), interfejs API prognozy pogody dostarczony przez zewnętrznego dostawcę.
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Integracje z interfejsami API innych firm – nawigacja wyświetla połączenia danych.
Wizualizacja, interpretacja	Interaktywna mapa, wykresy, możliwość eksportu w różnych formatach. Wysoce konfigurowalne interpretacje i algorytmy rekomendacji.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Współpraca z wiodącymi uniwersytetami w UE i USA, certyfikacja ISO w zakresie bezpieczeństwa informacji, jakości i procedury pobierania próbek gleby.
Kompleksowość narzędzia	Nie dotyczy, nie rozumiem pytania
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Poprzez API i eksport danych.
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Pełna integracja z usługami doradczymi.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Częściowo do dokumentacji związanej z PPP i prowadzenia rejestrów.

Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Obliczanie i planowanie wydatków to podstawowa funkcjonalność systemu.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Narzędzie przeznaczone jest do użytku przez kierowników gospodarstw i agronomów.

g. TerraZo – Austria

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Austria
Sektor	Uprawa zbóż
Liczba rolników	>500
Średnia wielkość gospodarstwa	15 - 200
Wiek rolnika (rolników)	20 - 60
Nazwa narzędzia	TerraZo
Do jakich operacji służy narzędzie?	Tworzenie map stosowania nawozów oraz porady dotyczące nawożenia
Okres eksploatacji (narzędzia)	2 lata
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Spełnienie wymagań strategii "od pola do stołu" – lepsze zarządzanie azotem
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Narzędzie jest nowe – podstawą zalecanych dawek azotu w różnych strefach pola są wyniki badań polowych z ostatnich 5 lat; brane są pod uwagę różnice między regionami wilgotnymi i suchymi.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Narzędzie było stale udoskonalane w okresie eksploatacji.
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Wiedza o tym, jak poprawić zarządzanie azotem w naukowo udowodniony sposób, była motorem napędowym do stworzenia narzędzia.
Finansowanie zewnętrzne?	Tak
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Właściwa interpretacja zróżnicowanego rozwoju upraw w poszczególnych strefach pola i podjęcie właściwych decyzji dotyczących nawożenia (również w kwestii różnic ilościowych między poszczególnymi strefami)

Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Wykonano testy w 20 gospodarstwach pilotażowych przy pomocy doradców z izb rolniczych.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Ministerstwo Rolnictwa, izby rolnicze, Josephinum Research.
Główne zalety stosowania narzędzia	Brak kosztów, łatwe w użyciu, udoskonalone nawożenie; mniej azotu potrzebne do uzyskania tego samego plonu
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Narzędzie jest intuicyjne. Regularne szkolenia dla grup rolników.
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Nie dotyczy

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Darmowe
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Austria
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	Aplikacja internetowa + aplikacja mobilna (IOS i Android)
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Ciągłe aktualizacje/ulepszenia/nowe funkcje
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Obsługa klienta za pośrednictwem izb rolniczych i Josephinum Research. Szkolenia grupowe
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Internet
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Każda firma lub instytucja może korzystać z algorytmu poprzez API. API z Borealis L.A.T GmbH
Wizualizacja, interpretacja	Interaktywna mapa, z której można korzystać na telefonie komórkowym podczas rozsiewania nawozów
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Setki naukowo potwierdzonych prób polowych przeprowadzonych w ciągu 5 lat daje solidną podstawę.
Kompleksowość narzędzia	Obsługa narzędzia jest w dużej mierze intuicyjna

Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dostęp do danych ma tylko użytkownik
Dostępność doradcy, zaangażowanie	
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Wymagane przez prawo raporty można wygenerować od ręki, gdy wcześniej sporządzono dokumentację dotyczącą działalności gospodarstwa.
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Obliczanie stosunku kosztów i zysków możliwe na poziomie gospodarstwa, upraw i hektarów.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Narzędzie przeznaczone do użytku przez rolników.

h. SATIVUM – Hiszpania, Kastylia i León

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Hiszpania, Kastylia i León
Sektor	Głównie zboża nawadniane deszczem lub podlewane.
Liczba rolników	5
Średnia wielkość gospodarstwa	150 ha
Wiek rolnika (rolników)	40 lat
Nazwa narzędzia	SATIVUM (www.sativum.es)
Do jakich operacji służy narzędzie?	Plan stosowania środków odżywczych na bieżący sezon, monitorowanie upraw za pomocą obrazów teledetekcyjnych (Sentinel-2); rejestrowanie zadań wykonywanych na polach (uprawa, zabiegi fitosanitarne, nawozy itp.); sprawdzanie prognozy pogody i obserwowanie historycznych danych meteorologicznych.
Okres eksploatacji (narzędzia)	Od marca 2021 r.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Demonstracja narzędzia na zebraniach i warsztatach stowarzyszeń rolniczych. Przyjęto również zmiany przepisów, w szczególności SATIVUM zostało wskazane jako obowiązkowe narzędzie bilansu składników odżywczych w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami. Aby uzyskać zezwolenie na utworzenie nowego gospodarstwa hodowlanego również należy z niego korzystać.

Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Darmowe
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Tak
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Poręczna i prosta aplikacja, powinno być narzędziem łatwym w obsłudze i intuicyjnym. Korzystanie z niego powinno być możliwe bez konieczności inwestowania wielu godzin w szkolenia.
Finansowanie zewnętrzne?	Tak, narzędzie jest częścią platformy FAST po stronie środków odżywczych
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Głównym wyzwaniem było przyzwyczajenie rolników do narzędzia i regularnego korzystania z niego. Również, aby ufali rekomendacjom modułu składników odżywczych. Wydaje się, że to było największe wyzwanie. Narzędzie zostało opracowane wraz ze źródłami danych, co sprawia, że większość wymaganych danych jest już wstępnie wprowadzona
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Rolnik przyzwyczał się do aplikacji, więc można powiedzieć, że problem został pomyślnie rozwiązany. Ale jeśli chodzi o kwestię nawożenia, proces przyjmowania i wprowadzania w życie zaleceń nadal trwa...
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Technicy ITACyL i rolnicy uczestniczący w programie
Główne zalety stosowania narzędzia	Jest łatwy w użyciu po krótkim szkoleniu
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Jeden
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Tak

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Całkowicie darmowe, dostępne pod www.sativum.es
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Dostępne w języku hiszpańskim na terenie całego kraju
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC, telefon komórkowy i tablet i są obsługiwane przez iOS i Android.

Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Regularne aktualizacje. Użytkownicy mogą się kontaktować za pośrednictwem maila (soporte-sativum@itacyl.es) lub telefonicznie.
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Warsztaty i lokalne szkolenia w razie potrzeby. Na stronie znajdują się również krótkie filmy, które pomagają użytkownikom nauczyć się korzystania z aplikacji (https://www.sativum.es/web/sativum/tutorials).
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Aplikacja ma kilka poziomów. Aby ułatwić korzystanie z aplikacji, na platformę zostało wcześniej przesłanych mnóstwo danych za pośrednictwem kilku źródeł informacji (baza danych glebowych, sieć danych meteorologicznych, dane LPIS, informacje o uprawach na podstawie wniosków WPR i generowana corocznie własna mapa klasyfikacji upraw. Tym samym na poziomie podstawowym użytkownicy nie muszą wprowadzać żadnych danych. Niemniej jednak, gdy użytkownicy chcą uzyskać bardziej zaawansowaną pomoc, mają możliwość wprowadzenia własnych danych z analizy gleby, np. w celu uzyskania spersonalizowanego planu nawożenia.
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	W przypadku środków odżywczych dostępny jest interfejs API umożliwiający pobieranie informacji o glebie w oparciu o rządową bazę danych próbek gleby. Opracowano i zapewniono dostęp do kilka innych usług REST, takich jak działki i uprawy z LPIS, poziom azotanów w wodach gruntowych i tak dalej. (https://www.sativum.es/web/sativum/services).
Wizualizacja, interpretacja	Sativum ma przeglądarkę danych, która pomaga użytkownikowi lepiej interpretować dane.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Wysoki poziom przejrzystości. Wszystkie usługi REST zostały publicznie udostępnione. Algorytm (FERTILICALC) jest publikowany w pracach naukowych, a kod jest dostępny na platformie FAST.
Kompleksowość narzędzia	Jeśli chodzi o środki odżywcze, narzędzie pozwala na planowanie na wielu etapach, uwzględniając zmiany w prognozowanych plonach w trakcie sezonu. Pokazuje również strefy wrażliwe na zanieczyszczenie azotanami, a w przygotowaniu jest wersja łącząca te strefy z bilansem składników odżywczych.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Aplikacja oferuje możliwość pobrania granic geograficznych działek w formacie geocsv oraz planów środków odżywczych w pliku Excel. API umożliwia korzystanie z nich osobom trzecim. Na przykład dostępne są działki rolników (geometria) i plony.
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Doradcy nie odgrywają żadnej roli. Na początku planowano dostęp do doradców w ramach platformy FAST, ale pomysł ten nie został zrealizowany.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Tak, jest powiązane z GeoSpatial Aid Application, GSAA w celu umożliwienia rolnikom pobrania formularzy wniosków o dotacje w ramach WPR. Umożliwia także rolnikom wysyłanie zdjęć z odniesieniami geograficznymi w celu spełnienia niektórych wymagań dotyczących WPR.
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Możliwe jest wprowadzenie cen nawozów i obliczenie kosztu przypadającego na działkę, ale nie jest to zbyt rozbudowane.

Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Jest przeznaczone do użytku przez rolników, jednak korzystanie z zaawansowanych parametrów wymagałoby dobrego przygotowania agronomicznego.
---	---

i. Cultivation Management Software — Grecja, region ATTYKA, wyspa Egina

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Grecja, region ATTYKA, wyspa Egina
Sektor	Uprawa pistacji
Liczba rolników	30
Średnia wielkość gospodarstwa	Małe działki o powierzchni ok. 0,1 ha na każdego uczestniczącego rolnika
Wiek rolnika (rolników)	30 - 60
Nazwa narzędzia	Cultivation Management Software
Do jakich operacji służy narzędzie?	<p>Narzędzie GIS służące do:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. oceny gleby, wody i odpadów organicznych (stałych i ściekowych) pod kątem ich właściwości fizykochemicznych, a w szczególności odpadów pod kątem możliwości ich wykorzystania zgodnie z ograniczeniami prawnymi 2. doradztwa w zakresie nawożenia 3. oceny czy gleba nadaje się do ponownego wykorzystania odpadów 4. obliczenia ilości odpadów do ponownego wykorzystania na polach w odniesieniu do wymagań dotyczących drzew, składu gleby i ograniczeń prawnych. 5. archiwizacja i monitorowanie informacji na poziomie pola, albo przez producenta albo przez stowarzyszenie i region <p>Odpady będące przedmiotem rozważań obejmują: odpady z produkcji pistacji, odpady z tłoczni oliwek, odpady z produkcji wina, obornik.</p>
Okres eksploatacji (narzędzia)	10 lat
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Umiejętności cyfrowe rolników
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Narzędzie to było jedynym używanym narzędziem, ponieważ zostało opracowane w ramach projektu LIFE-AgroStrat i było jednym z celów projektu.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Wyjaśnione w poprzedniej odpowiedzi

Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	
Finansowanie zewnętrzne?	LIFE+
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Starsi rolnicy mieli trudności w korzystaniu z tego typu narzędzi.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Zorganizowaliśmy cykl szkoleń dla wszystkich rolników.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Rolnicy i ich stowarzyszenie
Główne zalety stosowania narzędzia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Istnieją dwa sposoby korzystania z narzędzia. Jeden sposób jest przeznaczony dla rolników, którzy mają aktualną analizę chemiczną gleby i odpadów. Wprowadzają wyniki i otrzymują porady. Drugi sposób jest dla rolników, którzy nie mają tych analiz. W takim przypadku oprogramowanie pobiera dane dotyczące gleby z map gleby utworzonych dla całego obszaru zainteresowania poprzez pobieranie próbek gleby i mapowanie. Rolnik znajduje swoje pole na mapie, a podstawowe dane dotyczące gleby są pobierane i wykorzystywane do udzielenia porad. W ten sam sposób wykorzystuje się również istniejące wcześniej dane dotyczące różnych strumieni odpadów. 2. Cały obszar został scharakteryzowany pod kątem jego przydatności do dystrybucji i ponownego wykorzystania odpadów, biorąc pod uwagę określone kryteria przydatności, od wysoce przydatnego do całkowicie nieprzydatnego.
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Wszyscy rolnicy ze stowarzyszenia
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Brak kosztów
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Wersja angielska i grecka
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC

Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Partnerzy z LIFE Project są za to odpowiedzialni
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Tak, w razie potrzeby
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Analiza chemiczna gleby, wody i odpadów oraz wiek drzew. Dane dotyczące pola
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	
Wizualizacja, interpretacja	Wyniki są podane w tabelach i można je zapisać w formacie PDF. Do archiwizowania używamy również wykresów
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Algorytmy będące podstawą narzędzia opierają się na potrzebach upraw i przepisach, podczas gdy oszacowanie zastosowania nawozów/odpadów odbywa się przy użyciu bilansu składników odżywczych. Ocena przydatności gruntów dokonywana jest zgodnie z klasyfikacją FAO
Kompleksowość narzędzia	
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Każdy rolnik ma uprawnienia do pobierania informacji o swoich polach. Jest również możliwe, tak jak to miało miejsce w przypadku innego stowarzyszenia w środkowej Grecji, które również korzysta z tego narzędzia, aby stowarzyszenie lub władze regionalne miały dostęp do wszystkich danych dotyczących pól, jednak tylko za zgodą rolników.
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Nie, ale jest to możliwe. To zależy od tego, jak specjaliści chcieliby wykorzystać to narzędzie
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Obecnie nie. Dyskutowaliśmy nad unowocześnieniem narzędzia tak, aby mogło być wykorzystane przez Ministerstwo Rozwoju Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej do monitoringu i prowadzenia ewidencji pól przyjmujących osady ściekowe. Jeśli tak się stanie, ułatwi to raportowanie.
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Nie
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Nie. Narzędzie jest przyjazne dla użytkownika i łatwe w obsłudze, ponieważ zostało stworzone z myślą o rolnikach.

j. PLANET - Wielka Brytania (Anglia, Walia i Szkocja)

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Wielka Brytania (Anglia, Walia i Szkocja)

Sektor	Wszystkie uprawy polowe (użytki orne, użytki zielone, ogrodnictwo)
Liczba rolników	Ponad 22 000 zarejestrowanych użytkowników
Średnia wielkość gospodarstwa	Brak informacji
Wiek rolnika (rolników)	Brak informacji
Nazwa narzędzia	PLANET (P lanning L and A pplications of N utrients for E fficiency and the environment T)
Do jakich operacji służy narzędzie?	PLANET to narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji w zakresie zarządzania składnikami odżywczymi, przeznaczone dla rolników i doradców w Anglii/Walii i Szkocji do planowania składników odżywczych na poziomie pola oraz do oceny i wykazania zgodności z zasadami dotyczącymi stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami.
Okres eksploatacji (narzędzia)	17 lat. Pierwsza wersja PLANET została wydana w 2005 roku. Ostatnia wersja (v.3.3) została wydana w 2013 roku.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Planowanie zarządzania składnikami odżywczymi oraz ocena/wykazanie zgodności z przepisami dotyczącymi stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Narzędzie PLANET jest dobrze znane rolnikom w Wielkiej Brytanii. Linki do narzędzia znajdują się w wytycznych Defra i SRUC dla rolników na temat zarządzania składnikami odżywczymi i zasad obowiązujących w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Nie. PLANET zostało opracowane w celu spełnienia określonej funkcji (planowanie zarządzania składnikami odżywczymi i ocena/wykazanie zgodności z zasadami obowiązującymi w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami).
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Nie dotyczy
Finansowanie zewnętrzne?	PLANET zostało opracowane przez ADAS przy wsparciu finansowym Defra i rządu Szkocji.
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Niektórzy użytkownicy, zwłaszcza ci, którzy nie mają doświadczenia w używaniu narzędzi cyfrowych, uważają to narzędzie za skomplikowane w użyciu.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Przed każdą z głównych aktualizacji zasięgnięto opinii użytkowników. Notatki informacyjne są zawarte w oprogramowaniu, instrukcje obsługi i samouczki wideo są również dostępne z poziomu oprogramowania.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Fundatorzy narzędzia (Defra i rząd Szkocji) byli głównymi czynnikami sprzyjającymi jego rozwojowi i udoskonalaniu. Narzędzie dostarcza rolnikom wytyczne dotyczące zarządzania składnikami odżywczymi, które pomagają realizować cele Defra/rządu Szkocji polegające na wspieraniu rolników w prowadzeniu dobrego zarządzania składnikami odżywczymi oraz ocenie/wykazaniu zgodności z przepisami dotyczącymi stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami.


Główne zalety stosowania narzędzia	PLANET pomaga rolnikom w planowaniu zarządzania składnikami odżywczymi i wykazaniu zgodności z zasadami obowiązującymi w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami. PLANET dostarcza zalecenia dotyczące nawozów dla wszystkich głównych składników odżywczych i wapna. Zalecenia dotyczące nawozów uwzględniają zapotrzebowanie upraw na składniki odżywcze, zaopatrzenie gleby w azot, wyniki laboratoryjnych analiz gleby oraz składniki odżywcze dostarczane w wyniku stosowania dowolnych materiałów organicznych (obliczane przy użyciu „silnika obliczeniowego” MANNER-NPK). Plan stosowania składników odżywczych można opracować i aktualizować w trakcie sezonu. Można prowadzić szczegółowe rejestry upraw, analiz gleby oraz stosowania nawozów i materiałów organicznych.
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	W oprogramowaniu dostępne są instrukcje obsługi i samouczki wideo.
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Rolnicy, którzy nie czują się komfortowo z cyfrowymi narzędziami wspomagającymi podejmowanie decyzji, mogą uzyskać dostęp do wytycznych dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi / stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami w formie papierowych dokumentów, dostarczonych przez PLANET.

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Darmowe. Dostępne do pobrania ze strony internetowej.
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Angielska. Zalecenia dotyczące nawozów i zasady dotyczące stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami stosowane przez PLANET są dostosowane do warunków Anglii, Walii i Szkocji.
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC (z systemem Windows)
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Oprogramowanie jest utrzymywane i obsługiwane przez firmę ADAS. Ostatnia aktualizacja została przeprowadzona w 2013 roku.
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	W oprogramowaniu dostępne są notatki informacyjne. W oprogramowaniu dostępne są również instrukcje obsługi i samouczki wideo.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Szczegółowe informacje na temat gospodarstwa i pola, w tym lokalizacja (kod pocztowy w celu uzyskania danych dotyczących opadów deszczu w danej lokalizacji), rodzaj gleby, uprawy w poprzednich latach, analiza gleby, planowane uprawy i planowane wykorzystanie obornika. Moduł dotyczący zasad dotyczących stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami wymaga danych dotyczących powierzchni gospodarstwa, rodzaju i liczebności zwierząt gospodarskich oraz importu/eksportu nawozów organicznych. Inwentaryzacja nawozów organicznych związana ze strefami wrażliwymi na zanieczyszczenie azotanami wymaga wprowadzenia rodzaju i liczby zwierząt gospodarskich, rodzaju obornika (stały czy płynny) oraz określenie okresu, w którym zwierzęta są trzymane w pomieszczeniach gospodarczych.

Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	DST wykorzystuje długoterminowe średnie (30-letnie) dane klimatyczne specyficzne dla danego kodu pocztowego. Te dane klimatyczne są zawarte w modelu.
Wizualizacja, interpretacja	Zalecenia dotyczące nawozów podane są w tabelach wyświetlanych na ekranie, a także dostępne w formie raportów do wydrukowania. Wizualizacja jest przejrzysta, ale może być uznana za przestarzałą (ostatnia aktualizacja 2013 r.).
Przejrzystość, rzetelność naukowa	PLANET podaje zalecenia dotyczące nawozów dla wszystkich głównych składników odżywczych i wapna w oparciu o „Podręcznik nawozów (RB209)” firmy Defra (wydanie 8) w Anglii/Walii oraz „Uwagi techniczne” SRUC w Szkocji.
Kompleksowość narzędzia	PLANET to narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji w zakresie zarządzania składnikami odżywczymi, przeznaczone dla rolników i doradców w Anglii/Walii i Szkocji do planowania składników odżywczych na poziomie pola oraz do oceny i wykazania zgodności z zasadami dotyczącymi stref wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	PLANET to narzędzie oparte na systemie Windows. Nie udostępnia danych żadnym innym narzędziom. Wprowadzane dane są własnością i są przechowywane przez Rolnika.
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Informacje zwrotne na temat użyteczności i funkcjonalności narzędzia były aktywnie pozyskiwane od użytkowników przy trzech okazjach – podczas opracowywania narzędzia (przed wydaniem wersji 1), a następnie ponownie przed wydaniem wersji 2 i 3.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	PLANET podaje zalecenia dotyczące nawozów dla wszystkich głównych składników odżywczych i wapna w oparciu o „Podręcznik nawozów (RB209)” firmy Defra (wydanie 8) w Anglii/Walii oraz „Uwagi techniczne” SRUC w Szkocji. „Silnik obliczeniowy” PLANET jest dostępny bezpłatnie jako biblioteka dołączana dynamicznie dla firm zajmujących się oprogramowaniem komercyjnym w celu zintegrowania z ich własnymi narzędziami. Biblioteka PLANET została zintegrowana z narzędziami komercyjnymi produkowanymi w Wielkiej Brytanii przez firmy Farmplan, Muddyboots i Pear Agri.
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Nie dotyczy – oprogramowanie jest dostępne bezpłatnie.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Nie. W oprogramowaniu dostępne są instrukcje obsługi i samouczki wideo.

k. Tool Box – Murcja, Hiszpania

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Hiszpania - Murcja
Sektor	Produkcja cytryn

Liczba rolników	Firma prywatna, Finca Fontes C.B
Średnia wielkość , gospodarstwa	100 ha
Wiek rolnika (rolników)	Prywatne przedsiębiorstwo
Nazwa narzędzia	Różne narzędzia: Verde Smart (e-verd 2.0-Nutrisens do pomiaru azotanów i potasu w glebie oraz dendrometr Plantsens), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO), Wtech (monitoring wymywania azotanów)
Do jakich operacji służy narzędzie?	Jest to projekt demonstracyjny, o nazwie RIS3MUR, w jednej ze stref najbardziej wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami w Hiszpanii, Mar Menor, gdzie ostatnio występują poważne problemy z zanieczyszczeniem i który jest priorytetem dla władz regionalnych i krajowych ze względu na to, że problem ten jest często podnoszony w mediach. Celem jest zidentyfikowanie zwyczajowych praktyk rolników i wykazanie, że możliwe jest oszczędzanie wody i nawozów przy jednoczesnym utrzymaniu lub zwiększeniu rentowności, ale z poszanowaniem środowiska przy użyciu narzędzi cyfrowych do zarządzania środkami odżywczymi.
Okres eksploatacji (narzędzia)	Od marca 2021 r.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Problem zanieczyszczenia azotanami w Mar Menor i jego reperkusje środowiskowe, które mają wpływ na turystykę, rolnictwo i przyszłość całego środowiska, były największą zachętą do znalezienia rozwiązań. W projekcie uczestniczy rząd Wspólnoty Autonomicznej Murcji wraz ze swoim Departamentem Innowacji.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Szukano cyfrowych narzędzi do zarządzania fertygacją, które odniosły praktyczny sukces w rolnictwie, łącząc perspektywę rolnika i środowiska.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Tak
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Skorzystano z wcześniejszych udanych doświadczeń firmy Frutinter w Castellón, w celu opracowania pierwszego na świecie śladu azotanowego (finalnie zakończyło się to sukcesem). Udane próby w przeszłości oraz naukowa i techniczna niezawodność technologii (15 lat).
Finansowanie zewnętrzne?	 „ZRÓWNOWAŻONE ROLNICTWO Z ZEROWYM WYMYWANIEM AZOTANÓW W MAR MENOR”. Projekt był finansowany przez Departament Innowacji Rządu Murcji oraz partnerów projektu, WTECH, S.L., Finca Fontes C.B., Karma Produce, S.L., IBERMED INGENIERIA, S.L., CEBAS-CSIC oraz Politechnikę w Kartagenie. W ramach projektu prowadzone są inne działania niż punkty monitorowania i kontroli odprowadzania azotanów oraz określanie śladu azotanowego, które nie zostały omówione w niniejszym dokumencie.

Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Przekonanie właścicieli, że konieczna jest zmiana sposobu prowadzenia fertygacji w gospodarstwie i że jest to możliwe poprzez ograniczenie zużycia wody i nawozów.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Doświadczenia z gospodarką wodną i nawozami w gospodarstwach w 2021 roku zostały zebrane i analiza gleby pod kątem wymywania azotanów przekonała właścicieli, że należy nimi zarządzać za pomocą narzędzi cyfrowych, a decyzje podejmowane w 2022 roku przynoszą pozytywne skutki w zakresie oddziaływania na środowisko w porównaniu do ubiegłorocznych wyników.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Dostawca technologii - Wtech oraz doradca.
Główne zalety stosowania narzędzia	Korzystając z tych narzędzi, rolnik jest w stanie zrozumieć, w jaki sposób można zoptymalizować zarządzanie nawozami i wodą, ponieważ do tej pory dostarczało się więcej środków niż potrzebuje roślina, a to oznacza, że jest miejsce na znaczne oszczędności, a także mniejszy negatywny wpływ na środowisko, co można potwierdzić za pomocą śladu azotanowego, a także wesprzeć marketing owoców poprzez możliwość oznakowania ich pieczęcią „przyjazne dla środowiska”. Inteligentna prognoza pogody, pomoc w decyzjach dotyczących nawadniania i składników odżywczych, sprawdzana i dostosowywana codziennie dzięki 2 punktom „monitorowania-pomiaru” z czujnikami Verde Smart oraz dwóm punktom monitorującym „wymywanie azotanów” na głębokości 6-8 m firmy Wtech. System identyfikowalności, rozwój zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji dotyczących nawadniania i nawożenia oraz tworzenie know-how firmy.
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	2, łatwe w użyciu po przeszkoleniu
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Tak

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Ekonomiczny stosunek kosztów do korzyści, roczny koszt wody + nawozów + energii wynosi 2000€/ha. Oszczędność rzędu 5% wystarczy, aby uczynić tę inwestycję opłacalną. Koszt tych usług to 100 EUR/ha/rok, z podziałem na podstawowe inwestycje w infrastrukturę i roczne wydatki między 100 ha (50 EUR/ha podstawowa infrastruktura) a 50 EUR/ha/rok wydatki roczne).

Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Dostępne w języku hiszpańskim na terenie całego kraju
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC, telefon komórkowy i tablet i są obsługiwane przez iOS i Android.
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Regularne aktualizacje Obsługa klienta mailowa i telefoniczna
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Cotygodniowe spotkania (wideokonferencje) Rozwój zdolności personelu technicznego do korzystania z nowych narzędzi rolnictwa precyzyjnego i jego zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji technicznych dzięki nowym danym.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Dane z czujników, dane z badań polowych (jakość, podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, badanie powierzchni liści, prognoza produkcji), kontrola wymywania azotanów na głębokości 3-8 m pod korzeniami.
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Dane z czujników są powiązane z różnym oprogramowaniem i są zintegrowane, również z narzędziem Wtech do kontroli wypłukiwania
Wizualizacja, interpretacja	Przyjazny, „czerwony i zielony” interfejs, po zdobyciu doświadczenia ułatwia diagnostykę problemów roślin. Klient jest szkolony w zakresie tworzenia własnych alertów w oparciu o własne doświadczenia, a nacisk kładziony jest na „decyzje zapobiegawcze” oparte na własnych spersonalizowanych alertach.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Projekt, który rozpoczął się w marcu 2021 r., składał się z rozprawy doktorskiej, specjalnego wsparcia ze strony firmy zajmującej się śladem azotanowym - Wtech, wsparcia ze strony CEBAS-CSIC, Politechniki w Kartagenie oraz doradcy technicznego ds. cytrusów z Finca Fontes
Kompleksowość narzędzia	Jest to narzędzie dla personelu technicznego, ponieważ integruje różne technologie. Personel należy przeszkolić, aby był w stanie zrozumieć ograniczenia i zalety każdej z nich.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dane mogą być udostępniane, ponieważ jest to projekt demonstracyjny
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Dostęp do niego mają pracownicy techniczni, doradcy i rolnicy.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Nie, jest to rozwiązanie prywatne, należy do klienta
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Wykazano, że dzięki nowemu zarządzaniu fertygacją w 2022 r. udało się zaoszczędzić 40% nawozów w porównaniu z 2021 r. (według danych po 6 miesiącach nowego zarządzania).

Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Tak, doradca został zatrudniony i przeszkolony w ciągu pierwszego roku.
---	---

I. MANNER-NPK – Wielka Brytania (Anglia, Walia, Szkocja i Irlandia Północna)

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Wielka Brytania (Anglia, Walia, Szkocja i Irlandia Północna)
Sektor	Wszystkie uprawy polowe (użytki orne, użytki zielone, ogrodnictwo)
Liczba rolników	Ponad 5 000 zarejestrowanych użytkowników
Średnia wielkość, gospodarstwa	Brak informacji
Wiek rolnika (rolników)	Brak informacji
Nazwa narzędzia	MANNER- <i>NPK</i> (MAN ure N utrient E valuation R outine)
Do jakich operacji służy narzędzie?	MANNER-NPK to narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji służące do obliczania dostępnej dla upraw podaży składników odżywczych pochodzących ze stosowania materiałów organicznych na gruntach.
Okres eksploatacji (narzędzia)	22 lata. Pierwsze oprogramowanie MANNER zostało udostępnione rolnikom na płycie CD w 2000 roku. Obliczenia MANNER-NPK zostały zaktualizowane w 2004 i 2010 r., aby uwzględnić postępy w naszej wiedzy na temat przemian i procesów utraty azotu w następstwie stosowania materiałów organicznych na gruntach. Najnowsza wersja – MANNER-NPK zawiera dodatkowe ulepszenia w zakresie użyteczności i funkcjonalności i została udostępniona rolnikom w 2013 roku.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Poprawa zarządzania składnikami odżywczymi z materiałów organicznych. Materiały organiczne są cennym źródłem składników odżywczych dla roślin, które można wykorzystać do zaspokojenia potrzeb odżywczych upraw, zmniejszając zapotrzebowanie na produkowane nawozy. Jednak rolnicy nie zawsze odpowiednio uwzględniają udział materiałów organicznych w wymaganiach upraw, co może skutkować nadmierną podażą składników odżywczych i zanieczyszczeniem środowiska. MANNER-NPK jest praktycznym narzędziem używanym przez rolników do ilościowego określania dostępnych dla upraw składników odżywczych pochodzących z materiałów organicznych (azotu, fosforanów i potasu).

Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	MANNER-NPK jest dobrze znany rolnikom w Wielkiej Brytanii. Linki do narzędzia znajdują się w wytycznych Defra i AHDB dla rolników dotyczących dobrego zarządzania składnikami odżywczymi.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Nie. MANNER-NPK został opracowany, aby spełniać określoną funkcję (obliczanie podaży składników odżywczych z materiałów organicznych).
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Nie dotyczy
Finansowanie zewnętrzne?	MANNER-NPK został opracowany przez ADAS przy wsparciu merytorycznym i finansowym AHDB, CSF, DARD, Defra, Agencji Ochrony Środowiska, Natural England, Rządu Szkocji, Tried and Tested i WRAP. Oprogramowanie jest utrzymywane i obsługiwane przez firmę ADAS.
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Głównym wyzwaniem jest dostarczanie wytycznych dotyczących podaży składników odżywczych z materiałów organicznych, w wielu formach i formatach, aby zmaksymalizować ich poziom wdrożenia i wpływ na rolników. Z naszego doświadczenia wynika, że podczas gdy niektórzy rolnicy lubią korzystać z samodzielnej wersji MANNER-NPK, ponieważ jest ona prosta i łatwa w użyciu, inni wolą uzyskiwać dostęp do informacji za pośrednictwem swojego głównego systemu planowania składników odżywczych. Rolnicy i agronomowie wolą nie wprowadzać tych samych informacji do wielu narzędzi cyfrowych.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Wyzwaniu temu udało się sprostać dzięki integracji obliczeń MANNER-NPK z oprogramowaniem do zarządzania składnikami odżywczymi PLANET, a następnie z komercyjnymi narzędziami produkowanymi przez Farmplan, Muddyboots & Pear Agri. Umożliwia to rolnikom dostęp do obliczeń MANNER-NPK za pośrednictwem innych narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Fundatorzy (głównie Defra i Agencja Środowiska) byli głównymi czynnikami sprzyjającymi rozwojowi i aktualizacji narzędzia. Narzędzie dostarcza rolnikom wytyczne dotyczące zarządzania składnikami odżywczymi, które pomagają realizować cele Defra/Agencji Środowiska polegające na wspieraniu rolników w prowadzeniu dobrego zarządzania składnikami odżywczymi.
Główne zalety stosowania narzędzia	MANNER-NPK zapewnia szacunki dostępnej dla upraw podaży składników odżywczych pochodzących ze stosowania materiału organicznego. Informacje te mogą być wykorzystywane przez rolników do poprawy wykorzystania składników odżywczych. Może to poprawić rentowność gospodarstw i ograniczyć zanieczyszczenie (poprzez maksymalizację wydajności wykorzystania składników odżywczych)
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	MANNER-NPK jest łatwy w użyciu. W oprogramowaniu dostępna jest instrukcja obsługi. Szkolenia zewnętrzne nie są potrzebne.
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Oprócz samodzielnego narzędzia MANNER-NPK obliczenia MANNER-NPK są dostępne w ramach wielu innych publikacji i narzędzi cyfrowych. MANNER-NPK został wykorzystany do stworzenia „tabel przeglądowych” podaży azotu pochodzącego ze stosowania materiału organicznego w krajowych pisemnych wytycznych dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi w „Przewodniku zarządzania składnikami odżywczymi AHDB” w rozdziale 2 w Anglii i Walii (AHDB 2021) oraz w nocie technicznej SRUC pt. „Optymalizacja stosowania obornika i gnojowicy TN736” w Szkocji (SRUC, 2020).

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	Darmowe. Dostępne do pobrania ze strony internetowej.
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Angielska. Dostosowane do warunków Wielkiej Brytanii (Anglia, Walia, Szkocja i Irlandia Północna). Model został opracowany i przetestowany na podstawie wyników eksperymentów polowych w Wielkiej Brytanii. Model wykorzystuje dane klimatyczne Wielkiej Brytanii (na podstawie kodu pocztowego wprowadzonego przez użytkownika).
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC (z systemem Windows)
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Oprogramowanie jest utrzymywane i obsługiwane przez firmę ADAS. Ostatnia aktualizacja została przeprowadzona w 2013 roku.
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Większość rolników i doradców rolniczych z podstawową znajomością obsługi komputera powinna być w stanie korzystać z MANNER bez żadnego szkolenia ani dodatkowego wsparcia. Instrukcja obsługi jest dostępna z poziomu oprogramowania. Oprogramowanie jest utrzymywane i obsługiwane przez firmę ADAS.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Dane gospodarstwa i pola (lokalizacja za pomocą kodu pocztowego, rodzaj uprawy i rodzaj gleby). Szczegóły dotyczące stosowania nawozu organicznego, w tym rodzaj nawozu, dane dotyczące stosowania, dawka, metoda stosowania i analiza nawozu, jeśli jest dostępna).
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	DST wykorzystuje długoterminowe średnie (30-letnie) dane klimatyczne specyficzne dla danego kodu pocztowego. Te dane klimatyczne są zawarte w modelu.
Wizualizacja, interpretacja	Wyniki są dostępne w zakładce „wyniki” w oprogramowaniu oraz w raporcie do wydrukowania. Wizualizacja jest przejrzysta, ale może być uznana za przestarzałą (ostatnia aktualizacja z 2013 r.).
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Szczegółowe wyjaśnienie wiedzy i algorytmów leżących u podstaw narzędzia MANNER-NPK przedstawiono w recenzowanym artykule naukowym autorstwa Nicholsona i in. (2013). Informacje te są również dostępne dla użytkowników w „Przewodniku technicznym” dostępnym w menu „Pomoc” w oprogramowaniu. Nicholson, F.A., Bhogal, A., Chadwick, D., Gill, E., Gooday, R.D., Lord, E., Misselbrook, T., Rollett, A.J., Sagoo, E., Smith, K.A., Thorman, R.E., Williams, J.R. and Chambers, B.J. (2013). Ulepszone narzędzie cyfrowe wspierające lepsze wykorzystanie składników odżywczych z obornika: MANNER-NPK. Soil Use and Management 29 (4) 473-484. Available from http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sum.12078/abstract
Kompleksowość narzędzia	MANNER-NPK to narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji służące do obliczania dostępnej dla upraw podaży składników odżywczych pochodzących ze stosowania różnych materiałów organicznych na gruntach. Może być stosowane przez rolników w Wielkiej Brytanii.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	MANNER-NPK to narzędzie oparte na systemie Windows. Nie udostępnia danych żadnym innym narzędziom. Wprowadzane dane są własnością i są przechowywane przez Rolnika.

Dostępność doradcy, zaangażowanie	Informacje zwrotne na temat użyteczności i funkcjonalności narzędzia były aktywnie pozyskiwane od użytkowników dwukrotnie – po wydaniu MANNER w 2000 r. i przed wydaniem MANNER-NPK w 2013 r.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Oprócz samodzielnego narzędzia MANNER-NPK obliczenia MANNER-NPK są dostępne w ramach wielu innych publikacji i narzędzi cyfrowych. MANNER-NPK został wykorzystany do stworzenia „tabel przeglądowych” podaży azotu pochodzącego ze stosowania materiału organicznego w krajowych pisemnych wytycznych dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi w „Przewodniku zarządzania składnikami odżywczymi AHDB” w rozdziale 2 w Anglii i Walii (AHDB 2021) oraz w nocie technicznej SRUC pt. „Optymalizacja stosowania obornika i gnojowicy TN736” w Szkocji (SRUC, 2020).
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Nie dotyczy – oprogramowanie jest dostępne bezpłatnie.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Nie. Większość rolników i doradców rolniczych z podstawową znajomością obsługi komputera powinna być w stanie korzystać z MANNER bez żadnego szkolenia ani dodatkowego wsparcia. Instrukcja obsługi jest dostępna z poziomu oprogramowania.

m. Tool box - Hiszpania - Comunidad Valenciana

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Hiszpania - Comunidad Valenciana
Sektor	Produkcja cytrusów
Liczba rolników	Firma prywatna, Frutinter
Średnia wielkość , gospodarstwa	120 ha
Wiek rolnika (rolników)	Prywatne przedsiębiorstwo
Nazwa narzędzia	Różne narzędzia: geodim (web gis), Verde Smart (e-verd 2.0-Nutrisens do pomiaru azotanów i potasu w glebie oraz d, endrometr Plantsens), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO), wtech (monitoring wymywania azotanów)

Do jakich operacji służy narzędzie?	Monitoring rozwoju wegetatywnego, zawiązywania i wzrostu owoców w celu uzyskania jak najwyższej produkcji przy najniższych możliwych nakładach oraz kontrola środowiskowa azotanów w celu uzyskania śladu azotanowego
Okres eksploatacji (narzędzia)	Od lipca 2018 r.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Oszczędność nawozów i wody oraz ograniczenie wymywania azotanów. Możliwość spełnienia wymagań związanych ze śladem azotanowym przy jednoczesnej oszczędności nawozów i wody oraz utrzymaniu lub poprawie rentowności gospodarstwa.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Prezes Frutinter dokonał kompleksowego przeglądu istniejących technologii na całym świecie z jasną wizją: wykorzystanie innowacyjnych technologii, ale w wymiarze praktycznym. Metoda Smart firmy Verde Smart i jej partnerów została wybrana przez Politechnikę w Walencji jako najlepsza komercyjna metoda diagnostyczna z cyfrowymi narzędziami do skutecznego monitoringu fertygacji. Technologia Wtech została wybrana do kontroli wymywania azotanów na głębokości 3-8 m.
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Tak, „inteligentna metoda” obejmuje GIS, teledetekcję, punkty monitoringu z czujnikami (czujnik roślinno-azotowy Nutrisens firmy Verde Smart – wilgotność gleby – pogoda), podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, szkolenie, inteligentne prognozowanie pogody oraz roczna opłata za usługi on-line i wsparcie. Kontrola wymywania azotanów za pomocą narzędzia firmy Wtech w celu uzyskania certyfikatu śladu azotanowego wydanego przez Certificación Food Rina España y Portugal
Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Udane próby w przeszłości oraz naukowa i techniczna niezawodność technologii (15 lat). Stworzyliśmy pierwszą metodologię zarządzania środkami odżywczymi, która łączy cotygodniowe badanie bilansu środków odżywczych roślin, z codziennymi odczytami czujników azotanów i potasu w strefie korzenia oraz drenażu pod korzeniami w celu wykrycia wymywania azotanów.
Finansowanie zewnętrzne?	Projekt został sfinansowany i zrealizowany przez firmę Frutinter oraz Politechnikę w Walencji. Zainicjowany został w 2018 roku w celu promowania zrównoważonego rozwoju gospodarstw należących do firmy na północy prowincji Castellón.
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Przekonanie rolnika, podczas procesu monitorowania, aby zaprzestał stosowania azotanów przez 7 miesięcy.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	Po dwóch latach byliśmy w stanie zaoszczędzić 65% azotanów, zwiększyć użycie potasu o 66%, zwiększyć produkcję (5%) i zwiększyć rozmiar owoców o 8%, a także uzyskać pierwszy na świecie certyfikat „śladu azotanowego” od RINA.

Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	Politechnika
Główne zalety stosowania narzędzia	Inteligentna prognoza pogody, pomoc w decyzjach dotyczących nawadniania i składników odżywczych, sprawdzana i dostosowywana codziennie dzięki 2 punktom „monitorowania-pomiaru” z czujnikami Verde Smar oraz dwóm punktom monitorującym „wymywanie azotanów” na głębokości 6-8 m firmy Wtech. Łącząc te narzędzia, rolnik jest w stanie zrozumieć, w jaki sposób zarządzanie nawozami
	w celu uzyskania większych zysków wpływa na wymywanie azotanów. Łatwy w użyciu po przeszkoleniu system identyfikowalności, stworzony przez dział techniczny, rozwój zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji dotyczących nawadniania i nawożenia oraz tworzenie know-how firmy tak, aby każdego roku być w stanie pogodzić rentowność ze zrównoważonym rozwojem.
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	3
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Tak

Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi	
Koszt (np. na ha)	W ciągu 3 lat zainwestowano 160 000 euro w szkolenia, czujniki, GIS, inteligentne prognozy, ślad azotanowy, co oznacza 18 €/ha/rok, a roczne wydatki na usługi (oprogramowanie, analiza soków roślinnych itp.) wyniosły 15 €/ha/rok, czyli w sumie 33 €/ha/rok, przy rocznych wydatkach rzędu 1500-2000 €/ha na wodę, nawozy i energię.
Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Dostępne w języku hiszpańskim na terenie całego kraju
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC, telefon komórkowy i tablet i są obsługiwane przez iOS i Android.
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Regularne aktualizacje Obsługa klienta mailowa i telefoniczna
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	Ponieważ był to projekt pilotażowy łączący monitoring wymywania azotanów z certyfikacją śladu azotanowego szkolenia trwały 2,5 roku z cotygodniowymi spotkaniami (wideokonferencjami). Rozwój zdolności personelu technicznego do korzystania z nowych narzędzi rolnictwa precyzyjnego i jego zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji technicznych dzięki nowym danym.

Wymagania w zakresie danych narzędzia	Dane GIS. Dane z czujników, dane z badań polowych (jakość, podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, badanie powierzchni liści, prognoza produkcji)
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Dane z czujników są powiązane z różnym oprogramowaniem i są zintegrowane
Wizualizacja, interpretacja	Przyjazny, „czerwony i zielony” interfejs, po zdobyciu doświadczenia ułatwia diagnostykę problemów roślin. Klient jest szkolony w zakresie tworzenia własnych alertów w oparciu o własne doświadczenia, a nacisk kładziony jest na „decyzje zapobiegawcze” oparte na własnych spersonalizowanych alertach.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Projekt, który rozpoczął się w maju 2019 r., obejmował, pod nadzorem profesora Szkoły Inżynierii Rolniczej i Środowiska Naturalnego (ETSIAMN-UPV) oraz prezesa Frutinter, Pedro Beltrána, pilotażowy program wdrożenia metodologii SMART w gospodarstwie położonym w Onda (Castellón)
Kompleksowość narzędzia	Jest to narzędzie dla personelu technicznego, ponieważ integruje różne technologie. Personel należy przeszkolić, aby był w stanie zrozumieć ograniczenia i zalety każdej z nich.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dane należą do klienta
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Dostęp do niego mają pracownicy techniczni, doradcy i rolnicy.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Nie, jest to rozwiązanie prywatne, należy do klienta
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Uzyskali pierwszy „śląd azotanowy” na świecie. https://frutinter.com/nitrato-cero-nuestra-huella-para-un-mundo-mejor/ . Jednocześnie zmniejszono o połowę ilość wody potrzebnej do uprawy owoców cytrusowych i do 60% ilość zużywanych azotanów. Projekt pozwolił również zwiększyć plony. Produkcja wzrosła o od 8 000 do 10 000 kg pomarańczy z hektara przy większych i bardziej wyrównanych owocach, co zwiększa ich handlowy potencjał.
Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?	Tak, zatrudniono personel techniczny jako specjalistów ds. rolnictwa precyzyjnego i certyfikacji.

n. Tool box – Hiszpania, Comunidad Valenciana

Ogólne informacje	
Kraj - region gospodarstwa (gospodarstw)	Hiszpania - Comunidad Valenciana
Sektor	Uprawa winorośli i produkcja wina
Liczba rolników	Spółdzielnia zrzeszająca 320 rolników
Średnia wielkość , gospodarstwa	1000 ha
Wiek rolnika (rolników)	Ok. 50 lat
Nazwa narzędzia	Różne narzędzia, geodim (web gis), verde smart (e-verd2.0), Meteogrid (Simena), adcon (advantage PRO), Cromoenos (Bioenos)
Do jakich operacji służy narzędzie?	Kontrola rozwoju wegetatywnego i stresu w celu polepszenia jakości, inteligentna prognoza pogody, wsparcie w decyzjach dotyczących nawadniania i składników odżywczych, sprawdzana i dostosowywana codziennie za pomocą 5 punktów „monitorowania-pomiaru” z czujnikami (pogoda, rośliny, wilgotność oraz azotany i potas w glebie) umieszczonymi w reprezentatywnych odmianach, a następnie ekstrapolowana za pomocą obrazów teledetekcyjnych (Sentinel-2) i kontroli soków roślinnych. Badanie czynników stałych i wyników wigoru z ostatnich lat w celu wyboru optymalnej lokalizacji punktu i semiwariogramu do wyboru punktów pobierania próbek. Zadania realizowane na działkach (pobieranie soków, jakość, powierzchnia liści, produkcja w punktach monitoringu oraz w punktach pobierania próbek w celu stworzenia map produkcji, bilansu roślin, jakości itp.). Wskaźniki stresu roślin
Okres eksploatacji (narzędzia)	Od września 2020 r.
Czynniki sprzyjające i przeszkody w procesie wdrażania	
Główny czynnik sprzyjający w procesie wdrażania	Stworzenie systemu identyfikowalności, aby ulepszyć kontrolę nad roślinami i zarządzanie stosowanymi środkami (wodą i nawozami), aby wypracować dobre praktyki w uprawie winorośli i enologii oraz przekazywać je i promować wśród rolników za pomocą nowych „języków” związanych z technologiami oraz wspierać tych rolników, którzy stosują dobre praktyki a unikają złych. Marketing zrównoważonego rozwoju.
Sposoby identyfikacji, dobór potencjalnych narzędzi	Inwestycja w podstawową infrastrukturę (GIS, teledetekcja, punkty monitoringu z czujnikami, podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, szkolenia, inteligentne prognozy pogody dla 4 badanych mikroklimatów) oraz opłata roczna za usługi i wsparcie on-line
Czy przetestowano kilka narzędzi?	Tak

Jeśli tak, jakie były główne cechy przy doborze?	Udane próby w przeszłości, wizyty u 2 hodowców winorośli oraz niezawodność naukowa i techniczna. Udane próby w przeszłości oraz naukowa i techniczna niezawodność technologii (15 lat). Integracja technologii w celu rozwiązania problemów klientów. Szkolenie personelu technicznego i promowanie zmian wraz z rolnikami będącymi liderami zmian i wspierającym ich zarządem.
Finansowanie zewnętrzne?	Tak, narzędzie jest wspierane przez fundusze z Generalitat Valenciana na rzecz rolnictwa precyzyjnego
Wyzwania podczas procesu wdrażania?	Szkolenie personelu technicznego, przekonanie plantatorów do zmiany ich dotychczasowych praktyk w zakresie nawadniania i nawożenia.
Czy te problemy zostały pomyślnie rozwiązane, czy też doprowadziły do niepowodzenia procesu	W spółdzielni, w której trzeba współpracować z ponad 300 rolnikami, stworzyło się kilka poziomów zaangażowania rolników i konieczne było prowadzenie wielu działań komunikacyjnych, ale wszystko skończyło się sukcesem, gdyż rolnicy w dużej mierze zaakceptowali zmiany w zakresie nawadniania i nawożenia.
Generalnie, który podmiot był głównym czynnikiem sprzyjającym w procesie (rolnik, dostawca technologii, doradca, grupa rolników lub stowarzyszenie rolnicze itp.)	To przykład sytuacji, w której „zasoby ludzkie” mają kluczowe znaczenie dla wygenerowania zmian, wypracowania konsensusu oraz realizacji wizji zmian dotyczących uprawy winorośli i enologii. Szkolenie to podstawa.
Główne zalety stosowania narzędzia	Łatwy w użyciu po przeszkoleniu działu technicznego. Rozwiązuje najważniejsze problemy klientów, takie jak poprawa jakości (PH wina, dojrzewanie tanin, świeżość wina itp.), tworzenie systemu identyfikowalności, rozwój zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji dotyczących nawadniania i nawożenia oraz tworzenie know-how firmy tak, aby każdego roku być w stanie utrzymać jakość i rentowność.
Ilu pracowników w gospodarstwie zostało przeszkolonych w zakresie korzystania z narzędzia?	Dwóch
Jeśli nie udało się wdrożyć narzędzia (lub jego wdrożenie nie było w pełni satysfakcjonujące), czy istnieje chęć wypróbowania innego narzędzia?	Tak

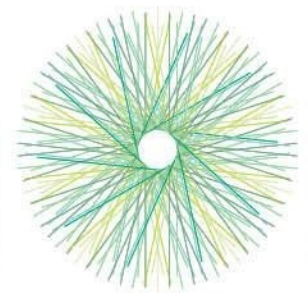
Podstawowe informacje i dane techniczne dotyczące wdrożonych narzędzi

Koszt (np. na ha)	Ekonomiczny stosunek kosztów do korzyści, 25 €/ha/rok dzięki podziałowi podstawowych inwestycji infrastrukturalnych i rocznych wydatków między 1000 ha (15 €/ha podstawowa infrastruktura) a 10 €/ha/rok wydatki roczne).
-------------------	---

Dostosowanie do warunków lokalnych (dostępne wersje językowe)	Dostępne w języku hiszpańskim na terenie całego kraju
Platforma (komputer, telefon komórkowy)	PC, telefon komórkowy i tablet i są obsługiwane przez iOS i Android.
Utrzymanie (aktualizacje, obsługa klienta)	Regularne aktualizacje Obsługa klienta mailowa i telefoniczna
Szkolenia, dostępność obsługi klienta	1 rok z cotygodniowymi spotkaniami (wideokonferencje). Rozwój zdolności personelu technicznego do korzystania z nowych narzędzi rolnictwa precyzyjnego i jego zdolności do podejmowania prewencyjnych decyzji technicznych dzięki nowym danym.
Wymagania w zakresie danych narzędzia	Dane GIS, dane z czujników, dane z badań polowych (jakość, podstawowy zestaw do badania środków odżywczych, badanie powierzchni liści, prognoza produkcji)
Źródła danych narzędzia, połączenie API z innymi źródłami danych	Dane z czujników są powiązane z różnym oprogramowaniem i są zintegrowane
Wizualizacja, interpretacja	Przyjazny, „czerwony i zielony” interfejs, po zdobyciu doświadczenia ułatwia diagnostykę problemów roślin. Klient jest szkolony w zakresie tworzenia własnych alertów w oparciu o własne doświadczenia, a nacisk kładziony jest na „decyzje zapobiegawcze” oparte na własnych spersonalizowanych alertach.
Przejrzystość, rzetelność naukowa	Rozwój firmy od 17 lat. Wiele patentów. Ponad 15 projektów badawczych, w których brało udział ponad 30 różnych firm prywatnych i ponad 15 ośrodków badawczych. Sporo publikacji naukowych.
Kompleksowość narzędzia	Jest to narzędzie dla personelu technicznego, ponieważ integruje różne technologie. Personel należy przeszkolić, aby był w stanie zrozumieć ograniczenia i zalety każdej z nich.
Udostępnianie danych, suwerenność, bezpieczeństwo	Dane należą do klienta
Dostępność doradcy, zaangażowanie	Dostęp do niego mają pracownicy techniczni, doradcy i rolnicy.
Czy narzędzie jest połączone z innymi narzędziami i platformami do przekazywania i udostępniania danych, na przykład w celu ułatwienia raportowania?	Nie, jest to rozwiązanie prywatne, należy do klienta
Czy istnieje monitorowanie trwałości i rentowności?	Tak, monitorowanie „ślądu azotanowego”

Czy należy zatrudnić/przeszkolić personel o specjalnych umiejętnościach w zakresie obsługi narzędzia?

Tak, zatrudniono personel techniczny jako specjalistów ds. rolnictwa precyzyjnego i certyfikacji.



eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



Grupa Fokusowa EIP-AGRI - Narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi

MINI PREZENTACJA Tworzenie godnych zaufania narzędzi zarządzania składnikami odżywczymi dzięki łatwiejszemu udostępnianiu danych

Jürgen Vangeyte, Henning Foged, Stephan Jung, Owen O'Driscoll, Daniel Kindred, Zivan Karaman, Łukasz Czech

1.	Wstęp	91
2.	Oparte na danych	91
3.	Odblokowanie udostępniania danych	92
4.	Przykłady / najlepsze praktyki	93
a.	Przykład z Flandrii	93
b.	Przykład z Niemiec	93
c.	Przykład z Polski	94
d.	Przykład z Francji	94
e.	Przykład z Danii	95
5.	Rozwiązania i Zalecenia	96
	Załącznik	97

1. Wstęp

Oceniając na podstawie własnego doświadczenia oraz rozmów z rolnikami i innymi przedstawicielami branży rolniczej, poziom wdrożenia narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi (NCdZSO), postrzegany z perspektywy europejskiej produkcji roślinnej, jest raczej niski. Jednym z powodów jest to, że rolnicy i doradcy nie są pewni, czy istniejące narzędzia mogą przynieść rzeczywistą wartość dodaną. Aby zwiększyć przydatność narzędzi, potrzebnych jest kilka ulepszeń, ale najważniejszym z nich jest dostępność danych wysokiej jakości, potrzebnych zarówno do sprawnego i wydajnego działania narzędzia, jak i do podejmowania dobrze uzasadnionych, opartych na danych decyzji dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi na poziomie gospodarstwa. Obecnie wielu rolników uważa, że wartość dodana zapewniana przez narzędzia nie rekompensuje wysiłku koniecznego do wprowadzenia danych do narzędzi, głównie ze względu na niewykorzystane możliwości interoperacyjności i importu określonych danych dotyczących gospodarstw i innych wymaganych informacji.

Ze względu na postępującą cyfryzację w rolnictwie, rolnicy i agrobiznes produkują nie tylko żywność, ale coraz częściej także ogromną ilość danych. Firmy mleczarskie dysponują danymi na temat składu mleka. Zakłady przetwórstwa ziemniaków dysponują danymi dotyczącymi wysokości i jakości plonów. Ponadto rządy przechowują cenne zbiory danych, takie jak rejestry pól, nasion i nawozów. I wreszcie sami rolnicy mają dostęp do wielu danych, takich jak ilość zastosowanego nawozu czy mapy warunków glebowych. Ale, co zaskakujące, stworzenie olbrzymich zestawów danych nie przyniosło jeszcze przełomu, który uwolniłby pełny potencjał narzędzi do zarządzania. Jak dotąd wzrost dostępności danych nie spowodował zwiększenia poziomu wdrożenia technologii cyfrowych.

Niniejszy artykuł ma na celu omówienie już istniejących typów danych (patrz załącznik), które sprawiłyby, że wykorzystanie narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi byłoby bardziej precyzyjne, przynosiłoby większe korzyści i cieszyłoby się większym zaufaniem rolników, a także prezentację przeszkód w tym procesie, ale również potencjalnych czynników sprzyjających udostępnianiu danych rolnikom, przedsiębiorstwom i organom publicznym. Przytoczono również kilka przykładów udanych implementacji, na których można się oprzeć i na których podstawie podane zostaną zalecenia.

2. Oparte na danych

Pierwszym warunkiem wstępnym tworzenia wartościowych i cieszących się zaufaniem NCdZSO są dane jakościowe. Dane niezbędne do zasilania NCdZSO są dostępne w skomplikowanej sieci obejmującej rolników, dostawców Internetu Rzeczy i usług, organizacje publiczne lub półpubliczne oraz przedsiębiorstwa, w tym przemysł spożywczy i przetwórczy. Istotne są różne rodzaje danych: dane związane z fakturami i dokumentami przesyłanymi między różnymi podmiotami, dane publiczne, takie jak Zintegrowany System Zarządzania i Kontroli (IACS) oraz system identyfikacji i rejestracji zwierząt (I&R), dane satelitarne i dane Internetu Rzeczy z czujników i maszyn. Konkretnie dane, które można pozyskać od organów publicznych to na przykład granice pól, informacje o glebie, dane topograficzne i cyfrowe modele wysokości. Również informacje o zezwoleniach na środki ochrony roślin, nawozy, środki polepszające glebę i osady są w posiadaniu organów publicznych. Podmioty prywatne mogą udostępniać dane dotyczące plonów lub dawki nakładów za pośrednictwem maszyn używanych przez rolników. Dostawcy usług mogą dostarczać dane satelitarne i pogodowe.

Większa część tych danych gospodarstw rolnych, mimo że jest własnością rolnika, zgodnie z unijnym kodeksem postępowania dotyczącym udostępniania danych rolniczych, w rzeczywistości nie jest przechowywana na lokalnym komputerze rolnika, ale w infrastrukturze informatycznej poza gospodarstwem. Dlaczego dane nie płyną do NCdZSO?

3. Odblokowanie udostępniania danych

Niestety, obecnie potencjał udostępniania danych i interoperacyjności jest w dużej mierze niewykorzystany, mimo oczywistych korzyści jakie mogłyby przynieść. (1) Przede wszystkim udostępnianie danych pozwoliłoby rolnikom uniknąć marnowania czasu na wprowadzanie danych niezbędnych do korzystania z NCdZSO, które są już zapisane w innym miejscu, na przykład informacji o polach w gospodarstwie, które już istnieją w publicznym rejestrze Systemu Identyfikacji Działek (LPIS) lub o liczbie zwierząt produkujących obornik w gospodarstwie, które są już zgłoszone do publicznego rejestru zwierząt zgodnie z przepisami UE¹. (2) Jeśli zasilimy CHdZSO większą ilością danych staną się inteligentniejsze i będą działać lepiej, ponieważ będą oparte na bardziej precyzyjnych danych. Więcej danych z działań rolniczych wpływałoby do NCdZSO rolników, ale również więcej danych mogłoby krążyć pomiędzy narzędziami przyczyniając się do ich weryfikacji i ulepszenia. (3) Kolejna korzyść to dodatkowe dochody, które można uzyskać, gdy dane dotyczące gospodarstwa są gromadzone i udostępniane innym podmiotom w łańcuchu dostaw. Przykładem są tutaj rolnicy otrzymujący lepsze wynagrodzenie gdy dostarczają swoje produkty do zakładów przetwórczych wraz z dodatkowymi informacjami na temat procesu produkcji, ilości lub jakości. A zatem korzyści płynące z udostępniania danych są oczywiste, a dodatkowo istniejące już platformy pokazują, że technologia udostępniania danych jest na obecnym etapie tak zaawansowana, że nie ma problemów technicznych blokujących udostępnianie danych. Jakie są zatem przeszkody?

Najpilniejsze wyzwania dotyczą wymiany danych między przedsiębiorstwami a organami publicznymi. W istocie, organy publiczne czynią niewielkie postępy w przetwarzaniu danych dotyczących aktów prawnych, które znajdują się w rejestrach publicznych, tak, aby nadawały się do odczytu maszynowego i były łatwe do zintegrowania z NCdZSO.

W większości przypadków informacje te są dostępne w skomplikowanych, rozbudowanych dokumentach pdf, które nie są przystosowane do wykorzystania w narzędziach cyfrowych. Ręczne wprowadzanie informacji z tych plików pdf do NCdZSO jest po prostu zbyt skomplikowane i zbyt czasochłonne zarówno dla rolników, jak i twórców narzędzi. W niektórych regionach Europy ośrodki badawcze lub organizacje rolników dokładają starań, aby przekonwertować pliki PDF na otwarte pakiety danych nadające się do odczytu maszynowego, ale dotyczy to tylko konkretnych narzędzi, które wspierają lokalnych rolników. Ponadto tam gdzie dane publiczne są dostępne w formacie cyfrowym, formaty te różnią się w poszczególnych państwach członkowskich i nie istnieje zdefiniowany protokół REST API pobierania danych na poziomie UE. Nadal brakuje interoperacyjności między różnymi narzędziami, aplikacjami i oprogramowaniem używanym w gospodarstwach rolnych. Dane są dostępne w różnych formatach i nie można ich łatwo przenosić z jednego narzędzia na drugie. W praktyce rolnicy, aby zgromadzić wszystkie konieczne informacje, są zmuszeni wprowadzać dane kilka razy ręcznie. **Ogromny nakład pracy i techniczne problemy** związane z dalszą digitalizacją informacji oraz związane z tym koszty to główne powody, dla których podmioty publiczne robią tak wolne postępy w tym zakresie.

W udostępnianiu danych między podmiotami gospodarczymi a organami publicznymi (G2B) kolejnym wyzwaniem jest budowanie **zaufania między tymi podmiotami**. Jeśli chodzi o raportowanie, należy zdecydowanie podkreślić, że rolnicy nie chcą udostępniać władzom wszystkich swoich danych związanych z zarządzaniem składnikami odżywczymi, a jedynie tę część, która podlega kontroli publicznej zgodnie z przepisami UE, na przykład przepisami krajowymi opartymi na unijnej dyrektywie azotanowej, w tym Zasadę Wzajemnej Zgodności². Z drugiej strony planowanie zarządzania składnikami odżywczymi obejmuje wiele kwestii, które nie są uregulowane, a dotyczą zarządzania produkcją roślinną w gospodarstwie. Rolnicy chcą ograniczyć informacje udostępniane organom publicznym do niezbędnego minimum. W związku z tym narzędzia stworzone, obsługiwane i utrzymywane przez władze, które nie będą w stanie zagwarantować, że rolnicy zachowają pełną kontrolę nad swoimi danymi, nie będą się cieszyć zaufaniem i nie będą wykorzystywane w praktyce. **Zarządzanie narzędziami** ma kluczowe znaczenie w przekonaniu rolników do stosowania NCdZSO. Należy podjąć kroki w zakresie udostępniania danych między organami publicznymi, przedsiębiorstwami i rolnikami, zwłaszcza w aspekcie zarządzania i powiązanego z nim modelu biznesowego

1. Główne przepisy UE dotyczące identyfikacji i rejestracji zwierząt to rozporządzenie UE 1760/2000, dyrektywa Rady 2008/71/WE, rozporządzenie UE 21/2004
2. Obejmuje to np. dyrektywę azotanową (91/676/EWG) – zob https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/income-support/cross-compliance_en

Takie podmioty jak instytuty badawcze, organizacje rolników i biznes podejmują duże wysiłki, aby zidentyfikować odpowiednie organy publiczne, które będą w stanie udostępnić więcej danych. Zademonstrowanie potencjalnych korzyści wszystkim zaangażowanym podmiotom i przekonanie organów publicznych do inwestowania w udostępnianie danych biznesowi z uwzględnieniem kontroli danych wymaga czasu.

4. Przykłady / najlepsze praktyki

W ogólnym zarysie na stronie <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/iacs/iacs.html> znajduje się przegląd danych oferowanych przez państwa członkowskie. Ze strony internetowej można wyciągnąć następujące wnioski:

- (1) Istnieją duże różnice między państwami członkowskimi, jeśli chodzi o rodzaj publikowanych danych. Łotwa, na przykład, udostępnia informacje o każdym polu za pośrednictwem <https://karte.lad.gov.lv/?q=13561205>, gdzie można zobaczyć/wyświetlić informacje LPIS, w tym kod uprawy, uprawę, granice pól, numer pola, numer bloku oraz rodzaj wnioskowanego wsparcia obszarowego.

W odróżnieniu od Łotwy, istnieją państwa członkowskie, które nie publikują danych, które można by powiązać z określonymi gospodarstwami lub polami, lub państwa członkowskie, które w ogóle nic nie publikują.

- (2) Bardzo rzadko dane są udostępniane w formacie nadającym się do odczytu maszynowego, a ponadto nie istnieje ogólnounijny standard dla interfejsów API REST. Większość podmiotów publicznych w tej chwili nie podejmuje jeszcze działań w celu dostarczenia gospodarstwom lub ich dostawcom NCdZSO danych, którymi zarządzają.

Pomimo stojących przed nami wielkich wyzwań, istnieje już kilka dobrych przykładów do naśladowania:

a. Przykład z Flandrii

We Flandrii departament rolnictwa publikuje informacje o działkach rolnych za pośrednictwem flamandzkiej platformy udostępniania danych DjustConnect. Aplikacje, które wspierają rolników w monitorowaniu upraw i zarządzaniu składnikami odżywczymi, mogą bezpośrednio wykorzystywać te informacje do automatycznej integracji odpowiednich danych gospodarstwa, takich jak np. granice pól, uprawy lub usługi ekosystemowe. Jak to działa w praktyce? Interfejs API jest udostępniany na platformie. Każdy zainteresowany podmiot może poprosić o dostęp do danych za pośrednictwem API. Następnie platforma zajmuje się uzyskaniem potrzebnych zgód. Najpierw o wniosku o dostęp do danych informowany jest departament rolnictwa. Jeśli wyrazi zgodę, platforma pyta o pozwolenie każdego z rolników, którego dane mają być udostępnione. Dopiero po wyrażeniu zgody przez rolnika platforma umożliwia przepływ danych do użytkownika.

Jak to osiągnięto? Platforma jest zarządzana przez podmiot zewnętrzny wraz ze spółdzielniami rolniczymi i jest inicjatywą non-profit. Takie podejście umożliwiło przekonanie flamandzkiego departamentu rolnictwa do udostępniania danych. Koszty budowy interfejsów API i wsparcia technicznego są dzielone między instytut badawczy i departament rolnictwa. Dane są udostępniane bezpłatnie.

b. Przykład z Niemiec

Dane dotyczące granic pól (informacje o działkach) są publicznie dostępne na stronach internetowych każdego kraju związkowego. Dotyczy to tylko danych o granicach pól. Brak jest informacji publicznych o uprawach i praktyce nawożenia na tych polach. Aby otrzymać unijne wsparcie, rolnicy muszą co roku przekazywać informacje o lokalizacji swoich pól i uprawach na każdym polu w ramach zasady wzajemnej zgodności. Rolnicy mogą pobierać dane do swoich narzędzi zarządzania gospodarstwem. Prawdopodobnie od przyszłego roku rolnicy będą musieli obliczać i raportować zapotrzebowanie na nawozy dla każdego pola. Te dane dotyczące zarządzania składnikami odżywczymi zawierać będą szczegółowe informacje na temat stosowania składników odżywczych N i P, a także datę, rodzaj nawozu, całkowitą i dostępną dla roślin zawartość składników odżywczych. Rolnicy będą musieli podzielić się tymi informacjami, aby rząd federalny mógł przekazywać UE łączne statystyki dotyczące nawożenia.

Nie istnieje (prawie) żaden mechanizm udostępniania tych danych podmiotom trzecim w sposób zautomatyzowany. Pobranie plików, a następnie wysłanie ich pocztą elektroniczną jest możliwe, ale praca ta musi być wykonana ręcznie przez samego rolnika i dla każdego dokumentu osobno. Nie wdrożono automatycznego systemu wyrażania zgody. W Niemczech dane rolników są uważane za dane prywatne, przynajmniej przez rolników. Rolnicy niechętnie udostępniają dane, ponieważ uważają, że inne podmioty chcą uzyskać do nich dostęp, aby móc monitorować działania rolników.

Niemiecki serwis pogodowy (organ publiczny) dostarcza informacji pogodowych specjalnie dla rolników (temperatura gleby, wilgotność gleby, prognoza). Usługa ta jest bezpłatna tylko dla rolników. Aby z niej skorzystać rolnicy muszą zalogować się na swoje konto. Jednak ta usługa nie jest zbyt dobrze znana rolnikom, ponieważ oprogramowanie do zarządzania gospodarstwem i aplikacje mobilne nie wykorzystują jeszcze zbyt często interfejsu API.

c. Przykład z Polski

W Polsce Ministerstwo Cyfryzacji stworzyło i prowadzi krajowy portal danych (<https://dane.gov.pl/en>), który jest źródłem rzetelnych i aktualnych danych i które są udostępniane nieodpłatnie. Dane, pochodzące od ponad 200 dostawców, w tym organów publicznej i podmiotów prywatnych, klasyfikowane są w różnych kategoriach w zależności od ich tematyki. W takich kategoriach jak rolnictwo, rybołówstwo, leśnictwo i żywność dostępnych jest prawie 100 publicznych zbiorów danych.

W ramach projektu eDWIN tworzona jest platforma wspomagania decyzji dla rolników w Polsce, począwszy od kwestii związanych ze zintegrowaną ochroną roślin, która łączy kilka źródeł danych pochodzących od różnych podmiotów i instytucji, z których część pochodzi z polskiego portalu danych. Dodatkowo platforma zbiera i udostępnia dane z ponad 500 stacji agrometeo (infrastruktura stworzona w ramach projektu eDWIN) i z modeli predykcyjnych. Odpowiednie dane, takie jak granice pól, można pobrać ze strony Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (każdy rolnik może je importować indywidualnie). Platforma jest również zintegrowana z polskim geoportalem krajowym, będącym jednym z głównych źródeł danych, i zaczyna łączyć dane ze standardowymi słownikami, takimi jak AGROVOC. Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) równolegle testuje również publikację i udostępnianie niektórych zbiorów danych jako danych powiązanych.

Jak to działa w praktyce? Interfejs API jest udostępniany na platformie eDWIN. Każdy zainteresowany podmiot może poprosić o dostęp do danych za pośrednictwem API. Istnieje osobny interfejs API dla wniosków dotyczących dużej ilości danych. Użytkownikom udostępniane są różnego rodzaju aplikacje klienckie. Dane rolników nie są udostępniane. Jak to osiągnięto? Platforma powstała w ramach programu Polska Cyfrowa i jest platformą publiczną, otwartą dla rolników. Operatorem platformy jest WODR - Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego we współpracy z PCSS, ale zaangażowane są w nią wszystkie 16 regionalne ośrodki doradztwa rolniczego. Platforma jest dostępna na stronach rządowych i jest objęta patronatem Ministerstwa Rolnictwa. Szersze udostępnianie danych firmom będzie rozwijane w ramach rozpoczynających się projektów UE, takich jak DATAMITE.

d. Przykład z Francji

We Francji dwa zestawy danych, które są przydatne dla narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi, są danymi publicznie dostępnymi.

Granice pól są publicznie dostępne na stronie internetowej poświęconej usługom geodezyjnym Francuskiego Narodowego Instytutu Geograficznego. Odpowiadają one wnioskowi składanym przez rolników w ramach WPR. Dane można pobierać jako spakowane pliki ESRI Shape według lat i regionów administracyjnych i są dostępne od 2010 roku (<https://geoservices.ign.fr/rpg#telechargement>). Te same dane są również dostępne za pośrednictwem interfejsu API przy użyciu standardów OGC (Open Geospatial Consortium) Web Feature Service (WFS) lub Web Map Service (WMS) i można je łatwo zintegrować z witrynami internetowymi lub narzędziami GIS, takimi jak ArcGIS lub QGIS. (WMS: <https://wxs.ign.fr/agriculture/geoportail/r/wms?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetCapabilities>)(WFS: <https://wxs.ign.fr/agriculture/geoportail/wfs?SERVICE=WFS&VERSION=2.0.0&REQUEST=GetCapabilities>).

Dane są dostępne dla wszystkich. Niestety, dane te mają dwie główne wady: (1) Dane są udostępniane z opóźnieniem wynoszącym rok lub dwa lata. Na przykład według stanu na czerwiec 2022 r. najnowsze dostępne dane dotyczą roku 2020. Dane są anonimowe, nie ma żadnych informacji administracyjnych (dotyczących gospodarstwa) ani agronomicznych (takich jak data sadzenia, stan nawadniania itp.), z wyjątkiem głównych upraw.

Szczegółowe dane topograficzne są publicznie dostępne na stronie internetowej Geoservices Francuskiego Instytutu Geograficznego. (<https://geoservices.ign.fr/rgealti>) Dane pochodzą z pomiarów metodą LIDAR z powietrza. Dane są dostępne w rozdzielczości przestrzennej 1 metra i 5 metrów. To bardzo wysokie rozdzielczości, w porównaniu np. ze zdjęciami satelitarnymi Sentinel o rozdzielczości 10 metrów. Dane mogą być pobrane jako skompresowany zbiór plików w rastrowym formacie „.asc”. Pliki te można łatwo przekształcić w pojedynczy plik rastrowy GeoTIFF za pomocą narzędzi GIS, takich jak GDAL, co uczyni go bardziej praktycznym w użyciu. Te same dane są również dostępne za pośrednictwem interfejsu API, zarówno jako warstwa rastrowa, jak i wektorowa, z wykorzystaniem standardu OGC (Open Geospatial Consortium), standardu Web Map Service (WMS), i mogą być zintegrowane ze stronami internetowymi lub narzędziami GIS, takimi jak ArcGIS lub QGIS.

Adres URL umożliwiający dostęp do danych jako warstwy rastrowej za pośrednictwem WMS:
<https://wxs.ign.fr/altimetric/geoportail/r/wms?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetCapabilities>

Adres URL umożliwiający dostęp do danych jako warstwy wektorowej za pośrednictwem WMS:

<https://wxs.ign.fr/altimetric/geoportail/v/wms?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetCapabilities>

e. Przykład z Danii

Duńska Administracja ds. Weterynarii i Żywności (DVFA)³ jest odpowiedzialna za zgodność krajowych regulacji z przepisami UE dotyczącymi identyfikacji i rejestracji zwierząt. Administracja zleciła SEGES, czyli działowi usług doradztwa rolniczego Duńskiej Rady Rolników (organizacja pozarządowa/stowarzyszenie rolników) prowadzenia rejestru.

Na stronie DVFA każdy może swobodnie wyszukać dane dotyczące zwierząt hodowanych w dowolnym gospodarstwie. Po wprowadzenia numeru stada lub adresu gospodarstwa można sprawdzić ile zwierząt danego typu hoduje gospodarstwo, oficjalne identyfikatory zwierząt, ich daty urodzenia itp. Zgodnie z duńskim podejściem dane, które firmy, w tym gospodarstwa rolne, są prawnie zobowiązane do zgłaszania władzom są danymi publicznymi, a pytanie o upublicznienie tych danych jest w zasadzie pytaniem o to jak zostanie to przeprowadzone: Czy podobnie jak dane identyfikacyjne stada i zwierząt powinny być możliwe do wglądu na stronie internetowej, czy dane powinny znajdować się w rocznym sprawozdaniu wydawanym przez właściwy organ, czy też powinny być dostępne np. wyłącznie na konkretne prośby o wgląd skierowane do organów publicznych?

Aby jednak uzyskać dostęp do danych w formacie nadającym się do odczytu maszynowego, należy skontaktować się z SEGES z wnioskiem, w tym podpisaną zgodą rolnika, który chce wykorzystać dane do własnych narzędzi zarządzania. Obecnie opłata startowa dla dostawcy narzędzi wynosi ok. 1350 €, a rolnik musi uiścić roczną opłatę w wysokości 0,1 € za zwierzę znajdujące się w bazie danych. SEGES udostępni interfejs REST-API, a dostęp do danych jest w pełni zautomatyzowaną procedurą, która nie wymaga negocjacji ani dodatkowych obciążeń administracyjnych.

REST-API pozwala w rzeczywistości na korzystanie z wielu danych, ponieważ SEGES w ramach tej samej bazy przechowuje inne informacje t.j. testy genomiczne, księgi hodowlane, inseminacje, pomiary parametrów mleka itp. Po nawiązaniu połączenia dostawca narzędzi cyfrowych może zdecydować o samodzielnym pobraniu danych lub też opracowaniu narzędzia, dzięki któremu rolnik będzie mógł również rejestrować dane w bazie danych zwierząt SEGES

3. <https://www.foedevarestyrelsen.dk/english/Pages/default.aspx>

Jeśli chodzi o dane takie jak granice pól lub informacje o zwierzętach w grę wchodzi kwestia własności danych. Gdy podmioty publiczne, które przechowują dane, chcą uszanować prywatność danych rolnika, mogą udostępniać te dane do wykorzystania w NCdZSO tylko wtedy, gdy rolnicy wyrażą na to zgodę. Jednak proces wyrażania zgody może być bardzo prosty i przebiegać na różne sposoby. Na przykład w Danii uzyskanie dostępu do danych z rejestru zwierząt w formacie nadającym się do odczytu maszynowego jest jedynie formalnością. Istnieje standardowa opłata startowa i wymóg dostarczenia przez dostawcę narzędzia podpisanego formularza ze zgodą rolnika na import danych, który będzie podstawą do korzystania przez rolnika z narzędzia cyfrowego. Ponadto rolnik płaci roczną opłatę za każde zwierzę w bazie danych.

5. Rozwiązania i Zalecenia

W oparciu o nasze przemyślenia i doświadczenie oraz przypadki opisane powyżej, możemy ogólnie zalecić **pilne przyspieszenie prac zmierzających do udostępniania większej ilości danych** w celu zasilania cyfrowych narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi. Narzędzia te nie mogą dostarczyć rolnikom właściwych porad dotyczących zarządzania składnikami odżywczymi, jeśli nie mają dostępu do niezbędnych źródeł danych. Ponadto rolnicy nie będą korzystać z narzędzi, które wymagają ręcznego wprowadzania danych, które można łatwo zaimportować automatycznie. Dane muszą więc automatycznie przepływać do narzędzi za pomocą interfejsów API i interoperacyjnych formatów danych. I co najważniejsze, rolnicy chcą zachować pełną kontrolę nad swoimi danymi.

Zdecydowanie największą rolę mogą tu odegrać **podmioty publiczne**, które powinny zainwestować czas i wysiłek w udostępnianie publicznych rejestrów i dokumentów w formacie nadającym się do odczytu maszynowego. W oparciu o przypadki zaobserwowane w Danii i Flandrii, **publiczno-prywatna współpraca** między instytutami badawczymi a spółdzielniami rolniczymi może pomóc w ułatwieniu tego procesu w państwach członkowskich, w których nie rozpoczęto jeszcze procesu wymiany danych między podmiotami publicznymi i przedsiębiorstwami działającymi w rolnictwie. Ich rolą jest zorganizowanie **zarządzania udostępnianymi danymi** w sposób budujący zaufanie rolników, tj. zagwarantowanie, że ich dane nie będą udostępniane bez ich wyraźnej zgody. W tym przypadku zaleca się opieranie się na już istniejącym unijnym kodeksie postępowania w zakresie udostępniania danych rolniczych, ale także na innych istniejących europejskich przepisach regulujących **ochronę danych**. Instytuty badawcze i spółdzielnie rolników są dobrze przygotowane do wyjaśnienia wszystkim interesariuszom korzystnej dla obu stron strategii zarządzania udostępnianiem danych biznesowych. Zbudowane w ostatnich latach przez spółdzielnie rolników **platformy udostępniania danych** udowodniły, że są w stanie zapewnić praktyczne rozwiązania umożliwiające postęp w udostępnianiu danych oraz dostarczać niezbędnych zestawów danych. Łączą cyfrowy ekosystem wokół innowacyjnych rozwiązań technicznych wspierany przez zrównoważony model biznesowy z odpowiednim systemem zarządzania. W tym ekosystemie rolnicy, doradcy, przedsiębiorstwa, naukowcy i podmioty publiczne powinny współpracować, aby współtworzyć przydatne aplikacje z dostępnymi danymi, a także zapewnić dodatkowe wsparcie w zakresie umiejętności cyfrowych oraz analizy stosunku kosztów do korzyści.

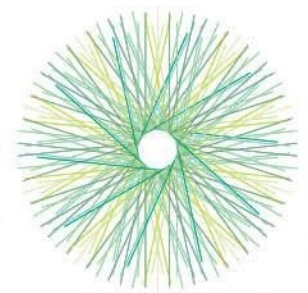
Na koniec wzywamy do wdrożenia europejskiej inicjatywy na rzecz przekonania organów publicznych do udostępniania danych i stworzenia europejskiej przestrzeni danych ze wspólnym dla całej Unii standardem wymiany danych.

Załącznik

Poniższa tabela przedstawia niektóre przykłady danych, które są niezbędne do funkcjonowania NCdZSO i które obecnie istnieją w przestrzeni europejskiej, ale nie są udostępniane przez państwa członkowskie w formacie nadającym się do odczytu maszynowego.

Tabela 1

Dane	Posiadacz danych/typ
Zarejestrowane nawozy	IACS
Zarejestrowane nasiona	IACS
Zarejestrowane środki ochrony roślin	IACS
Kody upraw	IACS
Kody zwierząt	IACS
Maksymalne dozwolone dawki nawożenia dla różnych upraw (w niektórych przypadkach podane również jako zalecenia)	Przepisy prawa
Współczynnik EFA upraw	Przepisy prawa
Klasyfikacja dotacji uprawy	Przepisy prawa
Ustandaryzowane dane dotyczące obornika pochodzącego od różnych rodzajów zwierząt hodowlanych (kody zwierząt)	Przepisy prawa
Współczynniki korekcyjne do analiz glebowych	Przepisy prawa
Granice pól i bloków	LPIS
Status gruntów (Natura 2000 itp.), brak stref ornych, strumieni itp.	
Rośliny uprawiane w ciągu ostatnich trzech lat poszczególnych polach	IACS
Liczba zwierząt różnych gatunków (kody zwierząt) ORAZ metody produkcji	IACS
Dane pogodowe zebrane z prywatnej stacji meteorologicznej	Producent rolny
Mapowanie plonów przez kombajn	Producent rolny



eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



Grupa Fokusowa EIP-AGRI Narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi

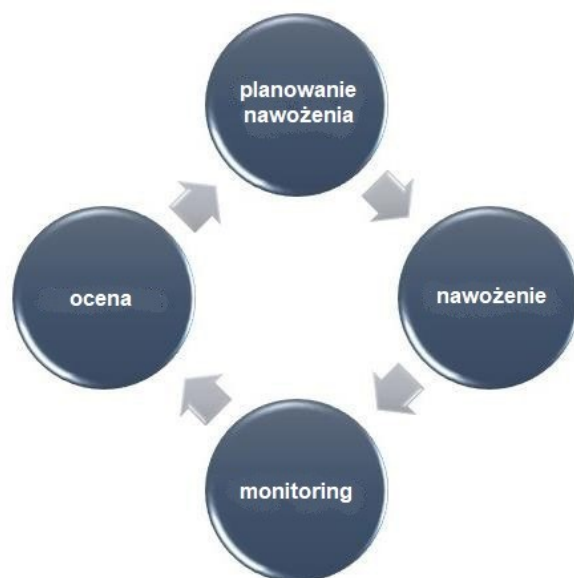
MINI PREZENTACJA Minimalne wymagania wobec narzędzi cyfrowych do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi

David Nafria, Sussane Klages, Rafael Álvarez, Daniel Kindred, Pádraig Foley

1.	Wstęp	100
1.1.	Badanie i analiza gleby	100
2.	Wymagania dotyczące narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi	103
2.1.	Komponenty i wskaźniki zarządzania składnikami odżywczymi.....	103
2.2.	Wymagania dotyczące planowania zarządzania składnikami odżywczymi.....	106
2.3.	Wymagania dotyczące stosowania nawożenia	107
2.3.1	Rejestry nawożenia	108
2.3.2	Dokumentacja nawozowa Dziennik polowy.....	109
2.4	Wymagania dotyczące monitoringu.....	109
2.4.1.	Wskaźniki ciągłe.....	110
2.4.2.	Wskaźniki nieciągłe.....	111
2.4.3.	Rozwiązania wbudowane i współdzielone	112

1. Wstęp

Narzędzia zarządzania składnikami pokarmowymi mogą koncentrować się na (A) zmniejszaniu wpływu na środowisko (wodę i atmosferę), zwłaszcza dotyczy to azotu i fosforu, minimalizowaniu strat tych składników odżywczych lub (B) zwiększaniu efektywności odżywczej i ekonomicznej, szczególnie w produkcji roślinnej. Im bardziej wyspecjalizowany jest proces produkcji i im wyższy jest potencjalny dochód z produkcji rolnej, tym bardziej rozbudowane powinno być narzędzie zarządzania składnikami odżywczymi. Szczególnie istotne jest zarządzanie składnikami odżywczymi w hodowli zwierząt mięsnych



i mlecznych ze względu na dodatkowy problem z zarządzaniem obornikiem, związany w szczególności z koniecznością całorocznego równoważenia aspektów technicznych, ekonomicznych i środowiskowych.

Używanie narzędzi do osiągnięcia do osiągnięcia celu (A) może być wymagane od każdego rolnika na określonym obszarze, np. w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami zgodnie z dyrektywą azotanową. Narzędzia tego typu muszą być łatwe w użytkowaniu. Z drugiej strony narzędzia konieczne do osiągnięcia celu (B) powinny być upowszechniane wśród rolników, o ile dają nadzieję na maksymalizację dochodu, ale w praktyce budzą zainteresowanie niewielkiej liczby rolników. Oba podejścia w pewnym sensie nakładają się na siebie, w tym sensie, że utrata składników odżywczych w obu przypadkach jest dużym problemem.

Od początku spotkań Grupy Fokusowej powracał pomysł klasyfikowania działań i narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi w oparciu o kolejne etapy. Jest to bardzo pomocne przy ustalaniu wymagań.

Zidentyfikowano cztery etapy procesu zarządzania składnikami odżywczymi w gospodarstwie. Wszystkie te etapy są połączone w sekwencję: konieczne jest planowanie stosowania składników odżywczych w celu określenia odpowiedniej ilości składników odżywczych, następnie sama operacja nawożenia, po której następuje monitorowanie i ocena faktycznie zastosowanych dawek. Planowanie, monitorowanie i faktyczne nawożenie powinny nakładać się na siebie w pozytywnym cyklu. Nowe technologie powinny zapewniać możliwości monitorowania w czasie rzeczywistym w celu poprawy jakości planowania i realizacji.

1.1. Badanie i analiza gleby

Pobieranie próbek gleby nadal pozostaje podstawą zarządzania składnikami odżywczymi. Chociaż nowe technologie rozwijają się również w zakresie analizy gleby, prawda jest taka, że w wielu systemach i regionach rolniczych tradycyjne pobieranie próbek gleby jest nadal kluczowym czynnikiem wspierającym stosowanie narzędzi cyfrowych w całym cyklu zarządzania składnikami odżywczymi.

Głównym powodem pobierania próbek gleby jest określenie średniego poziomu składników odżywczych danego obszaru w celu zmierzenia dostępnych składników odżywczych w glebie.

Próbka zazwyczaj zawiera 0,25 – 0,5 kg gleby i przyjmuje się, że reprezentuje ona cały obszar lub pole. Z badań wynika, że pole o powierzchni 1 hektara do głębokości 100 mm zawiera około 2000 ton gleby i ważne jest pobranie próbki reprezentującej cały ten obszar. Analiza gleby jest tak dobra, jak pobrana próbka. Zawsze dobrze jest skonsultować się z doradcami przed pobraniem próbek gleby. Ze względu na mapy gleby dla regionu, w którym gospodarstwo się znajduje, politykę rolną, historię upraw i plany na przyszłość można czasem zalecić dodatkową analizę.

Poniżej przedstawiamy kilka zaleceń dotyczących pobierania próbek gleby, które posłużą do analizy P, K i pH¹.

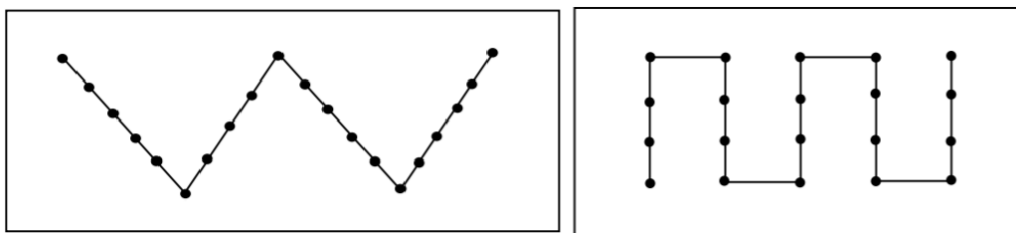
- Powszechną praktyką jest opieranie zaleceń dotyczących nawozów na badaniach gleby prowadzonych przez okres do czterech lat, a w niektórych przypadkach nawet dłużej. Wynika to z faktu, że poziomy składników odżywczych w glebie zmieniają się powoli w przypadku większości rodzajów upraw. Na lżejszych glebach lub tam, gdzie występuje wiązanie P lub K, bardziej idealnym okresem byłyby trzy lata. Również częstsze pobieranie próbek gleby może być korzystne dla zarządzania równowagą między utratą a wprowadzaniem składników odżywczych w celu wspierania różnych praktyk rolniczych.
- Podczas pobierania próbki gleby niezbędne jest posiadanie odpowiedniego wiertła do gleby, świdra ślimakowego itp., które ułatwią pobranie próbki gleby na właściwej głębokości. Należy upewnić się, że wszystkie próbki zostały pobrane na jednakowej głębokości.
- Cały sprzęt do pobierania próbek gleby powinien być czysty i wolny od rdzy lub pozostałości starej gleby, aby uniknąć zanieczyszczenia próbki gleby. Do pobierania próbek gleby, które będą badane na obecność mikroelementów, np. cynku nie powinno używać się narzędzi ocynkowanych, mosiężnych lub z brązu.
- Gospodarstwo należy podzielić na pola lub obszary i pobrać jedną próbkę reprezentującą każdy obszar. Należy narysować mapę gospodarstwa przedstawiającą wszystkie pola i nadać każdemu stały numer, np. Pole nr 1, nr 2 itd. dopasowując numery pól do pobranych próbek. Mapę gospodarstwa warto zachować na przyszłość.
- Należy pobrać osobne próbki z obszarów, które różnią się typem gleby, poprzednimi uprawami, nachyleniem, drenażem lub utrzymującymi się niskimi plonami.
- Należy unikać wszelkich nietypowych miejsc, takich jak stare płoty, rowy, poidła, plamy moczu lub łajna, a także miejsca, w których w przeszłości stosowano lub rozlano nawozy/obornik lub wapno.
- Próbek z pola nie należy pobierać przed upływem 3 do 6 miesięcy od ostatniego zastosowania P i K. Tam, gdzie stosowano wapno, należy odczekać do 2 lat przed pobraniem próbek na potrzeby badania poziomu wapna i 6 miesięcy od ostatniego zastosowania obornika.
- Należy pobrać reprezentatywną próbkę gleby z pola tak, aby punkty poboru utworzyły kształt litery W. Alternatywnie można również zastosować wzór siatki; jest to bardziej reprezentatywne dla tego obszaru. Patrz rys. 1 i 2 poniżej.
- Jeśli to możliwe, należy pobrać co najmniej 20 rdzeni glebowych. Jeśli próbki pobierane są według wzoru litery W zgodnie z rys. 1 poniżej, należy pobrać około 5 rdzeni gleby na każdym ramieniu litery W. Należy je wymieszać i pobrać reprezentatywną podpróbkę do analizy, upewniając się, że wielkość próbki jest wystarczająca do analizy laboratoryjnej.
- Podczas pobierania próbek należy unikać chodzenia wzdłuż linii na których prowadzone są operacje rozsiewania nawozów i wapna na polu.
- Jeśli płodozmian to umożliwiał, należy pobierać próbki o tej samej porze roku w celu ułatwienia porównania wyników badania próbek gleby (nie jest to jednak możliwe w wielu płodozmianach z uprawami ozimymi i jarymi o różnych terminach nawożenia).
- Należy unikać pobierania próbek w ekstremalnych warunkach glebowych, np. w glebach podmokłych lub bardzo suchych

1. Teagasc, 2020. Major & Micro Nutrient Advice For Productive Agricultural Crops. [Dostępne tutaj](#)

- Należy umieścić próbkę gleby w pojemniku na glebę, aby uniknąć zanieczyszczenia i zapisać niezmywalnym markerem numer próbki na pojemniku.

Wzory pobierania próbek gleby

Rysunek 1. Pobieranie próbek przy użyciu ścieżki w kształcie litery W (lub M) jest najwygodniejsze (po lewej). Pobieranie próbek przy użyciu wzoru siatki daje próbki bardziej reprezentatywne dla pola (po prawej)



Laboratorium wymaga danych rolników oraz informacji przestrzennych i agronomicznych o próbce gleby, zanim będzie mogło przeprowadzić analizę.

Chociaż podstawowe zasady pobierania próbek gleby są takie same dla różnych wzorców pobierania próbek, wraz z upowszechnieniem się stosowania konkretnych nakładów dla konkretnych miejsc, w ostatnich dziesięcioleciach pojawiły się inne strategie pobierania próbek, wraz z technikami badawczymi, które mogą pomóc w pobieraniu próbek poprzez określenie jednorodnych obszarów w obrębie pól. Po weryfikacji i zastosowaniu przez fachowców podczas badania i przetwarzania końcowego, techniki te mogą poprawić dokładność/ważność próbki gleby, reprezentującej dany obszar. Te metody badawcze oraz wspierające je zbiory danych obejmują między innymi:

- Skanowanie gleby za pomocą czujników kontaktowych i bezkontaktowych mierzących:
 - Przewodnictwo elektryczne
 - Indukcję elektromagnetyczną
 - Współczynnik odbicia
 - pH
- Skanowanie gleby przy użyciu danych z czujników opartych na promieniowaniu gamma
- Teledetekcja za pomocą czujników optycznych (satelitarnych, lotniczych, dronów)
- Cyfrowe techniki mapowania gleby wspierane przez kierowane pobieranie próbek gleby
- Cyfrowe modele terenu

Należy również zauważyć, że w ostatniej dekadzie rozwijają się nie tylko technologie badań i mapowania, ale także laboratoryjne metody pomiarowe, wraz z rozwojem sprzętu wykorzystującego detekcję zbliżeniową i metod przetwarzania końcowego. Technologia umożliwia szybki pomiar próbek gleby bez użycia środków chemicznych, takich jak tradycyjne metody mokrej chemii, dzięki czemu jest bardziej przyjazna dla środowiska. Oprócz wspomnianych wyżej zalet, technologia zbliża się do tej samej dokładności, co tradycyjne metody, i to nie tylko w środowisku laboratoryjnym, ale także na polu, przy użyciu ręcznych skanerów gleby.

Równoległe z rozwojem nowoczesnych technologii, renesans przeżywa również tradycyjne badanie gleby (mapowanie) z wykorzystaniem dołów glebowych. Podczas gdy tradycyjna metoda była standardem do połowy ubiegłego wieku, stawała się coraz mniej rozpowszechniona ze względu na rosnące koszty i czas potrzebny na takie badanie w porównaniu z prostym pobieraniem próbek wierzchniej warstwy gleby. Jednak rosnące zapotrzebowanie na dane i wiedzę w rolnictwie precyzyjnym i nowe pokolenie rolników stworzyło nowe zapotrzebowanie na szczegółowe, dogłębne badania.

2. Wymagania dotyczące narzędzi do zarządzania składnikami odżywczymi

2.1. Komponenty i wskaźniki zarządzania składnikami odżywczymi

Aby skutecznie wspierać decyzje dotyczące zarządzania składnikami odżywczymi (np. czy stosować składnik odżywczy, ile stosować, kiedy, jak prowadzić rejestr tego co zostało zastosowane i obliczać bilans składników odżywczych), NCdZSO potrzebują czegoś więcej niż tylko danych, potrzebują ram, na podstawie których decyzje są podejmowane. Mogą być czysto empiryczne (np. oparte na wcześniejszych eksperymentach), wyłącznie oparte na zasadach (np. bilans składników odżywczych) lub stanowić połączenie empirii i zasad (zob. przykład z Irlandii w ramce). W obu przypadkach istnieje podstawowy zestaw danych, który prawdopodobnie będzie potrzebny do skutecznego wspierania decyzji, oraz inne dane, które będą przydatne do celów administracyjnych.

Ważne komponenty i wskaźniki zarządzania składnikami odżywczymi:

- Ile składników odżywczych potrzebują uprawy? (zapotrzebowanie uprawy na składniki odżywcze)
- Ile składników odżywczych jest dostarczanych z gleby? (podaż składników odżywczych z gleby)
- Ile składników odżywczych jest dostarczanych z zastosowanego obornika?
- Jaka część zastosowanego nawozu dostanie się do upraw? (odzysk nawozu)
- Ile składników odżywczych znajduje się w uprawach w chwili obecnej? (można wywnioskować ze wskaźnika pokrycia liściowego (LAI)/ wskaźnika zielonej powierzchni asymilacyjnej (GAI), przyswajania N, biomasy, Znormalizowanego różnicowego wskaźnika wegetacji (NDVI))
- Jaki jest aktualny bilans składników odżywczych upraw? (niedobór lub odpowiedni poziom)
- Ile składników odżywczych trafia do plonów (pobór składników odżywczych)
- Ile składników odżywczych łącznie pobrały uprawy (przyswajanie składników odżywczych)
- Jaki jest bilans składników odżywczych (tj. składnik odżywczy wprowadzony – składnik odżywczy usunięty)
- Ile składników odżywczych przedostało się do środowiska w wyniku wymywania, spływu, ulatniania się itp.?
- Ile składników odżywczych zastosować w nawozie (wymagania dotyczące nawozu)
- Wydajność wykorzystania składników odżywczych – wiele definicji, w tym:
 - Kg plonu osiągniętego na kg dostępnych składników odżywczych (gleba + nawóz)
 - Kg plonu osiągniętego na kg zastosowanego nawozu
 - Kg składników odżywczych pobranego przez uprawę na kg dostępnych składników odżywczych (gleba + nawóz) (Efektywność wchłaniania N)

W Irlandii Zielona Księga „Porady dotyczące głównych i mikroskładników odżywczych dla upraw rolnych” zawiera wiedzę zdobytą przez dziesięciolecia badań nad glebą i uprawami. Określa ona wymagania upraw na różnych typach gleb i poziomach żyzności gleby. Określa wymagania, pobór itp. Dane te są następnie uwzględniane w narzędziu cyfrowym NMP Online w złożonych algorytmach w celu zmapowania gospodarstw, dopasowania próbek gleby do map i upraw. Następnie system podaje zalecenia dotyczące nawozów i wapna dla każdej działki i każdej uprawy. System bierze pod uwagę ilość obornika wyprodukowanego w gospodarstwie np. jeśli w danym gospodarstwie hoduje się dużo zwierząt i przechowuje się je przez zimę produkując obornik, jest on brany pod uwagę we wszelkich udzielanych poradach.

- Kg składników odżywczych pobranych przez uprawę na kg składników odżywczych zastosowanego w nawozie (odzysk nawozu, jeżeli uwzględniono składniki odżywcze w glebie)
- Kg składników odżywczych w zebranych plonach na kg dostępnych składników odżywczych lub na kg nawozu

Do obliczenia, oszacowania lub przewidzenia każdego z powyższych stosunków konieczne są następujące dane:

Określenie **zapotrzebowanie upraw na składniki odżywcze** wymaga empirycznego oszacowania poszczególnych upraw w danym środowisku/sytuacji, co do których wykazano, że pozwala uniknąć niedoborów, lub można je obliczyć na podstawie **Oczekiwanego Plonu** pomnożonego przez oczekiwaną zawartość składników odżywczych w uprawach (uwzględniając % składników odżywczych w ziarnie, % składników odżywczych w słomie i innych pozostałościach po żniwach i wskaźnik plonów – otrzymujemy wynik (np. 23 kg N/t dla pszenicy)). Zapotrzebowanie roślin na składniki odżywcze zmienia się w okresie wegetacji.

Oszacowanie **podaży składników odżywczych z gleby** różni się w zależności od składnika odżywczego. W przypadku azotu w Wielkiej Brytanii jest on najczęściej szacowany empirycznie przy użyciu metody oceny polowej (RB209) na podstawie wiedzy o **poprzednich uprawach** (stąd prawdopodobne pozostałości N), **rodzaju gleby** i opadów w okresie zimowym (stąd prawdopodobne straty spowodowane wymywaniem). Poziom niektórych składników odżywczych można zmierzyć za pomocą laboratoryjnych analiz gleby, ale ocena, jaka część z nich jest dostępna dla upraw, a jaka związana lub zmineralizowana, może być trudna. Poziomy P, K i Mg są rutynowo mierzone w wierzchniej warstwie gleby (23 cm). Azot w postaci amoniaku i azotanu można zmierzyć, ale daje to tylko część obrazu, ponieważ może on być wymywany, unieruchomiony lub zmineralizowany. Szacowanie poziomu azotu w uprawach wiosną daje użyteczny wskaźnik N dostępnego z gleby, zwłaszcza w przypadku rzepaku.

Można przedstawiać obszerne empiryczne szacunki dostępności składników odżywczych z obornika, ale zawartość składników odżywczych różni się znacznie w zależności od rodzaju obornika, wieku, przechowywania i metody stosowania. Zalecana jest analiza % suchej masy i zawartości składników odżywczych (laboratoryjna, bliska podczerwień, areometr, paski wskaźnikowe quantofix). MANNER-NPK to cyfrowe narzędzie do szacowania zawartości i dostępności składników odżywczych. Istnieją modele oparte na prostym bilansie masy. Modele te opierają się na uśrednionych wartościach ekstrakcji NPK w plonach i pozostałościach po żniwach w połączeniu z pewnymi progami glebowymi w celu zmodyfikowania bilansu ekstrakcji uprawy. Obejmują one również takie elementy jak wiązanie N przez depozycję atmosferyczną i symbiozę roślin strączkowych. Przykłady takiego podejścia można znaleźć w takich narzędziach jak Ferticalc, SATIVUM i Navigator F3. Wszystkie te narzędzia zostały udostępnione na platformie FAST w formie interfejsów API.

Empiryczne szacunki odzysku nawozów można stosować w zależności od **rodzaju gleby** i **rodzaju nawozu** – w Wielkiej Brytanii przyjmuje się standardową wartość 60% dla nawozu z azotanem amonu na glebach średnich, 50% dla gleb kredowych i 70% dla gleb piaszczystych. Mocznik ma niższy poziom odzysku nawozu z powodu większych strat amoniaku w wyniku ulatniania się.

Kilka narzędzi cyfrowych szacuje poziom wchłaniania azotu przez rośliny uprawne w danym czasie na podstawie właściwości współczynnika odbicia (np. pokrycie gruntu/GAI na podstawie zdjęć cyfrowych, NDVI, czujnik azotu, dane satelitarne). Takie szacunki rzadko są precyzyjne, ale mają charakter orientacyjny i umożliwiają porównania empiryczne.

Poziom składników odżywczych można ocenić wizualnie, jeśli występują niedobory, lub za pomocą analizy roślin. W przypadku azotu zawartość chlorofilu w liściach jest dobrym wskaźnikiem poziomu azotu i może być oszacowana na podstawie widmowego współczynnika odbicia (czujniki, kamery multispektralne, zdjęcia satelitarne) lub transmisji (tester SPAD / N). Ponieważ niezbędne stężenia N zmniejszają się wraz z rozwojem roślin, najlepszym podejściem do oceny niedoboru/właściwego poziomu N może być Indeks Odżywiania Roślin Azotem, który wykorzystuje oszacowanie biomasy, jak również stężenia N, wraz z empirycznie wyprowadzoną krzywą rozcieńczenia N.

Pobór składników odżywczych można oszacować na podstawie zmierzonych (lub szacunkowych) plonów podczas zbioru, zwykle przy założonej zawartości składników odżywczych w zebranym produkcie, ale najlepiej na podstawie analiz składników odżywczych w ziarnie.

Przyswajanie składników odżywczych można oszacować na podstawie poboru składników odżywczych przy założonych wskaźnikach zbioru składników odżywczych (tj. w celu oszacowania składników odżywczych pozostających w pozostałościach poźniwnych).

Bilans składników odżywczych można obliczyć na podstawie **rejestrów zastosowanych nawozów i obornika** oraz szacowanego poboru składników odżywczych.

Do oszacowania strat składników odżywczych można wykorzystać różne **modele** z informacjami na temat charakterystyki **gleby, pogody**, topologii (nachylenia), hydrologii, rodzaju nawozów, terminów i metod stosowania.

Istnieje wiele metod stosowanych do obliczania lub modyfikacji zaleceń dotyczących zapotrzebowania na nawozy w oparciu o jedną lub więcej z powyższych kalkulacji. Do stosowania nawozów konieczne jest prowadzenie rejestrów (data, dawka, co). W przypadku stosowania zmiennego dawkowania nawozów najlepiej jest stworzyć mapę stosowanego nawozu.

Aby obliczyć wskaźnik efektywności azotu, bardzo ważne jest, aby najpierw wyjaśnić podstawowe definicje. Na podstawie zmierzonych plonów, zarejestrowanego dawkowania składników odżywczych i szacunkowej podaży z gleby powinno być możliwe obliczenie tego wskaźnika.

Dane, które prawdopodobnie będą potrzebne narzędziom cyfrowym, aby skutecznie wspierać decyzje dotyczące zarządzania składnikami odżywczymi:

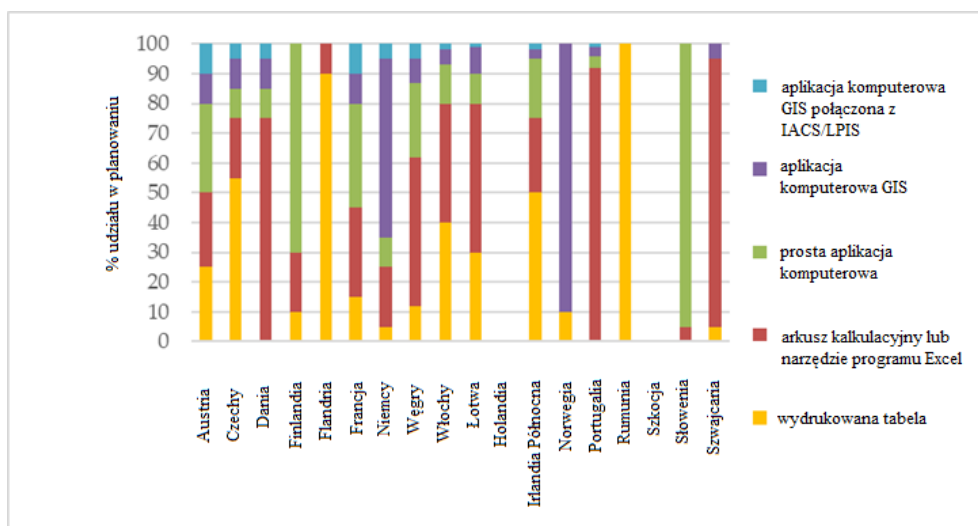
- Obecna uprawa
- Poprzednia uprawa
- Oczekiwany plon
- Rodzaj gleby (wiele sposobów charakteryzowania rodzaju gleby)
- Pomiar składników odżywczych w glebie (oraz pH i % materii organicznej w glebie)
- Lokalizacja (szerokość i długość geograficzna) — zapewnia dostęp do szacunków dotyczących gleby, danych pogodowych i danych satelitarnych
- Wykorzystanie obornika – rodzaj i dawka (najlepiej analiza suchej masy i składników odżywczych, data i metoda stosowania)
- Rodzaj nawozu
- Stosowanie nawozu
- Osiągnięty plon
- (Analiza składników odżywczych ziarna)

2.2. Wymagania dotyczące planowania zarządzania składnikami odżywczymi

Bilans składników odżywczych jest uważany za główne narzędzie planowania. Bilans składników odżywczych definiuje się (np. Villalobos i Ferreres, 2016) jako różnicę między składnikami odżywczymi wprowadzonymi na pole (nawóz, obornik i dodatki) a składnikami odżywczymi opuszczającymi pole. Rolnicy tradycyjnie dokonywali tego bilansu w oparciu o swoje doświadczenie lub uproszczone tabele poboru składników odżywczych z różnych upraw. Podstawowe planowanie odbywa się na podstawie oczekiwanych plonów na początku sezonu. Zgodnie z dobrymi praktykami rolniczymi zaleca się stosowanie nawozu w kilku dawkach zgodnie z wymaganiami upraw, aby uniknąć przenawożenia, jeśli plony nie osiągają pożądanego poziomu z powodu stresu wodnego, szkodników itp. Oznacza to, że bilans składników odżywczych należy przeprowadzić kilka razy w ciągu sezonu wegetacyjnego.

Zgodnie z dyrektywą azotanową rolnicy są zobowiązani do planowania nawożenia i ewidencjonowania zastosowanych nawozów jedynie w strefach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami lub w związku z określonymi programami dopłat. Przepisy prawa nie wymagają ani monitorowania, ani oceny. To samo dotyczy niektórych państw członkowskich, w których obowiązują przepisy dotyczące rejestracji każdego zastosowania nawozów, takich jak Hiszpania. Dlatego narzędzia planowania stanowią zasadniczy i kluczowy element, który powinien objąć cały sektor rolnictwa. Planowanie powinno odbywać się starannie, w oparciu o wiarygodne cele i sprawdzone modele. Monitorowanie i ocena procesu nawożenia jest na ogół dobrowolna dla rolników, niemniej jednak niektóre kraje nałożyły obowiązki monitorowania i oceny (takie jak analiza Nmin oraz bilanse N i P).

W niektórych systemach produkcji roślin nawadnianych deszczem rolnicy są przyzwyczajeni do stosowania nawozów w jednej dawce. W takim przypadku planowanie nawożenia powinno być jak najbardziej realistyczne. Jednakże, szczególnie w systemach produkcji roślin nawadnianych wyłącznie deszczem, warunki mogą się znacznie zmienić w ciągu jednego okresu wegetacji/upraw; dodatkowe rundy monitoringu i oceny w okresie wegetacji umożliwiłyby rolnikowi dostosowanie ilości nawozów do rzeczywistego zapotrzebowania. Wymagałoby to jednak kilkukrotnego nawożenia (przynajmniej w przypadku N).



Rysunek. Szacunki dotyczące procentowego udziału różnych narzędzi w planowaniu nawożenia (Klages, S. i in., 2022)²

- Susanne Klages, Claudia Heidecke, Eke Buis, Lyske Elings, Vera Eory, Karolin D'Haene, Suzanne Higgins, George Hofman, Sari Luostarinen, Ingrid Nesheim, Georgio Provololo, Tapio Salo, Adelheid Spiegel, Nicolas Surdyk (2022). Aspects of implementing Farm to Fork nitrogen targets with tools, measures and policy instruments across Europe. *International Interdisciplinary Conference on Land Use and Water Quality. Agriculture and the Environment*. Maastricht, the Netherlands, 12-15 September 2022

Zapotrzebowanie roślin na składniki odżywcze jest określane na podstawie danych dotyczących zapotrzebowania na składniki odżywcze (N, P, K, inne) w zależności od rośliny (gatunek, odmiana), zakładanego plonu i jakości. Zakładane plony są określane dla danego gospodarstwa lub miejsca na podstawie danych z poprzednich lat lub wykorzystuje się dane standardowe (tabele). Jeśli chodzi o zakładaną jakość wykorzystuje się dane standardowe (tabelowe) lub wyniki gospodarstwa z poprzednich lat, ale także porady rolnicze i analizy zebranych plonów. Dane standardowe (tabelowe) są opracowywane i aktualizowane przez publiczne instytuty badawcze, właściwe ministerstwo lub instytucję ściśle z nim powiązaną.

Zapotrzebowanie na nawozy jest obliczane na podstawie zapotrzebowania roślin na składniki odżywcze poprzez określenie dostępnej podaży składników odżywczych dla roślin w glebie, na której będą uprawiane rośliny. Na podaż składników odżywczych w danym miejscu ma wpływ typ gleby, poprzednie nawożenie organiczne, zaopatrzenie w składniki odżywcze z poprzedzającej uprawy (plon główny, poplon lub międzyplon), aktualne stężenie azotu mineralnego w glebie, nawadnianie (aspekt nawożenia i nawadniania). Warunki klimatyczne odgrywają główną rolę, ponieważ wpływają na wzrost roślin, a także na mineralizację, a tym samym na zaopatrzenie upraw w składniki odżywcze.

Głównym wyzwaniem dla określenia zapotrzebowania na nawozy azotowe jest to, że często duża ilość N jest związana w substancji organicznej gleby (około 1000 kg/ha) przy niewielkiej ilości łatwo dostępnego dla roślin N mineralnego (około 10 kg/ha). Zmiany warunków pogodowych (opady, temperatura) oraz czynniki mechaniczne (uprawa gleby) mogą wpływać na mineralizację oraz zwiększać lub zmniejszać podaż N (i innych składników odżywczych). Im wyższe stężenie materii organicznej w glebie, tym trudniej przewidzieć podaż N w okresie wegetacji.

Głównym wyzwaniem dla określenia zapotrzebowania na nawozy fosforowe jest to, że P jest związany w glebie w formie mineralnej i organicznej. Dostępność P dla roślin w danej glebie zależy nie tylko od czynników zewnętrznych, ale także od samej rośliny (np. wzrostu korzeni). Nadmierna podaż obornika w glebie w ostatnich dziesięcioleciach doprowadziła do wysokiego stężenia P w glebie na obszarach o intensywnej produkcji zwierzęcej. W przypadku osiągnięcia dopuszczalnych wartości, planowanie nawożenia musi uwzględniać ograniczenia stosowania obornika i innych nawozów organicznych zawierających P.

Planowanie jest szczególnie trudne, gdy wykorzystywany jest obornik lub inne nawozy organiczne, biorąc pod uwagę, że dostępność składników odżywczych w tych środkach jest zmienna i nie jest dokładnie znana z wyprzedzeniem – a bardzo często nie jest również znana w momencie stosowania. W planowaniu nawożenia obornik, który ma być zastosowany, jest określony ilościowo zgodnie z ogólnymi danymi obliczeniowymi, podczas gdy podczas wykonywania nawożenia najlepiej byłoby rejestrować składniki odżywcze na miejscu (np. za pomocą NIRS).

2.3. Wymagania dotyczące stosowania nawożenia

Stosowanie organicznych i nieorganicznych składników odżywczych jest kluczowym elementem produkcji roślinnej. Odbywa się to przy użyciu różnorodnych maszyn w zależności od produktu i uprawy. Celem tego dokumentu nie jest omówienie wszystkich technologii stosowanych w maszynach do nawożenia, takich jak rozsiewacze, opryskiwacze i zbiorniki, ale rozważenie tych aspektów, które są bardziej związane z wykorzystaniem ICT.

Niemniej jednak każda technologia związana z procesem stosowania składników odżywczych zaczyna się od właściwej kalibracji sprzętu. Aby prawidłowo przygotować maszynę do pracy należy wziąć pod uwagę właściwości fizyczne nawozu: rozkład wielkości cząstek i gęstość nasypową, jeśli jest to substancja stała, oraz natężenie przepływu. Różne rodzaje nawozów i obornika mogą wymagać różnych ustawień. Producent maszyny dostarcza tabele z odpowiednimi ustawieniami w zależności od produktu, który ma być zastosowany. Tabele te opierają się na testach przeprowadzonych w idealnych warunkach i zawierają informacje o tym, jak ustawić rozsiewacz w celu uzyskania optymalnie równomiernego wysiewu przy żądanej dawce wysiewu (kg/ha) i określonej szerokości roboczej. Narzędzia cyfrowe mogą poprawić efektywność składników odżywczych, ale musi to być poprzedzone właściwą kalibracją maszyny.

2.3.1 Rejestry nawożenia

• ISOBUS SOLUTION I VRA

Standard ISO 11783, znany jako Ciągniki i maszyny dla rolnictwa i leśnictwa — Szeregowa sieć kontroli i komunikacji danych (powszechnie określany jako "ISO Bus" lub "ISOBUS") to protokół komunikacyjny dla przemysłu rolniczego oparty na protokole SAE J1939 (który obejmuje CANbus)

ISOBUS, Task Controller (TC) to element standardu, który automatyzuje polecenia dla Electronic Controlled Unit (ECU) maszyn rolniczych, takich jak rozsiewacze. Istnieją trzy podprotokoły: Basic (TC-BAS), Section (TC-SC) i Geo (TC-GEO).

TC-BAS opisuje dokumentację wartości całkowitych, które są istotne dla wykonywanej pracy. Narzędzie zbiera dane. Do wymiany danych pomiędzy systemem zarządzania gospodarstwem a Task Controller stosowany jest format ISO-XML. Zadania można łatwo importować do kontrolera zadań i/lub gotowa dokumentacja może być później wyeksportowana.

TC-SC umożliwia automatyczne przełączanie sekcji rozsiewacza nawozów, opryskiwacza i urządzeń do aplikacji obornika na podstawie pozycji GPS i pożądanego stopnia nałożenia.

TC-GEO zapewnia możliwość pozyskiwania danych lokalizacyjnych – lub planowania prac zależnych od lokalizacji, np. za pomocą map aplikacyjnych. Jest to podstawowy element automatycznego wykonywania zmiennego dawkowania (VRA). Każda działka jest podzielona na kilka obszarów, określonych stref zarządzania, które są przechowywane w formie obrazów wektorowych.

VRA można wykonać na podstawie wcześniej opracowanych map lub w trakcie pracy za pomocą czujników upraw/gleby. Rolnicy lub doradcy opracowują strefy zarządzania na podstawie map plonów z poprzednich lat (uzyskanych z kombajnów zbożowych z monitoringiem plonów), map gleby (uzyskanych zwykle z czujników przewodnictwa elektrycznego uzupełnionych o badanie poszczególnych próbek gleby) oraz czujników satelitarnych/detekcji zbliżeniowej z bieżącego lub poprzednich sezonów, takich jak Greenseeker. Obraz satelitarny jest coraz częściej wykorzystywany do wyznaczania stref, co można zaobserwować w aplikacjach takich jak CropSat, Terrazo, Satagro, Onesoil.ai, Fieldview, Graniot, Agrisat, Sativum i wielu innych. Wszystkie te narzędzia wykorzystują darmowe zdjęcia z satelity Sentinel-2. Prawie wszystkie z nich opierają się na Znormalizowanym różnicowym wskaźniku wegetacji. Narzędzia stosujące dane wejściowe monitora plonów są przeznaczone głównie dla producentów maszyn rolniczych i monitorów plonów, takich jak FarmTRX.

Strefom zarządzania przypisuje się odpowiednią dawkę składników odżywczych zgodnie z wiedzą rolnika/doradcy lub ogólny bilans składników odżywczych dla średniego oczekiwanego plonu. VRA stosuje się generalnie w oderwaniu od bilansów składników odżywczych i w powszechnej praktyce nie oblicza się składników odżywczych w każdej strefie zarządzania. Powszechne stosowanie tej technologii wciąż nie ma podstaw agronomicznych. Powieliła ona zwykłą strategię określania dawki nawozu z tą różnicą, że określa dawkę dla każdej strefy zamiast dla całej działki rolnej.

Należy zauważyć, że stosowanie składników odżywczych powinno uwzględniać potrzeby upraw w oparciu o przewidywane plony. VRA pozwala rolnikom decydować o zastosowaniu większej lub mniejszej ilości nawozu w zależności od plonu na każdym wyznaczonym obszarze. Strategia rolników powinna koncentrować się na dostarczaniu większej ilości składników odżywczych na obszary o niskiej produktywności w celu wyrównania produkcji na działce. Należy przypomnieć, że zasady stosowania składników odżywczych opierają się zarówno na prawie minimum Liebiga, jak i prawie przyrostów mniej niż proporcjonalnych Mitscherlicha. Dlatego stosowanie składników odżywczych należy zawsze rozważać pod kątem kosztów i korzyści, unikając przenawożenia na obszarach, na których prawdopodobnie występują inne czynniki ograniczające (stres abiotyczny lub brak innych składników odżywczych).

Zmienne dawkowanie nawozu potrzebuje płynnej i szybkiej wymiany danych między maszynami. Chociaż powszechnie nawołuje się do standaryzacji, a wysiłki podejmowane w tym kierunku nasilają się w ostatnich latach, nadal stanowi to wyzwanie, szczególnie biorąc pod uwagę stosunkowo dużą liczbę producentów (i dostawców) maszyn rolniczych w Europie. Platformy takie jak Agrirouter mają na celu rozwiązanie tego problemu.

• MOBILNY ASYSTENT NAWOŻENIA

Tradycyjnie rolnicy zmieniali dawki nawozów za pomocą zmiany prędkości ciągnika. W zależności od strategii rolnicy zwiększali lub zmniejszali prędkość pojazdu zmieniając w ten sposób średnią dawkę nawozu. Ta praktyka opiera się na doświadczeniu i wiedzy na temat każdej działki i była stosowana w rolnictwie od dziesięcioleci, przy wykorzystaniu maszyn o małej mocy lub zwierząt pociągowych, co pozwalało rolnikom na zrozumienie procesu uprawy roślin. Ponieważ gospodarstwa są coraz większe, maszyny coraz potężniejsze, a prace żniwne są zlecane podwykonawcom, wiedza ta zanika.

Niemniej jednak istnieją narzędzia cyfrowe pomagające rolnikom w stosowaniu zmiennego dawkowania bez konieczności posiadania narzędzia zgodnego z ISOBUS TC-GEO (lub jakimkolwiek innym standardem), które zapewniają rolnikowi wizualne i głosowe porady dotyczące dawki, którą należy zastosować zgodnie z fabrycznie załadowaną mapą VRA lub wprowadzonymi danymi dotyczącymi dawkowania.

Przykłady tej technologii można znaleźć w austriackim narzędziu GIS-ELA z Josephinum Research oraz narzędziu SATIVUM firmy ITACyL, które pokazuje i odczytuje na urządzeniu z systemem Android dawkę, którą należy zastosować. Innym przykładem jest hiszpańska platforma AgroXControl firmy AgroIntelligence, która pomaga kierowcy ciągnika w dostosowaniu prędkości do wymaganej dawki obornika do rozrzucenia na polu. AgroXControl obejmuje również ciągły pomiar przewodnictwa elektrycznego obornika w celu oszacowania zawartości N i i zastosowania właściwej dawki N.

2.3.2 Dokumentacja nawozowa Dziennik polowy

Ponieważ nawozy mineralne są na ogół najdroższymi środkami produkcji w gospodarstwie, wszystkie systemy zarządzania gospodarstwem rejestrują stosowanie nawozów oraz kwestie ekonomiczne z tym związane. Zastosowanie obornika jest również rejestrowane, ale jako sprawa drugorzędny, ponieważ na ogół obornik jest dostarczany rolnikowi bezpłatnie lub po niskich kosztach z gospodarstw hodowlanych. W regionach intensywnej hodowli zwierząt koszty usuwania obornika są istotnym czynnikiem ekonomicznym. Planowanie nawożenia obejmuje również prowadzenie ewidencji w celu udowodnienia stosowania dobrych praktyk rolniczych zgodnie z dyrektywą azotanową i innymi aktami prawnymi.

Jak wspomniano wcześniej, ISOBUS TC-BAS automatycznie przesyła dane do systemu zarządzania gospodarstwem w chmurze i jest powszechnie używany w nowoczesnych ciągnikach i narzędziach.

Zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 1107/2009 Profesjonalni użytkownicy środków ochrony roślin są obowiązani przez okres co najmniej 3 lat prowadzić ewidencję stosowanych przez siebie środków ochrony roślin, zawierającą nazwę środka ochrony roślin, czas i dawkę stosowania, obszar i uprawę, na której zastosowano środek ochrony roślin. Dobra kultura rolna zgodna z ochroną środowiska (GAEC) wprowadziła obowiązek przechowywania tych rejestrów zgodnie z zasadą wzajemnej zgodności w celu kwalifikowania gruntów do dotacji w ramach wspólnej polityki rolnej (WPR). Mimo że nawozy i obornik nie są objęte rozporządzeniem (WE) nr 1107/2009, rejestracja stosowania nawozów i obornika stała się obowiązkowa na obszarach wyznaczonych jako strefy wrażliwe na zanieczyszczenie azotanami (NVZ). W tych strefach rolnicy są zobowiązani do przekazywania organom publicznym tych rejestrów. Wraz z nową WPR po 2020 r. kilka państw członkowskich, takich jak Hiszpania, rozważa cyfryzację tych dzienników polowych i włączenie tych informacji do Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli (IACS) WPR, w tym wszystkich aspektów związanych z nawożeniem w i poza strefami NVZ.

2.4 Wymagania dotyczące monitoringu

W celu promowania bardziej efektywnego stosowania nawozów (mineralnych lub organicznych) i aby zmniejszyć wpływ nawozów na środowisko, należy opracować narzędzia diagnostyczne, które pozwolą technikom i rolnikom na dostosowanie teoretycznego planu nawożenia do rzeczywistych warunków w przypadku tych upraw, w których stosuje się kilka nawożeń w trakcie jednego sezonu. Należy wprowadzić nowe podejście w podejmowaniu decyzji nawozowych, które dostarczy każdemu rolnikowi zindywidualizowanych informacji dotyczących jego uprawy, rodzaju gleby i mikroklimatu, w taki sposób, aby praktyczne doświadczenie rolnika podczas procesu nawożenia było traktowane jako powtarzający się cykl „planowanie - wykonanie - analiza - skorygowane wykonanie - nowa analiza itd.” co ostatecznie będzie miało wpływ na sam plan nawożenia.

Cykl ten może się powtarzać nawet 50 razy w intensywnych uprawach stosujących fertygację na południu Europy lub dwukrotnie w uprawach zielnych w północnej Europie, ale zawsze może to poprawić obecną sytuację polegającą jedynie na wykonaniu planu bez mierzenia czegokolwiek w trakcie kampanii, ponieważ klimat jest czynnikiem decydującym o niedopasowaniu potrzeb roślin do planu teoretycznego, a to niedopasowanie ma duże znaczenie ekonomiczne i środowiskowe.

Nowe narzędzia diagnostyczne powinny spełniać kilka wymagań: być ekonomiczne i proste w użyciu, umożliwiać diagnostykę w czasie rzeczywistym w celu dostosowania się do zmieniających się warunków, posiadać naukowe podstawy, a przy tym być użyteczne w praktyce, umożliwiać wykorzystanie zjawiska ekonomii skali oraz tworzenie spersonalizowanych rekomendacji dla każdego rolnika biorąc pod uwagę zarówno rentowność jak i poszanowanie środowiska.

Problemy są różnorodne, więc jedno narzędzie cyfrowe ich nie rozwiąże. Jednak można je spróbować rozwiązać poprzez integrację różnych technologii w oparciu o dogłębną znajomość każdego problemu oraz zalet i wad każdego dostępnego narzędzia. Decydującym czynnikiem będzie szkolenie techników.

Poprawę diagnozy ułatwia dostępność danych „w czasie rzeczywistym”, w przeciwnym razie upływ czasu utrudnia podejmowanie decyzji, gdyż po postawieniu diagnozy konieczne jest wdrożenie korekty planu teoretycznego, co może opóźnić jego wykonanie o kilka dni.

Nowe narzędzia cyfrowe muszą oferować rekomendacje nawożenia ewoluujące w „czasie” i „przestrzeni”, aby rozwiązać problem postawiony przed rolnikiem, przedsiębiorstwem, spółdzielnią lub doradcą rolniczym i zaoferować rozwiązanie satysfakcjonujące z punktu widzenia rentowności i trwałości, przy zadowalającym stosunku kosztów do korzyści.

Nowe narzędzia muszą odróżniać wskaźniki samej rośliny od czynników wpływających na roślinę. Wskaźniki roślin powinny być zintegrowane, aby każdy rolnik otrzymał spersonalizowane rekomendacje i mógł podjąć decyzje zapobiegawcze przed każdym zastosowaniem nawozu. Wskaźniki roślin dostarczają danych na temat procesów roślinnych, na które ma wpływ odżywianie (takie jak rozwój wegetatywny mierzony za pomocą aplikacji lub teledetekcji, zmiany wigoru za pomocą dendrometru) lub bezpośrednio pokazują bilans składników odżywczych rośliny (za pomocą analizy soków). Czynniki wpływającymi na odżywianie roślin są warunki klimatyczno-glebowe (wilgotność, azotany i potas, mikroflora, zasolenie i temperatura).

Aby poprawić koordynację czasową i przestrzenną, możemy rozważyć połączenie różnych narzędzi cyfrowych, aby osiągnąć jedno spersonalizowane rozwiązanie.

2.4.1. Wskaźniki ciągłe

Są instalowane na polu i ułatwiają „pomiar składników odżywczych” upraw oraz ciągłe rejestrowanie danych w konfigurowalnych notatkach. Służą do zrozumienia wpływu klimatu i nawożenia na roślinę i glebę w danym mikroklimacie oraz do stwierdzenia, czy występuje niedobór lub nadmiar składników odżywczych.

Ich lokalizacja, aby była reprezentatywna, musi zostać wybrana za pomocą jakiegoś narzędzia lub metody, aby była reprezentatywna dla danego obszaru. Punkt pomiaru powinien posiadać czujniki roślin, klimatu i gleby, które pozwolą zmierzyć stan składników odżywczych na obszarze kilku m². Obserwacja Ziemi i różne warstwy GIS mogą dostarczyć przydatnych informacji w wyborze lokalizacji punktów zgodnej z potrzebami.

- **Klimat:** wpływają na fizjologiczne funkcjonowanie rośliny (transpiracja, zamykanie aparatów szparkowych, fotosynteza itp.), pomagają zrozumieć proces pobierania składników odżywczych oraz zmiany poziomu wody i azotanów w korzeniach i strefie drenażu. Dla każdego mikroklimatu powinno się dysponować czujnikami temperatury, wilgotności względnej i opadów, które można współdzielić (w spółdzielni, firmie, itp.).
- **Roślina:** dane, które pokazują zmiany składników i stan fizjologiczny roślin (fotosynteza, przewodnictwo szparkowe) w połączeniu z danymi klimatycznymi. Na przykład firma Verde Smart oferuje dendrometr Plantsens z modelami mechanistycznymi³, które dostarczają tych danych w ujęciu dziennym, Oprogramowanie SaS everd 2.0 jest przydatne do zrozumienia wpływu klimatu na pobieranie składników odżywczych (drzew i krzewów). W warunkach stresu lub niskiej aktywności fotosyntetycznej roślina nie pobiera azotanów. Jeśli nie są wchłaniane to są wymywane.

3. Firma jest częścią europejskiego projektu IRRIWELL, wraz z 5 ośrodkami badawczymi, który ma na celu udoskonalenie modeli mechanistycznych

· **Gleba:** Konieczne są czujniki wilgotności, temperatury (i zasolenia, w razie potrzeby) w strefie korzeni i drenażu (poniżej korzeni) gleby oraz kontrola nawadniania, jeśli występuje nawadnianie. Istnieją już czujniki selektywne mierzące zmiany poziomu azotanów i potasu w glebie, które w połączeniu z innymi czujnikami mogą być bardzo przydatne w zrozumienia dynamiki systemu korzeniowego i drenażu⁴. Pod tym względem czujniki selektywne wydają się być bardziej precyzyjne niż sondy do pomiaru pośredniego (z zasolenia). Tego typu selektywne czujniki (Nutrisens firmy Verde Smart) są objęte pierwszą na świecie certyfikacją śladu azotanowego uzyskanego przez firmę Frutinter w 2021 roku.

2.4.2. Wskaźniki nieciągłe

Zapewniają pomiary „punktualne” (co tydzień, co dwa tygodnie, miesiąc) i mogą mieć charakter ręczny (pomiary analityczne, pomiary z aplikacji) lub mogą być „automatyczne” (zdjęcia satelitarne, drony itp.). Narzędzia te oferują analizę przestrzenną, ponieważ ułatwiają pomiar w punkcie, w którym znajduje się czujnik, ale także udostępniają dane z innych punktów, w których nie ma czujników. Szybkość w pozyskiwaniu wyników jest bardzo ważna, ponieważ dane ułatwiające przeprowadzenie analizy możemy mieć tego samego dnia, w którym dokonywane były pomiary lub musimy poczekać kilka dni. Pomiary mogą być ręczne lub automatyczne.

- **Ręczne narzędzia pomiarowe:** ułatwiają modyfikację zaleceń, ponieważ pozwalają w dniu wizyty na polu określić poziom azotanów i potasu w roślinie (na podstawie tygodniowego lub dwutygodniowego bilansu), azotanów i potasu w wodzie do nawadniania oraz w glebie (w strefie korzeniowej i drenażowej). Sprzęt jest niedrogi, a pomiary mogą być dokonywane przez rolnika lub technika podczas wizyty na polu. Powinny być uzupełnieniem tradycyjnej analizy listowia.
 - **Narzędzia do pomiaru poziomu makroelementów:** ułatwiają modyfikację zaleceń mierząc poziom makroelementów w czasie rzeczywistym w roztworze wodnym (woda do nawadniania, kroploownik, sonda ssąca, roztwór glebowy w strefie korzeniowej lub drenażowej lub sok roślinny). Na przykład według niektórych badań narzędzie *Horiba LAQUATwin* mierzy poziom azotanów i potasu z precyzją zbliżoną do laboratoryjnej (Fernández, M.M. i in., 2013)⁵
 - **Sondy ssące:** ułatwiają pobieranie wody z makroporów, ze stref korzeni i drenażu po opadach deszczu lub nawadnianiu oraz analizują stężenie najważniejszych makroelementów. Są tanie, a niektóre mogą ekstrahować roztwór wodny w krótkim czasie (jedna godzina), jak *sondy Rhizon*, lub w ciągu 24 godzin za pomocą ceramicznych kapsułek, jak *sondy ekstrakcyjne Irrrometer*.
 - **Pomiary wigoru:** Niezbędne jest posiadanie narzędzi zdolnych mierzyć ewolucję wigoru i stresu roślin w punktach lokalizacji czujników i we wszystkich gospodarstwach na danym obszarze za pomocą obiektywnych metod pomiarowych, które pozwolą na powiązanie ich ze składnikami odżywczymi i innymi czynnikami. Istnieją darmowe i bardzo proste aplikacje do pomiaru powierzchni liści roślin, zarówno krzewów (np. *Canopeo*), jak i drzew (np. *Viticanopy*). Firma *Geodim* oferuje algorytm *IMAX*, oparty na obrazach z teledetekcji, który koreluje z powierzchnią liści i wskaźnikiem stresu (*ISTRES*).

4. W tym kontekście warto wspomnieć o niedawnym badaniu przeprowadzonym przez A. Bellosta (2022) z Public University of Navarra-UPN, w którym analizuje on działanie trzech sond w glebie piaszczystej w Hiszpanii

5. Manejo de sondas de extracción de solución de suelo y métodos rápidos de determinación de nitratos. / [Fernández, M.M.; Cánovas, G.; Martín, E.]. – Almería. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2013. 1-21 pp. Formato digital (ebook). (Producción Agraria).

- **Sok roślinny:** Analiza soku z ogonków liściowych pozwala stwierdzić, czy roślina pobiera więcej azotanów lub potasu niż zużywa, co ułatwia ocenę stanu składników odżywczych w punkcie czujnika, co można z kolei porównać z analizą soków na innych częściach tej samej uprawy w pobliskich obszarach, ułatwiając w ten sposób przestrzenne zarządzanie składnikami odżywczymi w „grupach rolniczych”, spółdzielniach lub przedsiębiorstwach. Otrzymuje się go z ogonków liściowych, a narzędzia do jego poboru różnią się budową i ceną. Analiza soków wraz z innymi pomiarami wigoru (przeprowadzanych przy pomocy takich aplikacji jak Viticanopy, Canopeo lub IMAX) pozwala powiązać stan składników odżywczych ze wzrostem roślin, wykrywaniem wymywania azotanów, stanem fizjologicznym itp. oraz definiować wartości referencyjne dla rolnika, spółdzielni itp. Nowością w tym aspekcie jest pomiar w czasie rzeczywistym za pomocą narzędzia Horiba, które jest niedrogim sprzętem i może być współużytkowane przez kilku rolników. Dostępność analizy soków (azotany, potas, ° brix) z określoną częstotliwością (7-15-30 dni) zmienia perspektywę analizy składników odżywczych.
- **Mikrobiota:** analizy drobnoustrojów glebowych (w celu poznania ich ewolucji w trakcie sezonu (3-4 analizy) oraz usług jakie oferują glebie z punktu widzenia jakości, bioróżnorodności, odporności i funkcjonalności. Zaleca się zbieranie próbek w punkcie lokalizacji czujników, aby zrozumieć wpływ drobnoustrojów na odżywianie roślin.

2.4.3. Rozwiązania wbudowane i współdzielone

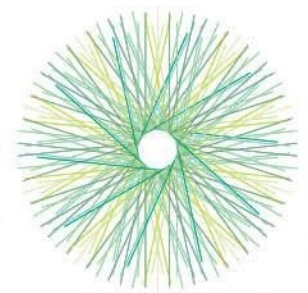
Zintegrowane rozwiązanie poprawiające analizę podczas zarządzania składnikami odżywczymi (i nawadnianiem) wymagałoby wdrożenia „podstawowej infrastruktury”, rozumianej jako połączenie zarówno sprzętu jak i usług. Idealnie rozwiązanie to powinno obejmować:

- Szkolenie: „personel techniczny” przeszkolony do pracy ze wszystkimi nowymi narzędziami cyfrowymi, aby zapewnić rolnikowi lepsze wsparcie analityczne oraz ułatwić modyfikację PLANU NAWOŻENIA (i nawadniania) w trakcie sezonu
- Coroczna usługa GIS i teledetekcji ze spersonalizowaną, cotygodniową analizą wigoru i stresu.
- Sieć stacji meteo w strategicznych obszarach i mikroklimatach.
- Usługa inteligentnego prognozowania pogody
- Podstawowy zestaw do badania składników odżywczych (analiza soków, Horiba, sondy ssące itp.)

Rolnicy powinni udostępniać sobie nawzajem podstawową infrastrukturę, aby obniżyć koszty, aby te nowe technologie były przystępne cenowo.

Dlatego ważne jest, aby znać przydatność narzędzi, które mają być udostępniane i integrowane w jednym rozwiązaniu. Jedną z opcji mogłoby być obliczenie kosztu rocznego (tj. na hektar) obejmującego amortyzację inwestycji w organizację usług i rocznej opłaty, które można podzielić między różnych rolników ze stowarzyszenia, spółdzielni lub przedsiębiorstwa. Zaprojektowana w ten sposób podstawowa infrastruktura pozwala zaoferować rolnikom przystępującym do systemu zestaw usług, który można skalować i których roczny koszt może być bardzo przystępny przy dużych obszarach (500-2000 ha).

Infrastrukturę tę można uzupełnić punktami pomiaru na konkretnych gospodarstwach/polach, co pozwoliłoby modyfikować plan nawożenia upraw strategicznych, a wynikające z tego nowe spostrzeżenia można będzie wykorzystywać na pozostałych uprawach. Opłaty za hektar/rok można różnicować w zależności od tego w jakim stopniu poszczególni producenci korzystają z nowych narzędzi.



eip-agri
AGRICULTURE & INNOVATION



Grupa Fokusowa EIP-AGRI - Narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania składnikami odżywczymi

Mini prezentacja Narzędzia cyfrowe do redukcji śladu węglowego w odżywianiu roślin

María Isabel García Pomar, Maria Doula, Mariya Hristova, Laura Zavattaro, Peter Prankl, Franz Heinzlmaier

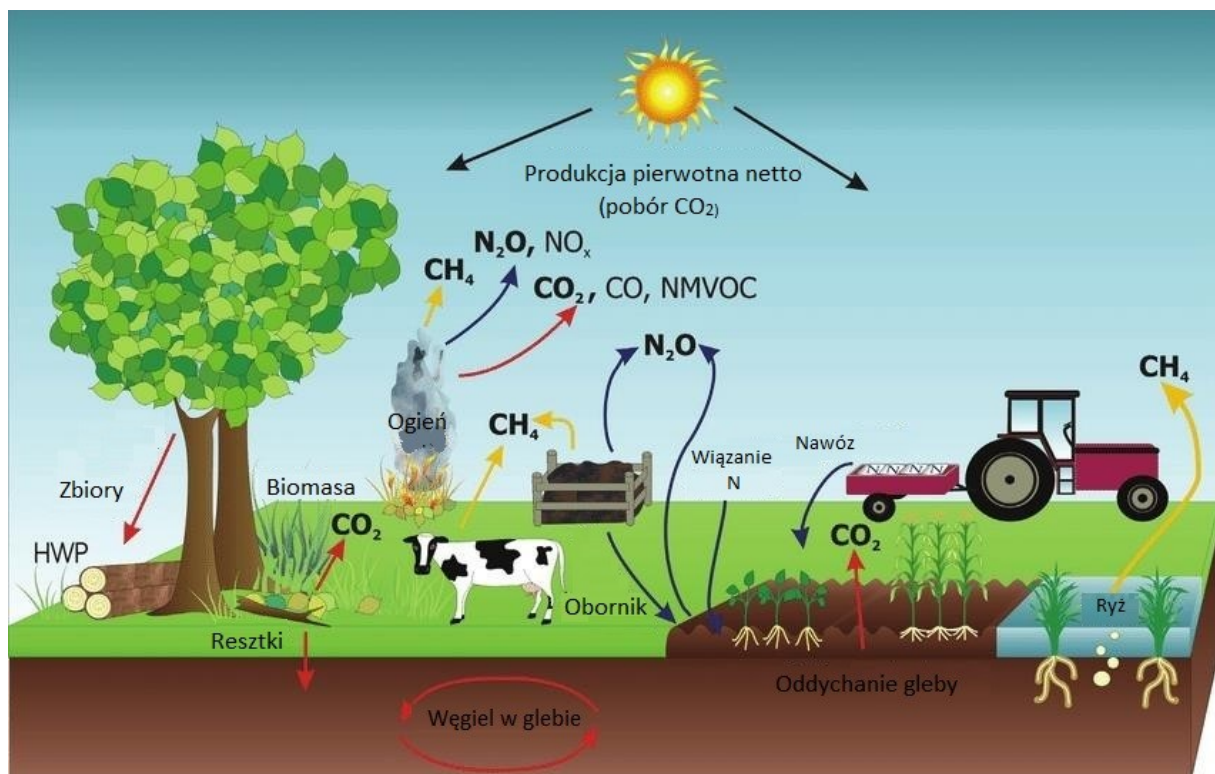
1	Wstęp	115
2	Wszystko w rękach rolnika: zarządzanie w celu poprawy bilansu CO ₂ w stosowaniu składników odżywczych w rolnictwie.....	116
2.1	Optymalizacja zawartości węgla organicznego w glebie (SOC).....	116
2.2	Wzrost plonów	117
2.2.a	Wapnowanie	117
2.2.b	Nawadnianie.....	117
2.2.c	Poprawa efektywności wykorzystania azotu.....	117
2.2.d	Poprawa efektywności nawozów organicznych (obornik/gnojowica).	118
2.3	Redukcja emisji.....	119
2.3.a	Redukcja emisji azotu	119
2.3.b	Redukcja emisji metanu.	119
2.3.c	Redukcja emisji dwutlenku węgla	120
3	Korzystanie z narzędzi cyfrowych musi pomóc rolnikom poprawić bilans CO ₂ 120	
3.4	Indywidualne zalecenia dotyczące nawożenia.....	120
3.5	Algorytmy udostępniane na poziomie krajowym, w celu optymalizacji zarządzania składnikami odżywczymi	120
3.6	Bilans węgla i informacje o emisjach.....	121
3.7	Właściwa prezentacja wyników za pomocą narzędzi cyfrowych	121
4	Przykłady obecnie istniejących narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi	122
4.1	BATFARM (Projekt europejski)	122
4.2	Cool Farm Tool.....	123
4.3	DAYCENT (Stany Zjednoczone)	124
4.4	FARM AC (Dania)	125
4.5	FARMSOPER (Wielka Brytania).....	126
4.6	FASSET (Dania).....	127
4.7	Narzędzie FAST (projekt europejski)	128
4.8	OVERSEER (Nowa Zelandia).....	129
4.9	Narzędzie ROAD (projekt europejski).....	129
4.10	TERRAZO (Austria)	131
5	Co dalej.....	132
5.1	W jakich warunkach rolnicy stosowaliby takie narzędzie w praktyce?.....	132
5.2	Czego jeszcze brakuje w obecnie istniejących narzędziach, a co mogłoby się potencjalnie przydać?.....	132
5.3	Jakie kolejne kroki należy podjąć?.....	132
6	Wnioski	133
7	Bibliografia	134

1 Wstęp

Ciągłe zapotrzebowanie na zasoby ze strony stale rosnącej światowej populacji wywiera ogromną presję na różnorodność biologiczną, zagrażając przyszłości naszej planety i prowadzi do stałego wzrostu temperatury. Kwestia zmian klimatycznych jest nadal jednym z najważniejszych problemów współczesnego świata.

Rolnictwo, nasze główne źródło pożywienia, a co za tym idzie, życia, uwalnia do jednej czwartej światowej rocznej emisji gazów cieplarnianych. Jednak rolnictwo wytwarza tylko trzy procent światowego produktu krajowego brutto (PKB), co pokazuje, że rolnictwo jest gałęzią przemysłu w dużym stopniu odpowiedzialną za emisję gazów cieplarnianych.

Wpływ rolnictwa na klimat jest zauważalny i oczywisty. Ma ono poważne konsekwencje dla klimatu na świecie. Głównymi źródłami emisji gazów cieplarnianych są karczowanie i uprawa gruntów, hodowla zwierząt, stosowanie nawozów i wykorzystywanie paliw kopalnych do produkcji surowców. Rolnictwo jest postrzegane jako emitent netto gazów cieplarnianych. Niemniej jednak rolnictwo sekwestruje dwutlenek węgla w glebie, bioenergii i produktach żywnościowych. Celem rolnictwa jest produkcja żywności i pasz, gdzie wykorzystanie składników odżywczych roślin odgrywa zasadniczą rolę dla bezpieczeństwa żywnościowego. Składniki odżywcze stosowane we właściwej dawce we właściwym czasie skutkują wychwytywaniem węgla co można uznać za dodatkową korzyść.



Rysunek 1. Główne źródła emisji/pochłaniacze gazów cieplarnianych w zarządzanych ekosystemach. (Paustian i in. 2006)

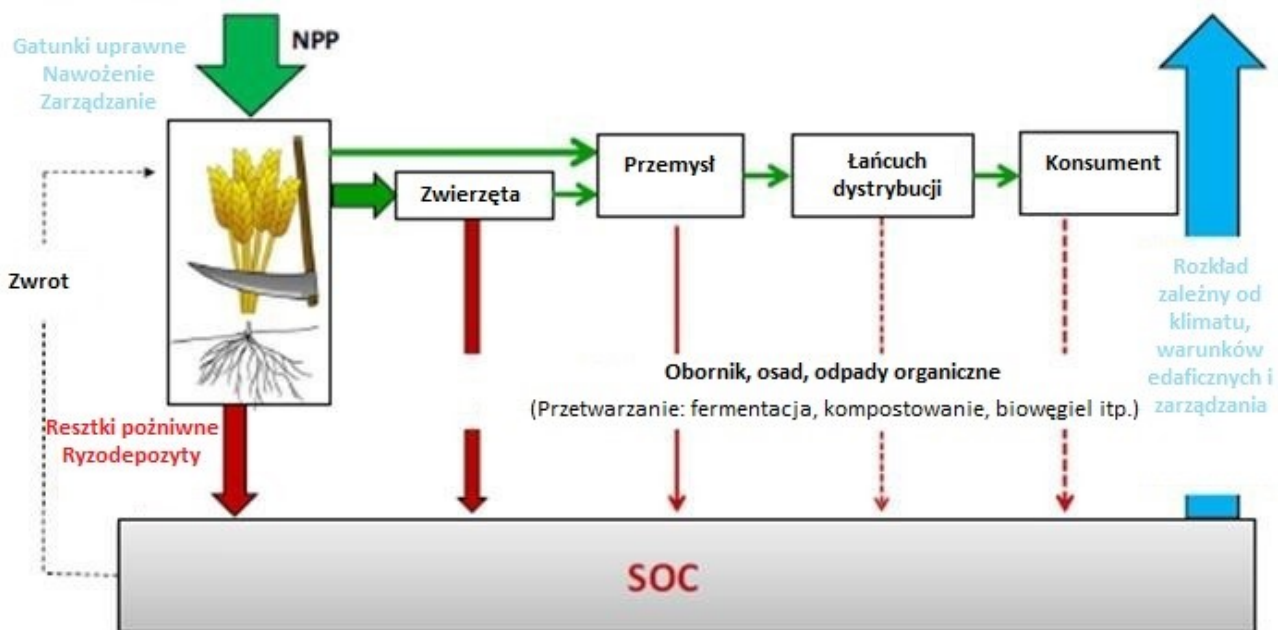
2 Wszystko w rękach rolnika: zarządzanie w celu poprawy bilansu CO₂ w stosowaniu składników odżywczych w rolnictwie

5.1 Optymalizacja zawartości węgla organicznego w glebie (SOC)

Zwiększanie zawartości węgla w glebie to strategia ograniczania emisji gazów cieplarnianych, która pomaga również poprawić jakość gleby i zapobiegać erozji.

Rośliny rosnąc pobierają węgiel z atmosfery, a część tego węgla trafia do ich korzeni. Większość tego węgla jest następnie uwalniana do atmosfery, gdy rośliny obumierają i rozkładają się. Niemniej jednak, jeśli pozostawi się je w spokoju i w zależności od klimatu, opadów, drobnoustrojów glebowych, zarządzania i wielu innych zmiennych, część węgla w tych korzeniach (ryzodepozycja) i ściółce roślinnej może ostatecznie stworzyć bardziej stabilne związki w glebie, przyczyniając się tym samym do usuwania węgla z atmosfery.

Metody zarządzania gruntami mające na celu zwiększenie SOC mają na celu poprawę produktywności i zwiększenie biomasy (produktywności pierwotnej netto), na którą duży wpływ ma nawożenie, a także mają na celu wykorzystanie źródeł materii organicznej.



Rys. 1 Główne przepływy węgla w łańcuchu pokarmowym, które mają wpływ na równowagę węgla organicznego w glebie (SOC) w agroekosystemach, to produktywność pierwotna netto (NPP) i uwalnianie CO₂ z gleby w wyniku rozkładu. Środki stymulujące NPP, redukcja rozkładu SOC lub większy recykling produktów, sprzyjają sekwestracji węgla. Zasoby SOC są w równowadze, gdy wkład C jest równy uwalnianiu.

(Bolinder i in., 2020)

Niektóre metody związane z zarządzaniem składnikami odżywczymi to:

- 1) Zarządzanie resztkami poźniwnymi.

Właściwe nawożenie prowadzi do wyższej produktywności pierwotnej netto, co oznacza więcej resztek poźniwnych wykorzystywanych do wywołania sekwestracji C, którą szacuje się na około 15% (Lal, 1997) lub 30% (Angers i in. 1995) całości. Sekwestracja C zależy od rodzaju uprawy, warunków wzrostu i stosowanych technik rolniczych. Ogólnie rzecz biorąc, istnieje liniowa zależność między materią organiczną w pierwszych 15 cm gleby a ilością zastosowanych resztek poźniwnych (FAO, 2001).

2) Płodozmian i poplon.

Te metody zarządzania generują pozostałości biomasy i chronią przed erozją.

Długoterminowe stosowanie płodozmianu, ponad 15 lat (Sanz Cobena i in., 2017), zwiększa sekwestrację C w stopniu zależnym od rodzaju upraw i zarządzania nimi. Stosowanie płodozmianu w uprawach wieloletnich przynosi korzyści w zakresie sekwestracji C. Ogólnie rzecz biorąc, płodozmian oznacza zmniejszenie ilości stosowanych nawozów, poprawę plonów i dodatkowo redukcję emisji.

Poplon może być wykorzystywany jako ozime uprawy rynkowe, jako nawóz zielony w gospodarstwach rolnych lub jako poplon w sadach i winnicach. Poplon wzbogaca glebową materię organiczną i zasoby labilnego C poprzez wprowadzanie materiału roślinnego do gleby (Veenstra i in., 2007).

3) Stosowanie nawozów organicznych (obornika i innych materiałów organicznych pochodzących z recyklingu).

Efekt różni się w zależności od zastosowanej ilości i jakości materiałów, która zależy z kolei od proporcji materiałów organicznych, które są przekształcane w bardziej odporne SOC (Bolinder i in., 2020). Nawozy stałe mają pozytywny wpływ na SOC, w przeciwieństwie do nawozów płynnych (Bolinder i in., 2020).

Osady ściekowe zawierają labilne formy materii organicznej, a jeśli są stosowane w dużych ilościach, mogą zwiększać emisje CO₂ z powodu zwiększonego oddychania gleby (Sanz-Cobena i in., 2017).

Należy również wziąć pod uwagę, że stosowanie tych nawozów zamyka obieg składników odżywczych, co wiąże się z redukcją ilości nawozów mineralnych.

5.2 Wzrost plonów

Węgiel dostaje się do roślin poprzez asymilację CO₂ w liściach dzięki energii świetlnej ze słońca. Węgiel jest głównie przekształcany w cukry do budowy tkanki roślinnej. Przekształcenie CO₂ z atmosfery w biomasę w drodze fotosyntezy (biologiczne wiązanie CO₂) to proces, w którym CO₂ może być usuwany z atmosfery przez rolnictwo. Frakcja węgla przekształcona w procesie fotosyntezy w biomasę jest najważniejszym etapem wychwytywania węgla z atmosfery (Kirchmann i in., 2014). Dlatego wszystkie działania, które rolnicy mogą prowadzić w celu poprawy plonów, mają bezpośredni wpływ na ilość CO₂ wychwytywanego z atmosfery:

2.2.a Wapnowanie

Wapnowanie, a bardziej ogólnie korekta pH gleby, to powszechnie stosowana metoda, która może zwiększyć plony, a w konsekwencji produkcję resztek poźniwnych. Stosuje się je pod uprawy i użytki zielone, gdy nadmierna kwasowość lub nadmierna zasadowość powoduje spadek plonów z powodu toksyczności gleby lub niedoboru składników odżywczych. Ta metoda jest skuteczna w poprawie wzrostu roślin, chociaż jej wpływ na emisje gazów cieplarnianych i gromadzenie C jest zmienny (Abdalla i in., 2022; Goulding, 2016).

2.2.b Nawadnianie

Nawadnianie jest jednym z najważniejszych czynników produkcji roślinnej w Europie Południowej, a w przyszłości spodziewany jest również wzrost jego wykorzystania ze względu na adaptację do zmian klimatu (Zhao i in., 2022).

2.2.c Poprawa efektywności wykorzystania azotu

Efektywność wykorzystania składników odżywczych w nawozach mineralnych i organicznych jest kluczowym zagadnieniem w produkcji roślinnej, a także w ochronie środowiska. W szczególności, ponieważ N jest pierwiastkiem mającym największy wpływ na produkcję biomasy, szczególną uwagę należy poświęcić efektywności wykorzystania N, definiowanej jako procent nawozu azotowego, który jest efektywnie wykorzystywana przez uprawę (Xie i in., 2022).

2.2.d Poprawa efektywności nawozów organicznych (obornik/gnojowica).

W UE-27 rocznie produkuje się ponad 1400 mln ton gnojowicy, z czego większość jest ponownie wykorzystywana na glebach rolniczych (Fangueiro i in., 2016; Duńskie Ministerstwo Energii, 2017). W ramach dobrego zarządzania nawozami organicznymi, nawozy powinny być stosowane we właściwym czasie (pogoda i warunki uprawy), we właściwych miejscach (technika rozsiewania) i we właściwej dawce zgodnie z wymaganiami upraw, ponieważ poprawi to efektywność składników odżywczych dostarczanych przez nawozy organiczne i zwiększy produktywność i biomasę (produktywność pierwotna netto).

Badania pokazują, że do 12% zastosowanego N jest wykorzystane przez rośliny; do 45-47% jest traczone w wyniku emisji do atmosfery, a reszta jest kierowana do wód gruntowych poprzez wymywanie (Ma i in., 2010; Webb i in., 2010). Dlatego tak ważne jest ograniczenie strat azotu podczas nawożenia gnojowicą.

a. Czas nawożenia w zależności od pogody.

Należy unikać stosowania nawozów w okresach wysokiego ryzyka spływu powierzchniowego (zima z wilgotnymi lub zamrzniętymi glebami), gdy w najbliższych dniach spodziewane są ulewne deszcze, gdy istnieje duże ryzyko wystąpienia gwałtownego przesiąkania (wilgotne gleby) lub gdy nie ma upraw, które mogłyby wykorzystać dodatkowy N. Stosowanie nawozów we wspomnianych okresach zmniejszyłoby efektywność wykorzystania N w oborniku i zwiększyłoby wymywanie NO_3 i pośrednie emisje N_2O

(Price i in., 2011).

b. Modele procesu mineralizacji

Na uwalnianie azotu w wyniku mineralizacji materii organicznej ma wpływ rodzaj gleby oraz czynniki niekontrolowane, takie jak opady deszczu i temperatura, co jest trudne do monitorowania. Modele procesu mineralizacji pozwalają zrozumieć zmiany poziomu azotu i dostosować jego podaż do zapotrzebowania upraw (Van der Burgt i in., 2006).

c. Stosowanie niskoemisyjnych technik dystrybucji gnojowicy (aplikatory lub wstrzykiwanie)

Stosowanie nawozów organicznych metodą pasmową zmniejsza emisje NH_3 o 55%, stosowanie aplikatorów o 70%, a wstrzykiwanie o 80% w porównaniu z metodą powierzchniową, minimalizując obszar, na który nanoszona jest gnojowica, a w konsekwencji ekspozycję gnojowicy na powietrze, co z kolei skutkuje mniejszą pośrednią emisją gazów cieplarnianych i obniżeniem kosztów produkcji.

Wpływ wstrzykiwania lub wprowadzania gnojowicy do gleby na emisje N_2O jest bardzo zróżnicowany i jest powiązany z wieloma czynnikami (rodzaje obornika i dawki), właściwości gleby (tekstura, zawartość wilgoci), rodzaj roślin i klimat (Velthof i in., 2003).

d. Szybkie polowe metody szacowania zawartości składników odżywczych w oborniku/gnojowicy

Aby zoptymalizować wykorzystanie obornika/gnojowicy, ważne jest, aby poznać poziom składników odżywczych. Zawartość składników odżywczych w oborniku/gnojowicy jest bardzo zróżnicowana w różnych gospodarstwach, a w przekroju całego sezonu również w obrębie tego samego gospodarstwa. Dzięki dokładniejszemu określeniu zawartości składników odżywczych w gnojowicy możliwe jest szybkie i precyzyjne dostosowanie dawki nawożenia i zwiększenie wydajności składników odżywczych. Istnieje wiele różnych metod szybkiej analizy w gospodarstwie (gęstość, przewodnictwo, bezprzewodowe urządzenie NIRS,...). Pomiary te są łatwiejsze dzięki obliczeniom, które są specyficzne dla warunków regionalnych i/lub dla określonego rodzaju używanego sprzętu.

e. Stosowanie gnojowicy.

Surowa gnojowica jest dzielona na gnojowicę płynną i frakcję stałą. Podział ten umożliwia większą elastyczność w zarządzaniu obornikiem i stworzeniu harmonogramu stosowania. Po zastosowaniu stwierdzono niższą emisję NH_3 (o 18%) oddzielonej frakcji ciekłej niż gnojowicy surowej; nie miało to jednak wpływu na emisje N_2O . Emisje N_2O z frakcji stałych stosowanych na polu były o 46% niższe niż te z nieprzetworzonego obornika (Hou i in., 2015).

5.3 Redukcja emisji

Gazy uwalniane w wyniku działalności rolniczej i hodowlanej to głównie CO₂, N₂O i CH₄. Źródła emisji mogą być bezpośrednie (np. nawożenie, zarządzanie i stosowanie obornika, zarządzanie glebą) lub pośrednie w wyniku wymywania/spływu nawozów lub ulatniania się i osadzania atmosferycznego.

2.3.a Redukcja emisji azotu

Głównymi źródłami emisji N₂O są nawozy azotowe (nieorganiczne i organiczne) oraz mineralizacja węgla organicznego w glebie. Gleby organiczne (torfowe), które zostały odwodnione i są uprawiane, mogą również generować szczególnie wysokie emisje N₂O (Kasimir-Klemedtsson i in., 1997).

Niemniej jednak nadal istnieją znaczne możliwości ograniczenia stosowania nawozów syntetycznych. W tym kontekście, zastosowanie właściwej ilości azotu, uwzględniające poziom azotu w glebie oraz wymagania roślin w różnych fazach wzrostu, jest jednym z najważniejszych kroków w zakresie obniżenia kosztów produkcji, poprawy skuteczności nawozów oraz zmniejszenia emisji N₂O.

Ponadto stosowanie nawozów azotowych w dawkach mogłoby zwiększyć efektywność ich wykorzystania przez rośliny, umożliwiając mniejsze ulatnianie azotu do atmosfery oraz wymywanie. Symbiotyczne wiązanie azotu atmosferycznego przez rośliny strączkowe w płodozmianie lub rośliny strączkowe na użytkach zielonych oznacza niskie zużycie mineralnych nawozów azotowych i mniejsze jego zużycie w następnych uprawach ze względu na obecność pozostałości bogatych w azot w glebie, głównie w przypadku wykorzystania roślin strączkowych jako nawozów zielonych. Wykorzystanie roślin strączkowych, a także inhibitorów nitrifikacji w celu ograniczenia nitrifikacji może być skutecznym środkiem przeciwko generowaniu i emisji N₂O.

Dotychczasowe badania wykazały, że do 80% emisji N₂O miało miejsce w ciągu pierwszych dwóch miesięcy po zastosowaniu nawozów (Chantigny i in., 2010; Escobar i in., 2010), przy czym emisja wzrasta wykładniczo wraz ze wzrostem temperatury gleby (Dinsmore i in., 2009). Ponadto azot niezatrzymywany przez rośliny, pozostający w glebie po nawożeniu, może zostać przekształcony w procesie nitrifikacji do azotanów, a następnie do N₂O. Proces ten jest wyzwalany przez beztlenowe warunki glebowe, które panują przy dużej wilgotności gleby. Dlatego intensywne opady deszczu po nawożeniu powodują zwiększenie emisji N₂O z powodu redukcji O₂ w porach gleby, wywołanej podwyższonym poziomem nasycenia porów wodą (Smith i in., 2003).

Chociaż N₂O jest emitowany w znacznie mniejszych ilościach niż CO₂, jego potencjał tworzenia efektu cieplarnianego jest 265 razy wyższy niż CO₂, co oznacza, że 1 kg N₂O wpływa na ocieplenie planety tak jak 265 kg CO₂.

Dlatego niezwykle ważne jest ograniczenie emisji N₂O, jednak bez powodowania niedoboru składników odżywczych w uprawach. Jest to szczególnie duże wyzwanie, biorąc pod uwagę, że zmniejszenie stosowania nawozów azotowych może spowodować zmniejszenie plonów, a co za tym idzie konsekwencje społeczno-gospodarcze.

2.3.b Redukcja emisji metanu.

Emisja metanu związana jest głównie z fermentacją jelitową zwierząt, przechowywaniem i zarządzaniem obornikiem, uprawą ryżu i wypalaniem pól.

Skuteczne metody redukcji emisji CH₄ z pól ryżowych to odwadnianie w trakcie sezonu, stopniowe nawadnianie i unikanie nawozów organicznych, dopóki pola pozostają pod wodą (Wassmann i in., 2020).

Najskuteczniejszym sposobem redukcji CH₄ jest wychwytywanie węgla w glebie, czyli sekwestracja węgla, poprzez np. stosowanie nawozów organicznych, kompostowanie i ponowne wykorzystanie na glebach, dobór pasz wysokiej jakości, które ograniczają emisję metanu z fermentacji jelitowej, pozostawianie resztek poźniwnych na polach, unikanie wypalania, zarządzanie obornikiem (przykrywanie obornika w miejscach składowania, optymalizacja wykorzystania obornika poprzez opracowanie planu zarządzania obornikiem).

2.3.c Redukcja emisji dwutlenku węgla

Głównymi źródłami CO₂ pochodzącymi z działalności rolniczej są stosowanie wapna i mocznika, wypalanie pól, użytkowanie gruntów (np. orka) oraz zmiana użytkowania gruntów. Źródłem emisji CO₂ są również paliwa do maszyn rolniczych oraz zużycie energii elektrycznej.

Wyróżniamy następujące metody uprawy roli: tradycyjna, konserwująca i zerowa. Ogólnie rzecz biorąc, po każdym naruszeniu gleby przez orkę i bronowanie, emisje CO₂ prawie się podwajają w porównaniu z glebą nienaruszoną. Wynika to głównie z procesu mineralizacji pozostałości po chwastach w glebie oraz rozkładu materii organicznej gleby związanego z agregatami glebowymi, które są niszczone przez orkę (La Scala i in., 2006). Badania potwierdziły, że zwiększona emisja CO₂ z gleb oranych utrzymywała się przez około 70 dni (Rochette, 2008; Rochette i in., 2009). Ponadto Kristensen i in. (2020) stwierdzili, że rozkład materii organicznej gleby w wyniku orki zwiększa mineralizację azotu glebowego, a w konsekwencji potencjalną produkcję i emisję N₂O. Ograniczenie orki, która zużywa paliwa kopalne, pomaga również zmniejszyć emisję CO₂.

3 Korzystanie z narzędzi cyfrowych musi pomóc rolnikom poprawić bilans CO₂

3.1. Indywidualne zalecenia dotyczące nawożenia

Według Kirchmana i in., 2014, najskuteczniejsze metody rolnicze to takie, które pomogą zwiększyć produkcję pierwotną netto poprzez nawożenie przy zmniejszeniu emisji CO₂. Właściwe zalecenia dotyczące nawożenia to podstawa zaplanowania produkcji roślinnej w sposób umożliwiający optymalizację plonów z uwzględnieniem lokalnych warunków glebowych, klimatycznych i rolniczych. Dostarczanie nie tylko azotu, ale także P i K oraz pierwiastków wtórnych i śladowych zwiększa efektywność składników odżywczych. Stosowanie nawozów organicznych może potencjalnie zmniejszyć emisje, jak opisano w rozdziale powyżej.

3.2. Algorytmy udostępniane na poziomie krajowym, w celu optymalizacji zarządzania składnikami odżywczymi

Ramy prawne dotyczące stosowanych składników odżywczych różnią się w poszczególnych państwach członkowskich UE. Warunki produkcji roślinnej znacznie różnią się nawet w ramach poszczególnych krajów. Narzędzia cyfrowe muszą uwzględniać zarówno przesłanki agronomiczne, jak i prawne. Próby polowe zlecone przez władze krajowe są niezbędne do znalezienia najlepszych strategii zarządzania składnikami odżywczymi w warunkach lokalnych. Na podstawie naukowo udowodnionych danych z badań można opracować algorytmy, które po zaimplementowaniu w narzędziach cyfrowych dadzą zalecenia nawozowe dla niskoemisyjnych strategii nawożenia.

Algorytmy opracowane na podstawie danych z prób polowych powinny być publicznie dostępne tak, aby poprzez odpowiednie interfejsy API możliwa była ich implementacja do dowolnego systemu zarządzania gospodarstwem lub innych narzędzi cyfrowych.

3.3. Bilans węgla i informacje o emisjach

W każdym wyhodowanym i zebranych produkcie można określić zawartość węgla. Dostępne są oficjalne dane dotyczące emisji CO₂ z produkcji, transportu i stosowania nawozów. W związku z tym natychmiastowy wynik bilansu węgla w zależności od nawożenia i oczekiwanego (lub zebranego) plonu można udostępnić jako parametr wyjściowy narzędzia cyfrowego. Odnosząc się do istniejących metod nawozowych, m.in. dużej ilości nawozów organicznych, należy wyróżnić obszary o wysokim potencjale emisji, aby wykorzystać przyszłe strategie zarządzania składnikami odżywczymi do jego obniżenia

Niezbędne parametry wejściowe w celu osiągnięcia pożądaných wyników powinny obejmować:

- Warunki pogodowe
- Klasyfikacja gleby
- System upraw (rodzaj upraw, płodozmian, zarządzanie resztkami poźniwnymi)
- Rodzaj nawozu
- Użytkowanie gruntów i zmiana użytkowania gruntów
- Oczekiwany plon lub alternatywnie model zmian biomasy
- Modele procesu mineralizacji
- Zużycie energii, paliwa i energii elektrycznej (transport i proces nawożenia).

3.4. Właściwa prezentacja wyników za pomocą narzędzi cyfrowych

Aby skłonić rolników do poprawy zarządzania składnikami odżywczymi za pomocą narzędzi cyfrowych, wyniki takich narzędzi powinny być dostarczane i wizualizowane w łatwy i zrozumiały sposób. Mogą to być

- w formie map nawożenia
- infografik pokazujących potencjał emisyjny działań nawozowych w celu budowania świadomości na temat emisji spowodowanej różnymi pracami w gospodarstwie oraz wykształcenia umiejętności identyfikowania „gorących punktów” emisji.
- wskaźniki pokazujące efektywność wykorzystania składników odżywczych oraz emisje, w celu modyfikacji zarządzania zgodnie z kryteriami maksymalnego plonu i minimalnego śladu węglowego. Można również uwzględnić ślad azotowy.

Ogólnie zalecamy, aby narzędzia cyfrowe do zarządzania składnikami odżywczymi były połączone ze wspólnym, krajowym algorytmem, który rozpowszechnia wiedzę naukową bezpośrednio w gospodarstwach. Bezpłatne interfejsy API, które umożliwiają dowolnemu narzędziu cyfrowemu korzystanie z krajowych algorytmów, pomogą osiągnąć cel, jakim jest skłonienie rolników do wspólnej pracy w celu lepszego zarządzania składnikami odżywczymi.

4 Przykłady obecnie istniejących narzędzi cyfrowych do zarządzania składnikami odżywczymi

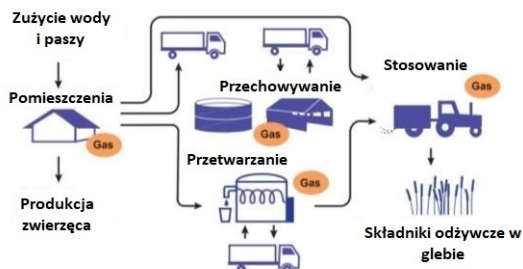
Zarządzanie składnikami odżywczymi wpływa na emisje gazów cieplarnianych, ale ogólnie rzecz biorąc obecnie istniejące narzędzia cyfrowe do zarządzania składnikami odżywczymi nie posiadają modułów do szacowania emisji. Istnieje jednak szereg narzędzi, które pomagają rolnikom, naukowcom lub decydom we wdrażaniu środków zwiększających zrównoważony rozwój gospodarstw, a także szacują emisje z gospodarstw i pomagają je ograniczać. Narzędzia te określają ilościowo, w ramach poszczególnych funkcjonalności, emisje pochodzące z zarządzania składnikami odżywczymi i dlatego przedstawiamy je jako przykłady zachęcające do stworzenia narzędzi służących do zmniejszenia śladu węglowego w zarządzaniu składnikami odżywczymi.

4.1 BATFARM (Projekt europejski)

Zakres: BATFARM został opracowany w ramach europejskiego projektu BATFARM, finansowanego z programu IIIB-Atlantic Area Interreg zatytułowanego „Ocena najlepszych dostępnych technik ograniczania zanieczyszczenia powietrza i wody w gospodarstwach hodowlanych”.

Umożliwia rolnikom przeprowadzenie dokładnej oceny środowiskowej ich gospodarstw. BATFARM umożliwia symulowanie wpływu szeregu strategii realizowanych w celu ograniczenia strat gazowych (NH_3 , N_2O , CH_4) i prowadzenia bilansu składników odżywczych (N, P, K) na gospodarstwa hodowlane przeznaczone dla trzody chlewnej, kur niosek, drobiu i krów mlecznych. Narzędzie umożliwia porównanie różnych scenariuszy w danym gospodarstwie, a tym samym pomaga wybrać najbardziej odpowiednią strategię środowiskową. Oprogramowanie obejmuje wszystkie aspekty systemu produkcyjnego: pomieszczenia dla zwierząt, przechowywanie, obróbkę i stosowanie nawozów i gnojowicy na polu.

To narzędzie dla doradców i rolników.



Moduły i działanie oprogramowania Batfarm

Dane wejściowe: Rodzaj i liczba zwierząt, diety, strategie żywieniowe (dostosowanie białka i fosforu, karmienie fazowe), pomieszczenia gospodarcze (rodzaje budynków, podłogi i rowy) oraz zarządzanie magazynami obornika i gnojowicy (system opróżniania, rodzaj osłony lub pokrywy, dodatki). Środki dodatkowe (suszenie, oddzielanie ciał stałych od cieczy, oczyszczanie tlenowe, metanizacja, kompostowanie), metody polowe (wstrzykiwanie, korzystanie z aplikatorów) oraz inne dobre praktyki określone przez samych użytkowników.

Wyniki: Główne obliczenia dokonywane przez narzędzie to zużycie paszy, wody i energii (kWh i ekwiwalenty CO_2) uwzględniające tylko energię bezpośrednio użytą w gospodarstwie w związku ze zużyciem energii elektrycznej, paliwa i biogazu (w przypadku fermentacji beztlenowej ze spalaniem/kogeneracją); produkcja zwierzęca (żywa waga, jaja, mięso, mleko); emisje amoniaku, podtlenku azotu i metanu; produkcja i skład obornika i gnojowicy; oraz składników odżywczych stosowanych w glebie (pastwiska lub gleby rolne). Pomiary te dają możliwość porównania różnych sytuacji.

Całkowita emisji przedstawiona jest na kilku wykresach pokazujących emisje amoniaku, metanu i podtlenku azotu w każdej fazie i w całym gospodarstwie, w ujęciu miesięcznym i rocznym.

Aby wykonać te obliczenia, BATFARM wykorzystuje wartości domyślne i regionalne – dostosowane do warunków w regionie atlantyckim (Hiszpania, Portugalia, Francja, Wielka Brytania, Irlandia) – w zakresie danych zootechnicznych, klimatycznych oraz współczynników emisji. Dane na temat emisji CH₄ pochodzących z hodowli zwierząt pochodzą z literatury oraz krajowych badań. Wartości domyślne IPCC Tier 2 są wykorzystywane do szacowania emisji N₂O i CH₄ z zarządzania obornikiem.

Strona internetowa: <https://www.intiasa.es/es/batfarm-software.html>

4.2 Cool Farm Tool

Zakres: Narzędzie Coolfarm określa ilościowo emisje gazów cieplarnianych w gospodarstwie, wodę, różnorodność biologiczną i sekwestrację dwutlenku węgla w glebie

COOLFARM to dynamiczny kalkulator dla całego gospodarstwa, który może być używany jako narzędzie do oceny poziomu emisji gazów cieplarnianych w gospodarstwie, wody, różnorodności biologicznej i sekwestracji węgla w glebie.

Model ten rozróżnia i łączy różne elementy gospodarstwa, w tym pola (uprawy i glebę), zwierzęta, pomieszczenia gospodarcze i magazyny obornika. Narzędzie Cool Farm Tool pozwala rolnikom dowiedzieć się, jak ich pola reagują na różne metody zarządzania.

Dane wejściowe: Waga zebranego plonu i plonu handlowego, Obszar uprawy, Zastosowania nawozów: rodzaj i dawka, dawka i aktywny składnik pestycydów, Zużycie energii (kWh i zużycie paliwa) i (opcjonalnie) transport: rodzaj, waga produktu i odległość. W przypadku zwierząt hodowlanych obliczenia opierają się na wielkości stada, zarządzaniu obornikiem, czasie wypasu, zużyciu paszy i energii, ogólnych informacjach na temat zarządzania ochroną roślin, stosowaniu nawozów zielonych i uprawie gleby, powierzchni (ha), LUB długości i szerokości (m), małych lub podłużnych siedlisk, w tym: Trawiaste pobocza wzdłuż dróg lub ścieżek, Narożniki i miedza zagospodarowane dla dzikiej zwierzyny, Żywopłoty, Pojedyncze drzewa, rzadko zadrzewione aleje lub fragmenty lasów, ciekły wodny (w tym rowy, kanały melioracyjne, strumienie), Stawy i rozlewiska, Powierzchnia (ha) wszelkich większych części półnaturalnych siedlisk zarządzanych w celu ochrony przyrody (lasy, łąki lub wrzosowiska lub tereny podmokłe większe niż 1 ha).

Wyniki: Narzędzie składa się z trzech modułów – gazów cieplarnianych (ocena na poziomie pola, w tym składników odżywczych, energii i użytkowania gruntów, mierzący poziom węgla), różnorodności biologicznej (ocena ilościowa całego zarządzania gospodarstwem) i wody (wymagania dotyczące nawadniania upraw oraz niebieskiego i zielonego śladu wodnego). Cool Farm Tool to kalkulator gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa – oznacza to emisje pochodzące z produkcji określonego produktu (roślin lub zwierząt gospodarskich).

Protokół gazów cieplarnianych definiuje trzy różne zakresy:

Zakres 1: Bezpośrednie emisje w gospodarstwie (np. spalanie oleju napędowego, emisje N₂O z pola, emisje CH₄ z bydła)

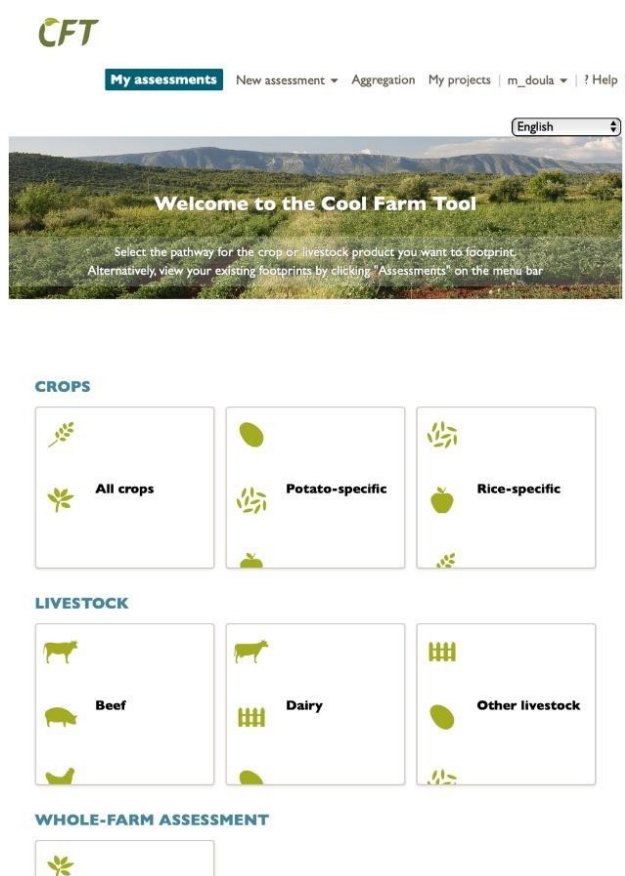
Zakres 2: Emisje pośrednie z zakupionej energii/elektryczności (emisje są generowane gdzie indziej, ale energia jest wykorzystywana w gospodarstwie)

Zakres 3: Inne emisje pośrednie (emisje innej firmy, która dostarcza produkty lub usługi dla gospodarstwa).

Cool Farm Tool oblicza dane z zakresu 3 w wielu aspektach, takich jak nawozy, pestycydy i transport towarów do i z gospodarstwa. Istnieją jednak również obszary, które tylko częściowo objęte są działaniem narzędzia, takie jak produkcja nasion (tylko ziemniaków) lub w ogóle nie są objęte, takie jak produkcja maszyn lub budowa infrastruktury. Te ostatnie nie są objęte, aby ułatwić korzystanie z narzędzia, a także dlatego, że emisje te mogą mieć tylko niewielki wpływ na ogólny wynik.

W przypadku upraw Cool Farm Tool obejmuje poziom 1 i poziom 2, a jeśli chodzi o emisje N₂O i sekwestracja węgla w glebie, model poziomu 3 – opisany przez prof. Pete'a Smitha – ponieważ jest to wieloczynnikowy model empiryczny oparty na modelu Bouwmana z 2002, który jest powszechnie uznawany w domenie publicznej. Narzędzie Cool Farm stara się obejmować poziom 3, kiedy tylko jest to możliwe. Również w przypadku zwierząt hodowlanych uwzględnia poziom 1 i 2, tzn. w przypadku nabiału i wołowiny. Na przykład obornik na pastwisku jest modelowany przy użyciu poziomu 1 (1% zastosowanego N staje się N₂O), podczas gdy zapotrzebowanie na energię brutto to poziom 2. Istnieje tylko pewna niejasność w przypadku innych zwierząt hodowlanych, takich jak wielbłądy i kozy. Przygotowaliśmy metodologię aktualizacji modeli dla świń i drobiu, które nie zostały jeszcze wdrożone, ale stanie się to wkrótce.

Strona internetowa: <https://coolfarmtool.org/>



4.3 DAYCENT (Stany Zjednoczone)

Zakres: Model DayCent to flagowy model ekosystemu wdrożony przez Soil Metrics za pośrednictwem narzędzia [Greenhouse Gas Inventory Tool \(GGIT\)](#). Po raz pierwszy wydany w 1998 r., model DayCent to dzienna wersja CENTURY, jednego z pierwszych modeli badań ekosystemów opracowanych i wdrożonych w celu uzyskania dostępu do obiegu węgla i azotu na potrzeby badań i zastosowań praktycznych. DayCent jest modelem wybranym przez [Agencję Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych](#) i [Departament Rolnictwa Stanów Zjednoczonych](#) do oceny bilansu węgla organicznego w glebie i bezpośrednich emisji podtlenku azotu z gleby w rocznej inwentaryzacji gazów cieplarnianych przeprowadzanej na potrzeby [Ramowej konwencji ONZ w sprawie zmian klimatu \(UNFCCC\)](#).

DAYCENT symuluje przepływy C i N w atmosferze, roślinności i glebie. Kluczowe podmodele obejmują zawartość wody w glebie i temperaturę w poszczególnych warstwach, produkcję roślinną i wielkość produkcji pierwotnej netto (NPP), rozkład ściółki i materii organicznej gleby, mineralizację składników odżywczych, emisje N z procesów nityfikacji i denityfikacji oraz utlenianie CH₄ w nienasyconych glebach. Przepływy C i N między różnymi pulami materii organicznej w glebie są zależne od wielkości puli, stosunku C/N i zawartości ligniny w materiale oraz czynników abiotycznych (woda/temperatura). Produkcja roślin jest funkcją potencjału genetycznego, fenologii, dostępności składników odżywczych, stresu wodnego/temperaturowego i promieniowania słonecznego. Produkcja pierwotna netto jest przydzielana do poszczególnych części roślin (np. korzenie vs. pędy) w oparciu o typ roślin, fenologię i stres związany z wodą/składnikami odżywczymi. Stężenia składników odżywczych w poszczególnych częściach roślin wahają się w określonych granicach, w zależności od typu roślinności i dostępności składników odżywczych w stosunku do zapotrzebowania roślin. Rozkład ściółki i materii organicznej gleby oraz mineralizacja składników odżywczych są funkcjami dostępności substratu, jakości substratu (% ligniny, stosunek C/N) oraz stresu wodnego/temperaturowego. Przepływy N z procesów nityfikacji i denityfikacji zależą od stężeń NH₄ i NO₃ w glebie, zawartości wody, temperatury, tekstury i dostępności labilnego C.

Dane wejściowe: dzienna maksymalna/minimalna temperatura powietrza oraz ilość opadów, klasa tekstury gleby powierzchniowej oraz dane dotyczące użytkowania terenu (np. rodzaj roślin, harmonogramy uprawy/sadzenia, ilość i czas uzupełniania składników odżywczych).

Wyniki: dzienny przepływ N (N₂O, NO_x, N₂), przepływ CO₂ z heterotroficznego oddychania gleby, organiczny C i N gleby, wymywanie NPP, H₂O i NO₃ oraz inne parametry ekosystemu.

Ostatnie ulepszenia modelu obejmują możliwość codziennego planowania zdarzeń związanych z zarządzaniem oraz opcję uczynienia z kiełkowania plonów funkcji temperatury gleby, a z daty zbioru funkcji skumulowanych stopniodni wzrostu. Zdolność DAYCENT do symulacji produkcji pierwotnej netto, węgla organicznego w glebie, emisji N₂O i wymywania NO₃ została przetestowana na danych z różnych systemów natiwnych i zarządzanych (Del Grosso i in., 2001b; 2002; 2005).

Model symuluje wszystkie główne procesy, które wpływają na zmiany poziomu C i N w glebie, w tym produkcję roślinną, przepływ wody, transport ciepła, rozkład SOC, mineralizację i immobilizację N, nityfikację, denityfikację i utlenianie metanu w ramach różnych metod zarządzania rolnictwem. Ponadto DAYCENT jest w stanie określić wpływ podwyższonego [CO₂] (stężenia CO₂ w atmosferze) i innych globalnych zmian (np. osadzania N) na produkcję pierwotną netto, szybkość transpiracji i stosunek C do N w biomase

Model DAYCENT z powodzeniem przewidywał bezpośrednie emisje gazów cieplarnianych z gleby przy różnych alternatywnych systemach zarządzania w Kalifornii, ale prognozom tym musi towarzyszyć solidna analiza błędów, aby zrozumieć ryzyko i potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych poprzez korzystanie z alternatywnych metod (De Gryze i in. 2010).

DAYCENT jest również częścią międzynarodowego projektu porównawczego AgMIP.

Strona internetowa:

<https://www.quantitative-plant.org/model/DayCent>

<https://www2.nrel.colostate.edu/projects/daycent-downloads.html>

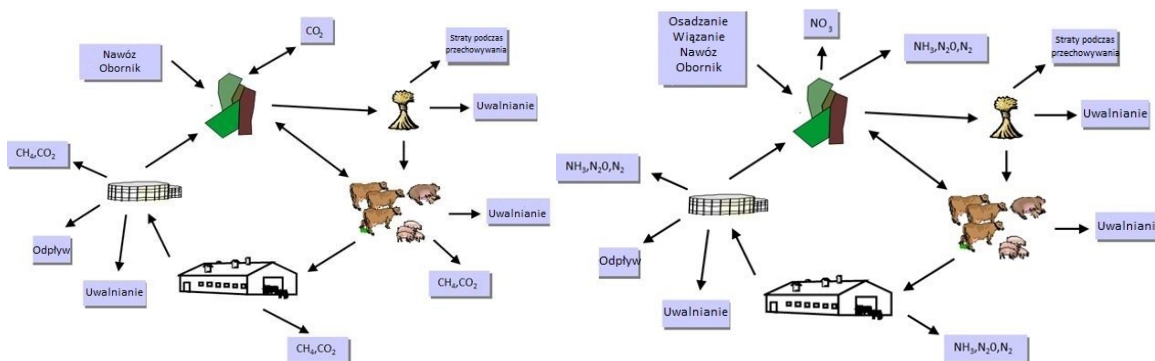
4.4 FARM AC (Dania)

Zakres: Model FarmAC został opracowany w ramach unijnego projektu AnimalChange.

Symuluje przepływy węgla (C) i azotu (N) w gospodarstwach rolnych i hodowlanych, umożliwiając ilościowe określenie emisji gazów cieplarnianych, sekwestracji C w glebie i strat N do środowiska. Symuluje również produkcję roślinną i zwierzęcą.

Model można wykorzystać do zbadania szeregu opcji zarządzania gospodarstwem pod kątem produkcji, emisji gazów cieplarnianych oraz przepływów C lub N. Można go również wykorzystać do zbadania możliwości takiego zarządzania, które pozwoliłyby zrekompensować negatywne skutki zmian klimatu lub wykorzystać pozytywne skutki. Osiąga się to poprzez zaprojektowanie przez użytkownika scenariusza podstawowego, a następnie jednego lub większej liczby dodatkowych scenariuszy zarządzania.

Narzędzie jest pomocne dla nauczycieli rolnictwa, profesjonalnych rolników czy doradców rolniczych.



Przepływy węgla i azotu w gospodarstwach - FARM AC

Dane wejściowe: Typ gospodarstwa, strefa agroekologiczna, rodzaj obornika, sekwencje upraw (powierzchnia, rodzaj gleby, nawadnianie, uprawy, produkty pierwotne i wtórne), potencjalny plon, przeznaczenie produktów z upraw wtórnych, rodzaj i liczba zwierząt, pasza (rodzaj i pobór suchej masy), rodzaj pomieszczeń i magazynów obornika, zastosowanie obornika i nawozów (rodzaje, ilość i technika stosowania).

Parametry są specyficzne dla danej strefy agroekologicznej (AEZ); dostępne są wartości domyślne dla szeregu AEZ lub można zastosować wartości specyficzne dla lokalizacji, jeśli w danej lokalizacji dostępna jest wiedza ekspercka.

Wyniki: Rzeczywiste plony, produkcja mleka/mięsa, przepływy azotu i węgla, emisje NH_3 i potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (kg ekwiwalentu CO_2): Emisje N_2O z obornika, pola i pośrednie z wymywania, emisje CH_4 z bydła, emisje CH_4 z obornika i odchodów na polach oraz zmiany poziomu C zmagazynowanego w glebie.

Wyniki podawane są na poziomie gospodarstwa lub na jednostkę powierzchni (ha) w ujęciu rocznym

Model wykorzystuje metodologie poziomu 2, które opisują przepływy w zarządzaniu żywym inwentarzem i obornikiem oraz metodologie poziomu 3 dla upraw i gleby.

Strona internetowa: <https://www.farmac.dk/>

4.5 FARMSOPER (Wielka Brytania)

Zakres: FARMSOPER (FARM Scale Optimization of Pollutant Emission Reduction) został opracowany przez ADAS (Wielka Brytania) w ramach projektów Defra WQ0106 i SCF0104, aby umożliwić ocenę kosztów i skuteczności metod ograniczania wielu zanieczyszczeń (azotany, fosfor, osady, amoniak, metan, podtlenek azotu, FIO, pestycydy) oraz ocenę możliwości osiągnięcia wielu celów (dwutlenek węgla ze zużycia energii, zasoby węgla w glebie i produkcja rolna). Systemy narzędzia można dostosować, aby odzwierciedlały warunki zarządzania i środowiska charakterystyczne dla rolnictwa w Anglii i Walii. Narzędzie zawiera ponad 100 metod ograniczania zanieczyszczeń sklasyfikowanych w 9 grupach zarządzania, wśród których znajdują się nawozy i obornik. Narzędzie pozwala na tworzenie unikalnych systemów, opartych na zarządzaniu żywym inwentarzem, uprawami i obornikiem. Narzędzie działa na poziomie gospodarstwa, ale może być skalowane do poziomu zlewni, regionu i kraju.

Narzędzie jest przeznaczone dla doradców, kierowników zlewni oraz decydentów.

Dane wejściowe: Strefa opadów, typ gleby, stan drenażu, typ gospodarstwa, liczba zwierząt hodowlanych, uprawy, zarządzanie obornikiem, szczegóły dotyczące działań polowych, zanieczyszczenia i metody łagodzenia ich skutków, które mają zostać przetestowane.

Wyniki: Wykresy i raporty, które określają względne znaczenie każdego zanieczyszczenia i osiągnięte ich redukcje dla każdej zastosowanej metody ograniczenia. Redukcje zanieczyszczeń są pokazane w kg lub t w ramach całego gospodarstwa lub są podzielone według przeznaczenia gruntów, w ujęciu rocznym. Wykresy przedstawiają podział według źródła: zwierzęta, nawozy i gleba, według drogi: spływ, preferencyjne, wymywanie lub bezpośrednie oraz według lokalizacji: grunty orne, trawa, nieużytki, brody, a także ciężarówki, pomieszczenia gospodarcze i zagrody oraz miejsce przechowywania obornika.

Emisje metanu i bezpośrednich emisje podtlenku azotu oblicza się albo na podstawie równań stosowanych w brytyjskim indeksie amoniaku i gazów cieplarnianych w rolnictwie, albo przy użyciu podejścia opartego na współczynnikach pochodzącego z narzędzia do zarządzania scenariuszami, które podsumowuje dane wyjściowe z inwentaryzacji gazów cieplarnianych. Pośrednie emisje z wymywania azotanów obliczono na podstawie danych wyjściowych azotanów. Emisje związane z zużyciem energii – w kg CO₂ – są obliczane dla głównych procesów w gospodarstwie (operacje polowe, zarządzanie obornikiem, dojenie, obsługa zwierząt hodowlanych,...), podobnie jak emisje związane z produkcją nawozów i pestycydów. Pomiar C w glebie wykorzystuje udoskonaloną metodologię IPCC poziomu 1, a całkowite zasoby C (t ha⁻¹) są obliczane przy założeniu, że grunty są w równowadze (zarówno dla sytuacji wyjściowej, jak i dowolnego scenariusza ograniczania zanieczyszczeń). Tempo zmian można zatem oszacować, porównując scenariusz bazowy i scenariusz ograniczania zanieczyszczeń oraz szacując czas potrzebny do osiągnięcia nowej równowagi w scenariuszu ograniczania.

Strona internetowa: <https://adas.co.uk/services/farmscoper/>

4.6 FASSET (Dania)

Zakres: FASSET został opracowany w Danii w ramach projektu badawczego „Zrównoważone strategie w rolnictwie”.

FASSET (FarmASSESSmentTool) to dynamiczny model całego gospodarstwa, który może być wykorzystany jako narzędzie do oceny wpływu zmian w przepisach, zarządzaniu, cenach i dotacjach na szereg wskaźników zrównoważonego rozwoju na poziomie gospodarstwa, m.in. rentowność gospodarstw, produkcję, straty azotu, zużycie energii i emisje gazów cieplarnianych. Narzędzie może symulować gospodarstwa rolne, gospodarstwa hodujące trzodę chlewną lub krowy mleczne.

Model ten rozróżnia i łączy różne elementy gospodarstwa, w tym pola (uprawy i glebę), zwierzęta, pomieszczenia gospodarcze i magazyny obornika. Opcjonalnie zawiera moduł do optymalizacji ekonomicznej gospodarstwa. Umożliwia korzystanie z różnych opcji zarządzania polami i gospodarstwem, takich jak różne płodozmiany i sposoby zarządzania uprawami, a także różne praktyki żywienia zwierząt gospodarskich i różne technologie zarządzania obornikiem. Model ten może być używany do badań porównawczych oraz do badania konsekwencji zmian środowiskowych i zmian w zarządzaniu dla produktywności gospodarstwa i wpływu na środowisko.

Narzędzie jest przeznaczone dla naukowców.

Dane wejściowe: Systemy upraw, uprawy, zarządzanie uprawami: nawożenie, gospodarka resztkami poźniwnymi i inne, budynki i magazyny, maszyny i siła robocza, rodzaj i liczba zwierząt, dane dotyczące paszy, wypasu, gleby i pogody.

Wyniki: Wskaźniki ekonomiczne i produkcyjne (wysokość i jakość plonów oraz mleka/mięsa) i środowiskowe (wymywanie i ulatnianie się N, emisje gazów cieplarnianych) oraz bilanse N i C na poziomie gospodarstwa. Narzędzie zawiera komponent do optymalizacji ekonomicznej gospodarstwa.

Obliczenia dotyczące ochrony środowiska są wykonywane codziennie.

Podmodel emisji N₂O w narzędziu FASSET opiera się na modelu „Hole-in-the-Pipe”, w którym zakłada się, że pochodne azotu z procesów nityfikacji i denityfikacji są źródłami produkcji N₂O. FASSET posiada model materii organicznej w glebie, który podaje zmiany w C w glebie i bilans CO₂ w glebie. Uwzględniono emisje CH₄ z fermentacji jelitowej u bydła.

Strona internetowa: <https://fasset.dk/>

4.7 Narzędzie FAST (projekt europejski)

Zakres: Narzędzie FAST to internetowa aplikacja GIS, opracowana dla agrobiznesu wspierana przez DG ds. Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich Komisji Europejskiej, Program Kosmiczny UE (DG DEFIS) oraz program UE ISA2 (DG DIGIT). Platforma usług cyfrowych FAST udostępnia rozwiązania w zakresie rolnictwa, środowiska i zrównoważonego rozwoju unijnym rolnikom, agencjom płatniczym państw członkowskich, doradcom rolniczemu i twórcom rozwiązań cyfrowych. Dostarcza informacji wizualnych za pośrednictwem zintegrowanych map nakładających dane gospodarstw na warstwy GIS oraz zdjęcia Copernicus/Sentinel: RGB+NDVI, zarządzanie kampaniami rolnymi z importem danych rolników IACS/GSAA, zalecenia dotyczące nawożenia, zdjęcia ze znacznikami geograficznymi, komunikacja dwukierunkowa, informacje o pogodzie/klimacie.

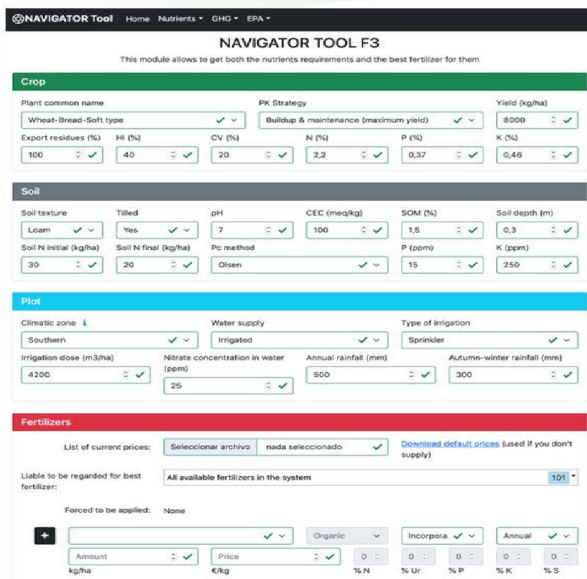
Główne elementy platformy to odpowiednie informacje o gospodarstwie w oparciu o LPIS (System Identyfikacji Działek Rolnych) i IACS (Zintegrowany System Zarządzania i Kontroli), Informacje z pobranych próbek gleby, w odpowiedniej skali przestrzennej i czasowej, Informacje o właściwych metodach zarządzania, historii upraw i oczekiwanych plonów, wskazówki dotyczące ograniczeń prawnych i wymagań związanych z zarządzaniem składnikami odżywczymi w gospodarstwie oraz pełny bilans składników odżywczych.

Narzędzie to oparte jest na narzędziu Navigator (projekt europejski) – zintegrowanym z narzędziem cyfrowym Fast open, dostępnym online, służącym do:

obliczania zaleceń dotyczących składników odżywczych w skali pola, oceny emisji/pochłaniania gazów cieplarnianych i wyników ekonomicznych w skali gospodarstwa.

Narzędzie będzie pomocne dla rolników indywidualnych i ich stowarzyszeń, grup rolników, agrobiznesu, przedsiębiorców, doradców rolniczych, konsultantów.

F3: User inputs



F3: Outputs

N balance

INPUTS terms (kg/ha)		OUTPUTS terms (kg/ha)						
Mineralization	Fixation	N water	Nmin initial	Leaching	Uptake	Denitrification	Nmin postharvest	Volatilization
24	10	20	30	9	244	16	20	10

NPK requirements

N (kg/ha)	N 20% (kg/ha)	N 80% (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	P205 (kg/ha)	K20 (kg/ha)
216	169	263	31	139	72	168

Best fertilization

Fertilizer	Amount (kg/ha)	Cost (€/ha)	N (kg/ha)	N _{ureic} (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	S (kg/ha)
Urea	103	31.36	47	47	0	0	0
Ammonium nitrate	320	87.98	107	0	0	0	0
Potassium chloride	223	81.41	0	0	0	112	0
Complex 10-20-10	347	79.87	35	0	31	28	0
TOTAL	993	280.63	189	47	31	139	0

Moduł gazów cieplarnianych umożliwia obliczanie emisji gazów cieplarnianych z upraw na poziomie poszczególnych działek i gospodarstwa, zwierząt hodowlanych, obiegu węgla, energii. W celu obliczenia emisji gazów cieplarnianych z upraw, konieczne będą informacje wejściowe dotyczące upraw, powierzchni, wysokości plonów, resztek poźniwnych, materii organicznej w glebie, rodzajów orki, szybkości odwadniania, rozprzestrzeniania się materii organicznej, poplonu, nasion, pestycydów, azotu, rodzaju klimatu, warunków temperaturowych i wilgotnościowych oraz gleby.

W celu obliczenia emisji gazów cieplarnianych pochodzących od zwierząt hodowlanych, konieczne są informacje wejściowe dotyczące bydła mlecznego, owiec (mleka i mięsa), świń, rodzaju diety, bydła mięsnego, danych dotyczących paszy, danych dotyczących obornika itp. W celu obliczenia obiegu węgla moduł wymaga informacji o infrastrukturze przyrodniczej, zmianach użytkowania gruntów, lasach itp.

Strona internetowa: <https://tool.fastnavigator.eu/index.html>

4.8 OVERSEER (Nowa Zelandia)

Zakres: OVERSEER dostarcza sposoby oszacowania obiegu składników odżywczych w systemie gospodarstwa (nabiał, wołowina, owce, jelenie, kozy, świnie na wolnym wybiegu, owoce, nasiona, zboża, warzywa). Pozwala to użytkownikowi lepiej zrozumieć, w jaki sposób wykorzystywane są składniki odżywcze, poznać średnie roczne zapotrzebowanie na składniki odżywcze oraz prawdopodobny wpływ zmiany metod zarządzania na ogólne nakłady i straty składników odżywczych w gospodarstwie (N, P, K, Ca, Mg, S).

Aby to osiągnąć, OVERSEER składa się z zestawu modeli (zwierzęta, klimat, hydrologia, nawadnianie, blok N, plamy moczu, tereny podmokłe, metan, podtlenek azotu) i komponentów (dodatki, uprawy, pobór suchej masy, pastwiska, zarządzanie ściekami, gleby), które współpracują ze sobą, aby modelować przepływy składników odżywczych, w tym emisje gazów cieplarnianych w systemie rolniczym. Rolnicy, doradcy i decydenci są w stanie oszacować utratę składników odżywczych w razie wprowadzenia poszczególnych scenariuszy po niewielkim przeszkoleniu w zakresie korzystania z modeli.

Dane wejściowe: Budynki, systemy odprowadzania ścieków, zwierzęta i ich produkcja (mleko/mięso), suplementy dla zwierząt, rozmieszczenie zwierząt, typ pastwisk i zarządzanie nimi, stosowanie nawozów, paliwo, transport, zużycie energii elektrycznej, owoce i zarządzanie nimi, uprawy i zarządzanie nimi, dane klimatyczne, system nawadniania, rodzaj gleby, badania gleby, system odwadniająca, charakterystyka terenów podmokłych.

Wyniki: Wykresy puli N (comiesięczny szacunek poziomu azotu w glebie: N mineralny gleby, N roślinny, N pozostałościowy oraz procesy i zastosowania, które dodają lub usuwają z puli azot: pobieranie przez rośliny, nawożenie, wymywanie, utrwalanie, unieruchamianie, mineralizacja, ulatnianie się i denitryfikacja), bilanse składników odżywczych (dodane składniki odżywcze, usunięte składniki odżywcze i zmiany w puli), raporty dotyczące ścieków (składniki odżywcze ze ścieków), raporty dotyczące zwierząt (pobór energii metabolicznej na poziomie gospodarstwa, pobór suchej masy i składników odżywczych, dystrybucja składników odżywczych w postaci odchodów, zużycie suchej masy pastwisk) i raporty dotyczące gazów cieplarnianych. Raporty dotyczące gazów cieplarnianych przedstawiają szacunki emisji CH₄, N₂O i CO₂ z gospodarstwa według źródła, np. N₂O z odchodów, ścieków, nawozów, upraw i pośrednio. Pozwala to zrozumieć, jakie części emisji są generowane przez poszczególne źródła. W narzędziu wykorzystano nowozelandzki indeks emisji gazów cieplarnianych. Szacunkowe wartości dla każdego gazu są wyrażone w kg ekwiwalentu CO₂ na hektar rocznie, dzięki czemu można je porównać między sobą oraz z innymi raportami dotyczącymi gazów cieplarnianych.

Strona internetowa: <https://www.overseer.org.nz/our-model>

4.9 Narzędzie ROAD (projekt europejski)

Zakres: Narzędzie ROAD to internetowa aplikacja GIS, opracowana dla agrobiznesu w ramach projektu INTERREG BALKAN-MED pt. „Tworzenie gospodarstw o zerowym śladzie węglowym, odpadowym i wodnym. Mapa drogowa dla strategii zrównoważonego zarządzania dla bałkańskiego sektora rolnego - BalkanROAD”.

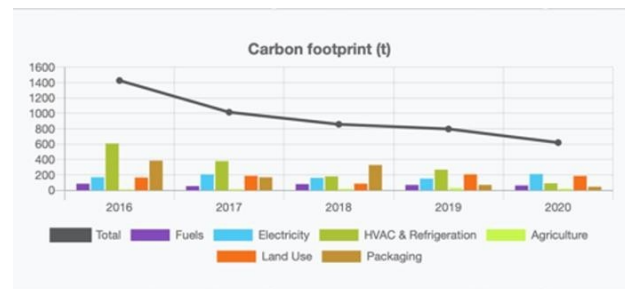
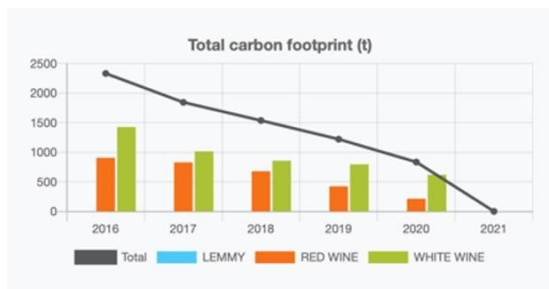
Dostarcza wizualnych informacji o emisjach gazów cieplarnianych na każdym etapie produkcji, tj. uprawie, zbiorach, przetwarzaniu, butelkowaniu, pakowaniu i dystrybucji, ułatwiając identyfikację tych etapów, które można poprawić. Dlatego może być stosowane w gospodarstwie rolnym i na poziomie agrobiznesu, obejmując cały łańcuch produkcyjny, od pola do rynku. Narzędzie daje również możliwość oszacowania śladu odpadowego i wodnego pochodzącego ze wszystkich procesów.

Narzędzie jest pomocne dla rolników indywidualnych i ich stowarzyszeń, grup rolników tworzących lokalne łańcuchy wartości, agrobiznesów, przedsiębiorców, doradców rolniczych, konsultantów.

Dane wejściowe: Materiały użyte podczas uprawy (ilość nawozów mineralnych i organicznych, obornika, kompostu, osadów ściekowych, mocznika, wapna), materiały do obróbki i pakowania zbóż (np. ilość palet, butelek, korków, taśm, etykiet, kartonów itp.), metody zarządzania glebą (np. rodzaj uprawy), i uprawy (ilość resztek poźniwnych, wypalanie pól, wypalanie pozostałości po przycinaniu), zużycie energii i paliw, gaz używany do lodówek, systemów chłodzenia, klimatyzacji i pomp ciepła (rodzaj i ilość gazu), liczba zwierząt na polu, ilość kompostowanych odpadów organicznych.

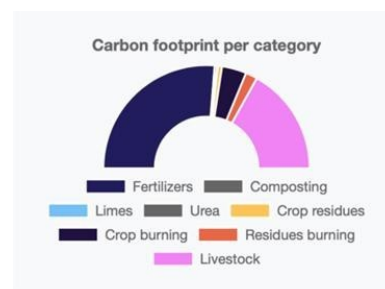
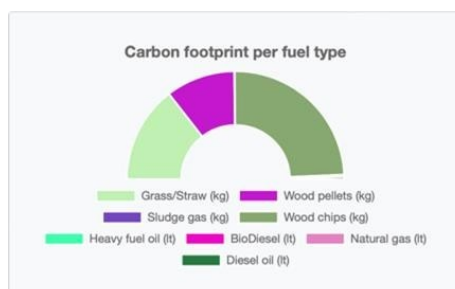
Wyniki: Całkowity, bezpośredni i pośredni ekwiwalent CO₂, a także całkowity CO₂, bezpośredni i pośredni N₂O i CH₄ wyemitowany na jednostkę produktu lub powierzchni. Emisje pochodzące z każdego etapu produkcji, ze wszystkich rodzajów użytych materiałów i zużytych zasobów, a także emisje niezorganizowane z lodówek, systemów chłodzenia, klimatyzacji, pomp ciepła. Obliczane są również emisje LULUCF emisje węgla w wyniku kompostowania.

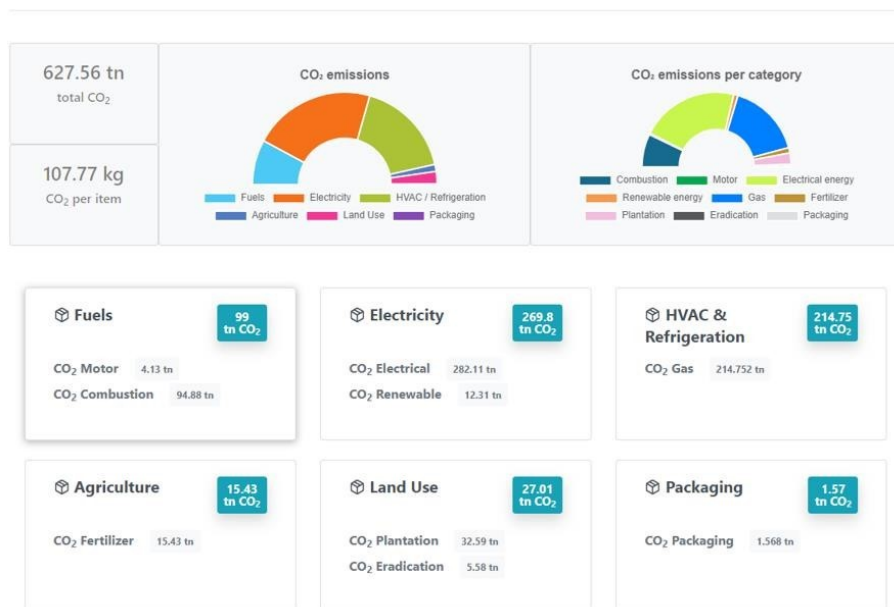
Niektóre wyniki dla Grecji, Cypru, Bułgarii, Albanii i Republiki Macedonii Północnej należą do poziomu 2, ponieważ narzędzie stosuje współczynniki emisji określone w krajowych raportach inwentaryzacyjnych UNFCCC (NIR).



W przypadku braku krajowych wskaźników emisji lub dla krajów innych niż powyższe narzędzie stosuje wskaźniki emisji podane przez IPCC dla Europy lub globalne, a zatem dla tych przypadków jest na poziomie 1.

Strona internetowa: <https://roadtool.balkanroad.eu>





4.10 TERRAZO (Austria)

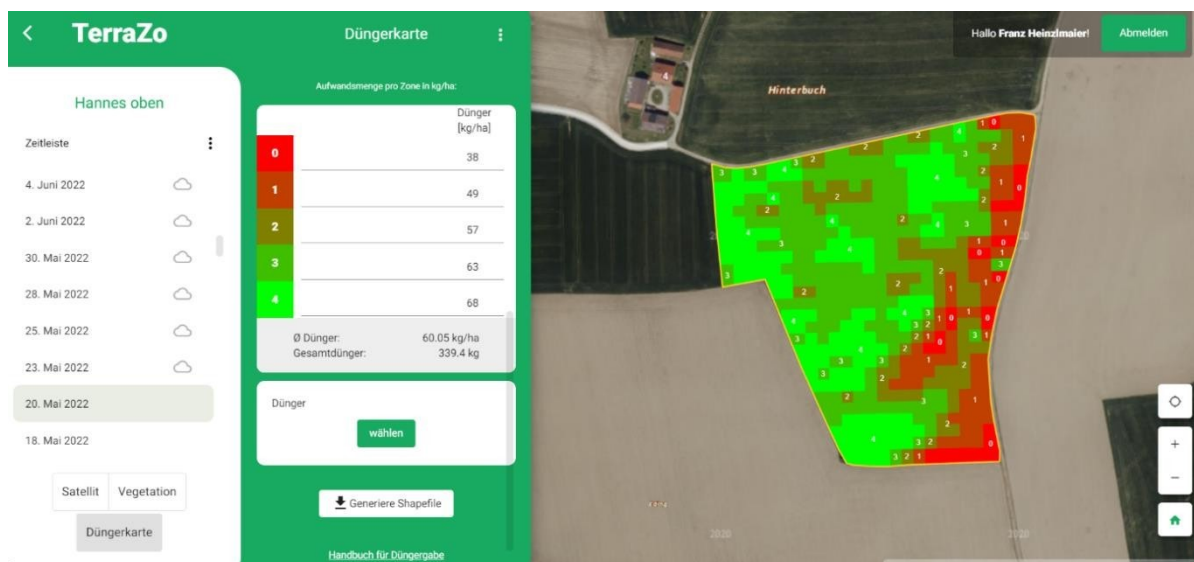
Zakres: Terrazo to usługa online służąca do generowania map stosowania zmiennego dawkowania na podstawie zdjęć satelitarnych z programu Copernicus i ESA. W przypadku zbóż model nawożenia umożliwi tworzenie indywidualnych i modyfikowalnych map zmiennego dawkowania nawozu. Pola można rysować ręcznie lub wybierać poprzez kliknięcie. Możliwy jest widok satelitarny i widok roślinności (na podstawie NDVI).

Mapy aplikacji można pobrać i używać za pośrednictwem terminali ciągnika lub rozsiewacza, a także aplikacji mobilnych (GIS-ELA i NutriZones®) w celu ręcznego dostosowania ilości nawozu do podczas procesu nawożenia.

Dane wejściowe: Region, ilość azotu dla pierwszego (domyślna wartość) i drugiego zastosowania. Oczekiwany plon oraz cel białkowy oraz ilość azotu w pierwszym i drugim nawożeniu oraz zalecenia N dla trzeciego.

Wyniki: mapa nawożenia do pobrania, pokazująca średnią ilość N lub ilość nawozu (można wybrać kilka nawozów).

Website: <https://terrazo.josephinum.at>



5 Co dalej

5.1 W jakich warunkach rolnicy stosowaliby takie narzędzie w praktyce?

Potrzeba posiadania zindywidualizowanego planu podkreśla istotną przeszkodę społeczną w przyjmowaniu nowych technologii w celu zmniejszenia śladu węglowego w składnikach odżywczych. Producenci będą potrzebować dodatkowych informacji, aby wdrożyć nowe metody, a chociaż wiele z tych technologii dotyczy niskoemisyjnych dodatków (np. zielony amoniak), inne wymagają nowych metod zarządzania. Inne bariery techniczne, które mogą uniemożliwić wdrożenie nowych narzędzi to brak dostępu do szerokopasmowego internetu i platform do zarządzania danymi oraz wiedzy fachowej.

Rozwiązania techniczne, takie jak przetwarzanie brzegowe, rozwiążą niektóre problemy związane z zarządzaniem danymi, ale wymagają posiadania dodatkowych umiejętności w celu wykorzystania potencjału technicznego. Powszechne wdrożenie produkcji niskoemisyjnej będzie wymagało od konsultantów i edukatorów rolniczych dużego zaangażowania w celu przekazania wiedzy koniecznej do wdrażania nowych technologii. Ponadto przy optymalizacji śladu środowiskowego należy wziąć pod uwagę wszelkie konsekwencje, w tym wyższe ceny żywności lub zmniejszone plony.

5.2 Czego jeszcze brakuje w obecnie istniejących narzędziach, a co mogłoby się potencjalnie przydać?

Główne aspekty, które naszym zdaniem nie zostały wystarczająco rozwinięte w istniejących narzędziach, to:

- Opracowanie algorytmów: dane z naukowo potwierdzonych prób polowych są podstawą do stworzenia krajowych algorytmów, które będą mogły być wykorzystywane przez rolników w celu lepszego zarządzania składnikami odżywczymi.
- Aby korzystać z algorytmów, należy udostępnić odpowiednie interfejsy API do połączenia z narzędziami, takimi jak systemy zarządzania gospodarstwem
- Te interfejsy API muszą być ustandaryzowane i łatwe do wdrożenia
- Narzędzia cyfrowe mogłyby zapewnić porównanie alternatywnych opcji zarządzania w celu poprawy efektywności wykorzystania składników odżywczych, aby zoptymalizować produkcję i zmniejszyć ryzyko niekorzystnego wpływu na środowisko
- Narzędzia powinny dostarczać szczegółowych informacji na temat redukcji emisji gazów po wdrożeniu metod zarządzania obornikiem. Według naszej wiedzy nie ma standardowej metody oceny ani listy współczynników emisji udoskonalonych technik

5.3 Jakie kolejne kroki należy podjąć?

Istnieje wiele możliwości opracowania odpowiednich narzędzi do zmniejszenia śladu węglowego w odżywianiu roślin i potrzebne są dalsze badania/prace. Obecnie na rynku nie ma narzędzia, które zapewnia kompleksowe rozwiązanie, ale niektóre narzędzia dla zrównoważonych gospodarstw określają ilościowo, w różnych sekcjach, emisje pochodzące z zarządzania składnikami odżywczymi i mogą wspierać przejście do odpowiednich narzędzi do zmniejszania śladu węglowego w odżywianiu roślin.

Niektóre inne działania warte rozważenia:

- Narzędzia powinny wskazywać obszary pracy w gospodarstwie, w których emisje są wysokie oraz umożliwiać porównywanie podobnych gospodarstw (benchmarking), przedstawiać zmiany emisji w ramach jednego gospodarstwa na przestrzeni lat i powinny być oparte na GIS.
- Należy zapewnić dotacje na opracowanie wspólnego algorytmu dla poszczególnych krajów.
- Cyfrowe dane pomiarowe powinny być zintegrowane z modelami.
- Przykłady udanych wdrożeń prowadzących do redukcji emisji i poprawy produktywności powinny być komunikowane i promowane.

6 Wnioski

Jednym z największych globalnych wyzwań jest sekwestracja ogromnych ilości węgla, aby uniknąć niebezpiecznych zmian klimatycznych oraz rywalizacji o ziemię i zasoby. Każdy sektor gospodarki wyznaczy własną ścieżkę do osiągnięcia ujemnych emisji netto w celu przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Aby rolnictwo odniosło sukces na tej drodze, wszyscy musimy zrozumieć praktyczne kwestie związane z wdrożeniem technologii, aby zaangażować producentów, przyciągnąć inwestorów i zainspirować twórców technologii.

Uruchomienie działań wspierających oraz wdrożenie strategii usuwania barier dla rolników w stosowaniu narzędzi cyfrowych do zrównoważonej gospodarki składnikami pokarmowymi, powinno być obowiązkiem każdego państwa członkowskiego i będzie mieć kluczowe znaczenie dla wychwytywania dwutlenku węgla. Stosując systemowe podejście do optymalizacji technologii i wspierając ekosystem innowacji, który wykorzystuje różnorodne technologie, rolnictwo może spełniać swoją kluczową funkcję społeczną, dostarczając żywność, paszę, włókno i paliwo oraz wspierając gospodarkę obszarów wiejskich, jednocześnie generując znaczne korzyści środowiskowe dla dobra publicznego.

7 Bibliografia

- Angers DA, Carter MR, Gregorich EG, Bolinder MA, Donald RG, Voroney RP, Drury DF, Liang BC, Simard RR, Beyaert RP (1995). Agriculture management effects on soil carbon sequestration in Eastern Canada, pp 253-264. In Berna MA (Eds) Carbon Sequestration in the Biosphere, NATO ASI Series 1, 33. Springer-Verlan. Berlin and Heidelberg.
- Bolinder MA, Crotty F, Elsen A, Frac M, Kismányoky T, Lipied J, Tits M, Tóth Z, Kätterer T (2020). The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 25, 929-952.
- Bouwman AF, Boumans LJM, Batjes NH (2002) Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields. *Global Biogeochem Cycles* 16(4):1080
- Chantigny MH, Rochette P, Angers DA, Bittman S, Buckley K, Massé D, Bélanger G, Eriksen-Hamel NS, Gasser MO (2010). Soil nitrous oxide emissions following band-incorporation of fertilizer nitrogen and swine manure. *Journal of Environmental Quality* 39, 1545-1553.
- Danish Ministry of Energy; Utilities and Climate. Denmark's Seventh National Communication and Third Biennial Report: Under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2017. Available online: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/8057126_Denmark-NC7-BR3-2-NC7-DNK-Denmarks-NC7-and-BR3_1January2018-12MB.pdf (accessed in June 2022).
- Dinsmore KJ, Skiba UM, Billett MF, Rees RM, Drewer J (2009). Spatial and temporal variability in CH₄ and N₂O fluxes from a Scottish ombrotrophic peatland: implications for modelling and up-scaling. *Soil Biology & Biochemistry* 41, 1315-1323.
- Escobar LF, Amado TJC, Bayer C, Chaves LE, Zanatta JA, Fiorin JE (2010). Postharvest nitrous oxide emissions from a subtropical Oxisol as influenced by summer crop residues and their management. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 507-516.
- FAO (2001). Soil carbon sequestration for improved land management. *World Soil Resources Report*, 96. Rome (Italy).
- Fangueiro D, Surgy S, Fraga I, Monteiro FG, Cabral F, Coutinho J (2016). Acidification of animal slurry and nitrogen dynamics after soil application. *Geoderma*, 281, 30-38.
- Foray S, Loges R, Nadeau E, García Pomar MI, Howatson S, Debruyne L, Andersen T (2019). Eurodairy Technical Leaflets on Resource Efficiency. Eurodairy Project. 51 pp.
- Hou Y, Velthof GL, Oenema O (2015). Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global Change Biology* 21, 1293-1312.
- Kirchmann H, Kätterer T, Börjesson G, (2014) Changes in organic carbon in topsoil and subsoil and microbial community composition caused by repeated additions of organic amendments and N fertilisation in a long-term field experiment in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 189: 110-118.
- Lal R (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment. *Soil and Tillage Research* 43, 81-107.
- Northrup LD, Basso B, Wang MQ, Morgan CLS, N. Benfey PN (2021). Novel technologies for emission reduction complement conservation agriculture to achieve negative emissions from row-crop production. Edited by Edward S. Buckler, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Ithaca, NY, <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2022666118>
- Paustian K, Ravindranath NH, Amstel A, Gytarsky M. (2006). Chapter 1 -Introduction. In Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (Eds). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouses Gas Inventories Programme. Japan: IGES:
- Price N, Harris JP, Taylor M, Williams JR, Anthony SG, Duethmann D, Gooday RD, Lord EI, Chambers BJ, Chadwick DR, Misselbrook TH (2011). An inventory of mitigation methods and guide to their effects on diffuse water pollution, greenhouse gas emissions and ammonia emissions from agriculture. Part of Defra Project WQ0106. 158 pp.
- Sanz-Cobena A et al (2017). Strategies for greenhouse gas emissions mitigation in Mediterranean agriculture: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 238, 5-24.
- Van der Burgt GJHM, Oomen GJM, Habets ASJ, Rossing WAH (2006). The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74, 275-294.



Veenstra JJ, Horwath WR, Mitchell JP (2007). Tillage and cover cropping effects on aggregate-protected carbon in cotton and tomato. *Soil Science Society of America Journal* 71, 362-371.

Velthof GL, Kuikman P, Oenema O (2003). Nitrous oxide emission from animal manures applied to soil under controlled conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 221-230.



Europejskie Partnerstwo Innowacyjne „Wydajność i zrównoważony rozwój rolnictwa” (EIP-AGRI) jest jednym z pięciu EIP uruchomionych przez Komisję Europejską w celu promowania szybkiej modernizacji poprzez intensyfikację działań innowacyjnych.

EIP-AGRI ma na celu katalizowanie procesu innowacji w **sektorach rolnictwa i leśnictwa** poprzez **zbliżenie badań i praktyki** – w projektach badawczych i innowacyjnych, a także za pośrednictwem sieci EIP-AGRI.

EIP ma na celu usprawnienie, uproszczenie i lepszą koordynację istniejących instrumentów i inicjatyw oraz w razie potrzeby uzupełnienie ich o działania. Dla EIPAGRI szczególnie ważne są dwa konkretne źródła finansowania:

- ✓ Program Ramowy UE w zakresie badań naukowych i innowacji, Horyzont 2020,
- ✓ Polityka Rozwoju Obszarów Wiejskich UE.

Grupa fokusowa EIP AGRI* jest jednym z kilku różnych elementów składowych sieci EIP-AGRI, która jest finansowana w ramach Polityki Rozwoju Obszarów Wiejskich UE. Pracując nad wąsko zdefiniowaną kwestią, Grupy Fokusowe tymczasowo gromadzą około 20 ekspertów (takich jak rolnicy, doradcy, badacze, przedsiębiorstwa wyższego i niższego szczebla oraz organizacje pozarządowe) w celu mapowania i opracowywania rozwiązań w swojej dziedzinie.

Konkretne cele Grupy Fokusowej to:

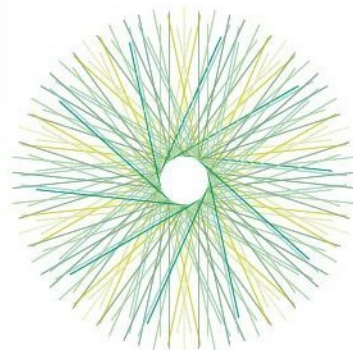
- ✓ dokonanie bilansu stanu praktyki i badań w swojej dziedzinie, wymieniając problemy i możliwości;
- ✓ rozróżnianie potrzeb od praktyki, propozycja kierunków dalszych badań;
- ✓ proponowanie priorytetów dla innowacyjnych działań poprzez sugerowanie potencjalnych projektów dla Grup Operacyjnych pracujących w ramach Rozwoju Obszarów Wiejskich lub projektów innych formatów w celu przetestowania rozwiązań i możliwości, w tym sposobów rozpowszechniania zgromadzonej wiedzy praktycznej.

Wyniki standardowo publikowane są w raporcie w ciągu 12-18 miesięcy od uruchomienia danej Grupy Fokusowej.

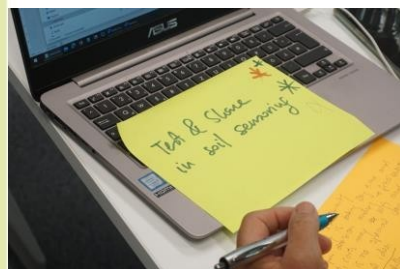
Eksperti są wybierani na podstawie otwartego zaproszenia do zgłoszeń. Każdy ekspert jest powoływany na podstawie swojej osobistej wiedzy i doświadczenia w określonej dziedzinie, a zatem nie reprezentuje organizacji ani państwa członkowskiego.

*Więcej szczegółów na temat celów i procesu Grupy Fokusowej EIP-AGRI znajduje się 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

servicepoint@eip-agri.eu | +32 2 543 73 48 | Koning Albert II laan 15 | Conscience Building | 1210 Brussels | Belgium