

Postrzeganie kosztów i korzyści cyfryzacji gospodarstw rolnych w Europie

ARTYKUŁ NAUKOWY

Constantine Iliopoulos[Ⓐ], Irini Theodorakopoulou[Ⓐ], Thomas Giotis[Ⓑ] i Gianluca Brunoric[Ⓒ]

^aDoktor nauk, ^bMBA, Instytut Badań Ekonomii Rolnej (AGRERI), Grecka Organizacja Rolnicza-Dimitra (ELGO-D), Kourtidou 56–58, Ateny, 11145, Grecja

^cProfesor, Wydział Rolnictwa, Żywności i Środowiska, Uniwersytet w Pizie, Via del Borghetto, 80-56124 Piza, Włochy

Streszczenie

Cyfryzacja gospodarstw rolnych zmienia rolnictwo, zwiększając wydajność, zrównoważony rozwój i efektywność dzięki zaawansowanym technologiom, takim jak czujniki, sztuczna inteligencja i platformy danych. Jednak jej wdrożenie stwarza zarówno możliwości, jak i wyzwania, kształtowane przez zróżnicowane postrzeganie kosztów i korzyści przez zainteresowane strony. W niniejszym badaniu analizuje się tę dynamikę, wykorzystując spostrzeżenia z 18 laboratoriów żywych w całej Europie, w których rolnicy, decydenci i dostawcy technologii wspólnie opracowali rozwiązania cyfrowe. Wyniki badania wskazują na potencjał cyfryzacji w zakresie optymalizacji procesu podejmowania decyzji, promowania zrównoważonego rozwoju i wspierania innowacyjnych modeli biznesowych, a jednocześnie podkreślają istotne bariery finansowe, społeczne i operacyjne. Kwestie ekonomiczne, takie jak wysokie koszty początkowe, nierówny dostęp i obawy przed starzeniem się technologii, okazały się istotnymi barierami we wdrażaniu cyfryzacji, szczególnie w przypadku małych gospodarstw rolnych. Wyzwania pozagospodarcze obejmują stromą krzywą uczenia się, deficyt zaufania oraz ryzyko alienacji rolników od praktycznych metod pracy. Badanie podkreśla potrzebę wprowadzenia polityki sprzyjającej włączeniu społecznemu, ukierunkowanego wsparcia finansowego, rozwoju infrastruktury i programów szkoleniowych ukierunkowanych na rolników, aby sprostać tym wyzwaniom. Poprzez budowanie zaufania, współpracę i zapewnienie równego dostępu, zainteresowane strony mogą zagwarantować, że cyfryzacja gospodarstw rolnych przyniesie korzyści wszystkim, zgodnie z europejskimi celami zrównoważonego rozwoju. Niniejszy dokument zawiera praktyczne wskazówki dla decydentów, liderów agrobiznesu i badaczy, którzy chcą poruszać się po złożonych zagadnieniach związanych z transformacją cyfrową w rolnictwie.

Słowa kluczowe: zalety, wdrażanie technologii rolniczych, dynamika podejmowania decyzji, implikacje ekonomiczne, perspektywy interesariuszy

Kody JEL: O33, O38, Q16, Q38, Q55

[Ⓐ]Autor korespondencyjny: iliopoulos@elgo.gr

1. Wprowadzenie

Cyfryzacja gospodarstw rolnych jest coraz częściej postrzegana jako siła napędowa transformacji we współczesnym rolnictwie, która może przyczynić się do zwiększenia wydajności, efektywności i zrównoważonego rozwoju (np. Ceccarelli *et al.*, 2022; Komisja Europejska, 2021). Dzięki integracji zaawansowanych technologii, takich jak czujniki, drony, robotyka i narzędzia do podejmowania decyzji oparte na danych, cyfryzacja umożliwia rolnikom optymalizację wykorzystania zasobów, poprawę plonów oraz sprostanie pilnym wyzwaniom, takim jak zmiana klimatu i bezpieczeństwo żywnościowe (np. Komisja Europejska, 2020a; Finger, 2023). Jednak wdrażanie technologii cyfrowych nie jest pozbawione złożoności, zwłaszcza gdy spojrzeć na nie z różnych perspektyw interesariuszy zaangażowanych w systemy rolnicze (np. Hilbeck *i in.*, 2022). Rolnicy, dostawcy technologii, decydenci, spółdzielnie i doradcy często podchodzą do cyfryzacji z różnymi oczekiwaniami, priorytetami i obawami, co skutkuje zarówno możliwościami, jak i napięciami (np. Carolan, 2017; Zscheischler *et al.*, 2022). Niniejsze badanie analizuje tę dynamikę, koncentrując się na postrzeganiu przez zainteresowane strony kosztów i korzyści cyfryzacji w rolnictwie.

Pomimo rosnącego zainteresowania cyfryzacją rolnictwa w dyskusjach akademickich i politycznych, wiedza na temat tego, jak interesariusze postrzegają kompromisy związane z tą transformacją, jest ograniczona. Chociaż istniejące badania podkreślają potencjalne korzyści związane z wdrożeniem narzędzi cyfrowych — takie jak usprawnienie procesu podejmowania decyzji, efektywność wykorzystania zasobów i dostęp do rynku (np. Krutilin *et al.*, 2020; Njuguna *i in.*, 2025) — wskazują one również na istotne wyzwania, w tym wysokie koszty początkowe, braki infrastrukturalne, obawy dotyczące bezpieczeństwa danych i nierówny dostęp do technologii (Ajena *i in.*, 2020; Carolan, 2017; de Vries, 2023; Rotz *i in.*, 2019; Stone, 2022). Kwestie te są szczególnie widoczne w kontekście europejskiego sektora rolnego, który charakteryzuje się zróżnicowaną wielkością gospodarstw, systemami produkcji i kontekstami społeczno-gospodarczymi (Unia Europejska, 2020b). Niniejszy artykuł opiera się na tej literaturze i rozszerza ją, badając postrzeganie interesariuszy w 18 żywych laboratoriach w całej Europie, obejmujących szeroki zakres warunków rolniczych i technologii cyfrowych.

Koncepcja żywych laboratoriów – rzeczywistych, zorientowanych na użytkownika ekosystemów innowacji – stanowi unikalną metodologiczną perspektywę dla niniejszego badania. Laboratoria te skupiają rolników i inne zainteresowane strony w celu wspólnego tworzenia i testowania rozwiązań cyfrowych, sprzyjając tworzeniu środowiska sprzyjającego wspólnej nauce i rozwiązywaniu problemów. Analizując wnioski z 18 dyskusji grup fokusowych przeprowadzonych w ramach tych laboratoriów, niniejszy artykuł ujawnia kluczowe spostrzeżenia dotyczące obaw i priorytetów zainteresowanych stron. Szczególną uwagę poświęcono zrozumieniu dynamiki zaufania między rolnikami a innymi zainteresowanymi stronami, wymaganiom dotyczącym zasobów i umiejętności niezbędnych do pomyślnego wdrożenia technologii cyfrowych oraz szerszym implikacjom cyfryzacji dla praktyk rolniczych i systemów zarządzania.

Wyniki przedstawione w niniejszym artykule są nie tylko aktualne, ale także mają kluczowe znaczenie dla kształtowania i wdrażania polityk oraz interwencji wspierających sprawiedliwą i zrównoważoną cyfryzację gospodarstw rolnych. Ponieważ Europa dąży do modernizacji swojego sektora rolnego zgodnie z Europejskim Zielonym Ładem i innymi inicjatywami na rzecz zrównoważonego rozwoju, zrozumienie perspektyw zainteresowanych stron ma zasadnicze znaczenie dla pokonania barier we wdrażaniu i wspieraniu podejścia opartego na współpracy. Niniejszy artykuł ma na celu przyczynienie się do tych wysiłków poprzez przedstawienie szczegółowej analizy kosztów i korzyści cyfryzacji postrzeganych przez różne zainteresowane strony.

W kolejnych sekcjach przedstawiono metodologię zastosowaną w niniejszym badaniu, kluczowe wnioski z dyskusji w grupach fokusowych oraz krytyczną analizę wyników, umieszczając je w szerszym kontekście literatury dotyczącej cyfryzacji gospodarstw rolnych. Na zakończenie artykułu przedstawiono praktyczne zalecenia dla decydentów, twórców technologii i badaczy, podkreślając znaczenie budowania zaufania, rozwoju potencjału i integracyjnego zarządzania w promowaniu cyfryzacji w rolnictwie.

2. Postrzeganie kosztów i korzyści cyfryzacji gospodarstw rolnych: przegląd literatury

Cyfryzacja gospodarstw rolnych stanowi przełomową erę we współczesnym rolnictwie, obejmującą zaawansowane technologie, takie jak precyzyjne narzędzia rolnicze, cyfrowe systemy nawadniania i analizę danych w celu usprawnienia praktyk zarządzania gospodarstwami rolnymi

(np. Hareendran i Albaaji, 2024). Wdrożenie tych innowacji wiąże się z różnorodnymi kosztami i korzyściami, postrzeganymi w różny sposób przez różne grupy interesariuszy, w tym rolników, decydentów, przedsiębiorstwa rolnicze, spółdzielnie, naukowców, konsultantów i innych ekspertów. Niniejszy przegląd literatury bada akademickie spostrzeżenia dotyczące perspektyw interesariuszy w zakresie wdrażania i wpływu (postrzegania kosztów i korzyści) cyfryzacji gospodarstw rolnych.

2.1 Postrzeganie korzyści i możliwości związanych z cyfryzacją

Z ekonomicznego punktu widzenia cyfryzacja umożliwia rolnikom obniżenie kosztów poprzez efektywne wykorzystanie środków produkcji, takich jak woda, nawozy i pestycydy. Ferrari *i in.* (2022) podkreślają, że wdrażanie nowych technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) na obszarach wiejskich ma na celu przede wszystkim obniżenie kosztów oraz zwiększenie wydajności (Barnes *i in.*, 2019; Barrett i Rose, 2022; Van Evert *i in.*, 2017). Na przykład rolnictwo precyzyjne ułatwia monitorowanie upraw w czasie rzeczywistym, umożliwiając ukierunkowane interwencje, które pozwalają oszczędzać zasoby, jednocześnie zwiększając plony. Podobnie, w innym badaniu stwierdzono, że 84% ankietowanych brazylijskich rolników uznało wzrost wydajności za znaczącą zaletę wdrożenia technologii cyfrowych (Bolfe *i in.*, 2020). Ponadto Schroeder *i in.* (2024) stwierdzili, że niemieccy interesariusze postrzegają cyfryzację jako środek służący poprawie wizerunku sektora rolnego, optymalizacji kosztów i zwiększeniu wydajności. Wykazano, że wykorzystanie technologii cyfrowych w zarządzaniu gospodarstwami rolnymi poprawia rentowność przedsiębiorstw rolniczych. Badania przeprowadzone przez Van Evert *et al.* (2017) i Weersink *et al.* (2018) wskazują, że technologie inteligentnego rolnictwa generują wyższy zwrot z inwestycji poprzez poprawę wydajności, zwiększając tym samym rentowność rolników i przynosząc korzyści interesariuszom w całym łańcuchu wartości rolnictwa.

Cyfryzacja oferuje potencjał zwiększenia wydajności gospodarstw rolnych poprzez poprawę dostępu do cennej wiedzy (Klerkx *i in.*, 2019) oraz zwiększenie szybkości i precyzji podejmowania decyzji i stosowanych praktyk (Astill *i in.*, 2020; Eastwood *i in.*, 2019; Klerkx *i in.*, 2019; Rose i Bruce, 2018).

Technologie cyfrowe zmieniają charakter pracy w rolnictwie, zmniejszając zależność od pracy ręcznej, dzięki czemu rolnictwo staje się mniej pracochłonne, a rolnicy mogą skupić się na podejmowaniu strategicznych decyzji. Postępy te stanowią rozwiązanie problemu niedoboru wykwalifikowanej siły roboczej w sektorze rolnym, ponieważ roboty i maszyny w coraz większym stopniu przejmują zadania tradycyjnie wykonywane przez pracowników (Bac *i in.*, 2014; Lowenberg-DeBoer *i in.*, 2020). W sektorze ogrodnictwa Schroeder *et al.* (2024) zaobserwowali, że cyfryzacja poprawiła warunki pracy, zmniejszyła obciążenie fizyczne i pomogła rozwiązać problem niedoboru siły roboczej. Jest to zgodne z szerszymi trendami automatyzacji, w ramach których robotyka i maszyny zastępują pracę ludzką w obszarach o wysokiej intensywności, takich jak szklarnie i produkcja owoców (Carolan, 2020; Rotz *et al.*, 2019). Z perspektywy społeczno-ekonomicznej zalety obejmują zmniejszenie nakładu pracy fizycznej, wzrost wydajności (Ferrari *i in.*, 2022), zmniejszenie uciążliwości zadań i lepsze zarządzanie czasem (Regan, 2019). Giua *i in.* (2022) stwierdzili, że włoscy rolnicy wykazują silną preferencję dla wdrażania inteligentnych technologii rolniczych (SFT), które mają zwiększać wydajność, efektywność kosztową i zrównoważony rozwój, zwłaszcza gdy narzędzia te są przyjazne dla użytkownika i popierane przez zaufane osoby w ich sieciach społecznościowych, takie jak koledzy i inni rolnicy. W przypadku pracowników rolnych integracja technologiczna przyczynia się do poprawy satysfakcji z pracy, zmniejszenia stresu i złagodzenia zadań wymagających dużego wysiłku fizycznego (Schroeder *i in.*, 2022).

Korzyści dla środowiska stanowią istotną zaletę cyfryzacji w rolnictwie. Technologie rolnictwa precyzyjnego zmniejszają wpływ na środowisko poprzez ograniczenie nadmiernego zużycia środków produkcji, które w przeciwnym razie mogą pogorszyć jakość gleby i wody, oferując drogę do zrównoważonego rozwoju środowiska (Edan *i in.*, 2023; Garske *i in.*, 2021; Koutsos i Menexes, 2019). Zanin *i in.* (2022) wykazali, że technologie precyzyjne skutecznie zmniejszyły zużycie pestycydów bez uszczerbku dla plonów. Ponadto automatyzacja ułatwia ukierunkowane i efektywne stosowanie wody i nawozów, wzmacniając zrównoważone praktyki rolnicze (Edan *i in.*, 2023; Garske *i in.*, 2021). Ta automatyczna wydajność, wraz z podstawowymi innowacjami cyfrowymi, takimi jak usługi doradcze oparte na urządzeniach mobilnych, znacząco przyczynia się do zrównoważonej intensyfikacji rolnictwa (Lindblom *i in.*, 2017; Silvestri *i in.*, 2021). Poprzez zwiększenie precyzji i kontroli technologia minimalizuje

długoterminowy wpływ człowieka na ekosystemy, w tym roślinność i populacje zwierząt (da Rosa Righi i in., 2020; Rolandi i in., 2019).

2.2 Postrzeganie kosztów i wyzwań związanych z cyfryzacją

Pomimo licznych zalet, cyfryzacja gospodarstw rolnych wiąże się ze znacznymi kosztami i wyzwaniami. Główną przeszkodą jest obciążenie finansowe związane z wdrażaniem zaawansowanych technologii. Barnes i in. (2019), Regan (2019) oraz Ferrari i in. (2022) podkreślają, że wysokie nakłady początkowe związane z zakupem maszyn, sprzętu i oprogramowania często zniechęcają rolników, zwłaszcza mniejszych producentów o ograniczonych zasobach finansowych. Bolfe i in. (2020) oraz Geppert i in. (2024) zauważyli, że rolnicy w Brazylii i interesariusze w Niemczech wskazali wysokie koszty zakupu maszyn, sprzętu, oprogramowania i łączności jako główne bariery dla powszechnego wdrażania narzędzi cyfrowych. Kwestię tę potwierdza również Schroeder i in. (2024), którzy zauważyli, że większe gospodarstwa rolne czerpią większe korzyści z cyfryzacji i są mniej narażone na wysokie koszty związane z wdrażaniem nowych technologii. Ponadto znaczne koszty początkowe związane z wdrażaniem technologii rolnictwa precyzyjnego pozostają poważnym wyzwaniem dla szerszego zastosowania tych technologii (Barnes i in., 2019; Barrett i Rose, 2022).

Kolejnym istotnym wyzwaniem związanym z cyfryzacją gospodarstw rolnych jest przepaść cyfrowa. Ograniczony dostęp do Internetu na obszarach wiejskich stanowi poważną przeszkodę we wdrażaniu technologii opartych na Internecie rzeczy (IoT), których optymalne działanie wymaga stabilnego połączenia (Bacco i in., 2019). W regionach o słabym lub niestabilnym połączeniu internetowym, takich jak odległe obszary wiejskie, rolnicy doświadczają izolacji i mają trudności z pełnym wykorzystaniem platform cyfrowych (Hackfort, 2021). Problem ten został również zidentyfikowany jako główna przeszkoda we wdrażaniu technologii przez rolników i agencje usług rolniczych zarówno w Niemczech (Geppert i in., 2024), jak i w Afryce Subsaharyjskiej (Choruma i in., 2024). Oprócz wyzwań związanych z łącznością i kosztami, cyfryzacja budzi obawy dotyczące bezpieczeństwa danych i prywatności. W miarę jak sektor rolniczy staje się coraz bardziej zależny od technologii opartych na danych, kwestie związane z własnością, zarządzaniem i bezpieczeństwem danych zyskują na znaczeniu (Ferrari i in., 2022; Geppert i in., 2024). Van der Burg i in. (2019) oraz Regan (2019) zauważają, że niepewność co do kontroli nad danymi rolniczymi może podważyć zaufanie, potencjalnie opóźniając wdrożenie narzędzi inteligentnego rolnictwa. Ponadto istotnym problemem stały się etyczne i społeczne implikacje technologii, w tym ryzyko wykorzystywania danych i monopolizacji rynku przez duże firmy z branży agrotechnicznej (Zscheischler i in., 2022).

Czynniki społeczno-kulturowe mają znaczący wpływ na opór wobec cyfryzacji w rolnictwie. Tradycyjne wartości rolnicze, szczególnie wśród starszych lub mniej obeznanych z technologią grup społecznych, często kolidują z wprowadzaniem nowych technologii. W Irlandii przywiązanie do tradycyjnych praktyk rolniczych i sceptycyzm wobec technologii mogą utrudniać działania na rzecz cyfryzacji (Regan, 2019). Kwestie zaufania dodatkowo komplikują wdrażanie nowych technologii, jak zauważają Van der Burg i in. (2019) w swoim badaniu dotyczącym etyki inteligentnego rolnictwa. Dodatkowe wyzwania obejmują brak cyfrowych procesów komunikacyjnych do przesyłania danych w ramach lokalnych władz i ministerstw, a także utrzymującą się niezgodność między urządzeniami cyfrowymi a istniejącymi technologiami rolniczymi (Geppert i in., 2024). Te bariery kulturowe są często potęgowane przez luki edukacyjne, ponieważ wielu rolników nie posiada umiejętności technicznych niezbędnych do skutecznego korzystania z narzędzi cyfrowych (Ferrari i in., 2022; Robertson i in., 2007). Aby sprostać tym wyzwaniom, Geppert i in. (2024), Ranjan i in. (2022) oraz Kernecker i in. (2020) podkreślają kluczową rolę inicjatyw edukacyjnych i programów szkoleniowych w pokonywaniu przeszkód, z jakimi borykają się rolnicy przy wdrażaniu cyfrowych technologii inteligentnych (DTS).

3. Metodologia

3.1 Gromadzenie danych

W niniejszym badaniu zastosowano podejście jakościowe w celu zbadania postrzegania przez interesariuszy społecznych, ekonomicznych i środowiskowych kosztów oraz korzyści związanych z cyfryzacją gospodarstw rolnych. Dane zebrano podczas 18 spotkań grup fokusowych (FG) przeprowadzonych w 18 laboratoriach żywych (LL) w całej Europie od końca 2023 r. do początku 2024 r.

18 laboratoriów żywych (LL) obejmowało różne europejskie strefy agroekologiczne: laboratoria północne/kontynentalne (np. Niemcy, Belgia) kładły nacisk na precyzyjne narzędzia, podczas gdy laboratoria południowe/śródlądowe (np. Grecja, Włochy) priorytetowo traktowały integrację pracowników. LL zdominowane przez drobnych producentów rolnych (Łotwa, Macedonia Północna) borykały się z poważnymi barierami kosztowymi, w przeciwieństwie do LL bogatych w spółdzielnie (Francja, Hiszpania), gdzie wspólne platformy łagodziły ryzyko. Kluczowe cechy technologii cyfryzacji każdego laboratorium żywego podsumowano w załączniku (tabela A1).

Grupy fokusowe zostały zorganizowane w taki sposób, aby zebrać opinie interesariuszy na temat wyzwań i możliwości związanych z postępującą cyfryzacją gospodarstw rolnych, w tym konkretnych kosztów, korzyści i przewidywanych problemów w przyszłości. Kolejna runda spotkań grup fokusowych jest planowana na 2025 r., aby uchwycić dynamiczną ewolucję tych postrzegania.

Uczestnicy zostali wybrani przez liderów LL zgodnie z kryteriami mającymi na celu zapewnienie różnorodności pod względem wieku, płci, pełnionych funkcji zawodowych i poziomu wpływów. W grupach fokusowych znaleźli się rolnicy (z doświadczeniem w cyfryzacji gospodarstw rolnych i bez takiego doświadczenia), decydenci polityczni, doradcy rolniczy oraz inni specjaliści, tacy jak dostawcy technologii i naukowcy. Każda grupa składała się z 6–10 uczestników, a spotkanie trwało 45–90 minut. Moderatorami byli przeszkoleni facylitatorzy, którzy dbali o stworzenie sprzyjającej atmosfery do otwartej i szczerej dyskusji. Krótkie raporty podsumowujące spostrzeżenia zostały przygotowane wkrótce po każdym wydarzeniu i wraz z przetłumaczonymi transkrypcjami zostały niezależnie zweryfikowane przez dwóch badaczy w celu zapewnienia spójności.

W lipcu i wrześniu 2023 r. przeprowadzono dwie sesje szkoleniowe online dla liderów i moderatorów LL, prowadzone przez doświadczonych badaczy. Pierwsza sesja zawierała wskazówki dotyczące identyfikacji i zapraszania interesariuszy, tworzenia sprzyjającego środowiska do dyskusji oraz przygotowań logistycznych. Druga sesja skupiała się na skutecznym moderowaniu dyskusji i sporządzaniu raportów po wydarzeniu. Aby zapewnić spójność między LL, przekazano szczegółowe instrukcje, w tym listę pytań częściowo ustrukturyzowanych. Wcześniej zespół badawczy uzyskał zgodę komisji etycznej swojej organizacji.

Dyskusje w grupach fokusowych dotyczyły takich tematów, jak wpływ cyfryzacji na działalność rolniczą, zrównoważony rozwój środowiska, dochody i dobrobyt, równouprawnienie płci oraz związane z tym koszty i korzyści. Moderatorzy zostali poinstruowani, aby zapewnić anonimowość uczestników i po każdej sesji sporządzać podsumowanie najważniejszych wniosków. Transkrypcje lub szczegółowe notatki, przetłumaczone na język angielski, zostały następnie przekazane zespołowi badawczemu.

Po zebraniu danych od każdej grupy fokusowej transkrypcje i notatki z podsumowań zostały podzielone na kategorie według kraju i Living Lab (LL). Trzech badaczy udokumentowało koszty i korzyści ekonomiczne, społeczne i środowiskowe wskazane w odpowiedziach uczestników, a także problemy przewidywane w związku z postępującą cyfryzacją rolnictwa. Każdy badacz prowadził dokumentację niezależnie, a wyniki zostały zweryfikowane w celu zapewnienia dokładności. Wpisy obejmowały zawody uczestników oraz szczegóły dotyczące technologii cyfryzacji gospodarstw rolnych wprowadzonych w każdym LL.

Metodologia miała na celu analizę dyskusji w grupach fokusowych, aby zrozumieć postrzeganie kosztów i korzyści cyfryzacji gospodarstw rolnych przez interesariuszy. Analiza została przeprowadzona zgodnie z zasadami analizy danych tematyczno-treściowych, zapewniając dokładną analizę danych jakościowych (Blakeman *et al.*, 2013).

Analiza danych obejmowała otwarte kodowanie i kategoryzację w oparciu o pytania badawcze. Transkrypcje zostały przeczytane wielokrotnie w celu zidentyfikowania kluczowych tematów związanych z perspektywami uczestników (Adler i Clark, 2011). Słowa i frazy uczestników zostały pogrupowane w kategorie tematyczne, a tematy zostały wywnioskowane indukcyjnie z tematów dyskusji (ekonomiczne, społeczne i środowiskowe koszty i korzyści cyfryzacji). Dwóch badaczy przeprowadziło niezależne przeglądy, odnotowując frazy i pomysły dotyczące każdego pytania. Następnie współpracowali oni w celu stworzenia i udoskonalenia głównych i drugorzędnych kategorii tematycznych. Ten proces współpracy zapewnił, że zidentyfikowane tematy dokładnie odzwierciedlały poglądy uczestników na temat kosztów i korzyści cyfryzacji gospodarstw rolnych.

Podsumowanie pojawiających się tematów i innych ustaleń zostało przesłane uczestnikom do zatwierdzenia. Nie poprawili oni ani nie wskazali żadnych nie uwzględnionych tematów.

W niniejszym artykule wszystkie cytaty uczestników są zaznaczone kursywą, a respondent jest identyfikowany według living lab oraz, w miarę możliwości, zawodu, płci i wieku. Skróty dotyczące poszczególnych zawodów wymieniono w tabeli 1.

Tabela 1. Kluczowe cechy uczestników grup fokusowych.

A/A	LL	Płeć	Wiek (średnia)	Wykształcenie	Zawód
1	Agdibi LL	Kobieta (7×), Mężczyzna (6×)	34	Licencjat (1×), Magister (6×), doktor (4×)	FM (2×), Rolnik (1×), SE (2×), VT (2×), PA (2×), AS (1×),
2	Agrifood ILVO LL	Kobieta (1×), Mężczyzna (9×)	39	Licencjat (2×), Magister (5×), doktor (2×)	FA (1×), rolnik (4×), TP (2×), DP (1×), PA (1×)
3	Agroekologia LL	–	–	–	DIP (1×), FA (2×), TP (3×), RE (2×), IC (1×), CF (2×), PO (2×)
4	Appetit LL	Kobieta (5×), Męska (5×)	–	–	Rolnicy (4×), PM (4×), DV (1×)
5	Sad LL	–	–	–	–
6	Łąka Etykieta LL	–	–	–	–
7	Grecki LL	(9×)	–	–	–
8	Szklarnia LL	(7×)	–	–	FA (1×), Rolnik (1×), PM (1×), profesor (1×), TP (2×), TPM (2×)
9	Hutton LL	Kobieta (5×), Mężczyzna (4×)	–	–	FA (1×), Rolnik (5×), Spółdzielnia (1×), PA (3×)
10	LL Gleba Skaner	Kobieta (1×), Męski (7×)	38	Magister (5×), Doktor (3×)	FA (1×), Rolnik (3×), SE (1×), PM (1×), NGO (1×)
11	Łotwa LL	–	–	–	–
12	Lit Ouesterel	Kobieta (1×), Mężczyzna (4×)	37	Poziom A (1×), magister (3×), Doktorat (1×)	Weterynarz (1×), Rolnik (1×), asystent nauczyciela (2×), nauczyciel religii (1×)
13	Nowa edukacja LL	Kobieta (7×), Mężczyzna (5×)	43	–	FA (2×), Rolnik (5×), PM (4×), ISE (1×)
14	Occitanum Owca LL	Samica (7×), Mężczyzna (14×)	45	Poziom A (7×), licencjat (6×) Magister (7×), Doktor (1×)	FA (6×), rolnik (10×), DA (3×), R&D (2×)
15	Occitanum Viti LL	Kobieta (4×), Męska (8×)	38	Poziom A (2×), Licencjat (4×) Magister (6×)	FA (7×), Rolnik (4×), Badania i rozwój (1×)
16	Pecorino Toscana	(14×)	–	–	RE (2×), Rolnik (3×), TA (3×), profesor (2×), FA (3×), PR (1×)
17	Ramas LL	Kobieta (6×), Mężczyzna (4×)	35	Licencjat (7×), Magister (2×), doktor (1×)	RE (2×), Rolnik (3×), FA (1×), PM (3×), SE (1×)
18	Intelligentne Wioski	Kobieta (4×), Mężczyźni (4×)	38	Poziom A (3×), licencjat (3×) Magister (1×), Doktor (1×)	RE (2×), rolnik (3×), FA (2×), PA (1×)

FM, kierownik gospodarstwa rolnego; SE, ekspert społeczny; VT, nauczyciel zawodu; PA, doradca ds. polityki; AS, student kierunków rolniczych; FA, doradca rolniczy; TP, dostawca technologii; DP, pilot dronów; DIP, platforma cyfryzacji; RE, badacz; IC, centrum innowacji; CF, firma konsultingowa; PO, organizacja producentów; PM, decydent polityczny; DV, rozwój; TPM, kierownik ds. produktów technicznych; TA, doradca techniczny; ISE, ekspert ds. systemów nawadniających; DA, doradca ds. cyfryzacji; PR, przedstawiciel Pecorino; SE, ekspert ds. zrównoważonego rozwoju.

4. Wyniki

W dyskusjach grup fokusowych wzięło udział łącznie 148 osób. Mediana wieku wynosiła 48 lat (zakres od 22 do 57 lat). Siedemdziesięciu uczestników (47,30%) określiło się jako kobiety, a 48 (20,27%) jako mężczyźni, natomiast pozostałych 30 uczestników (20,28%) nie ujawniło swojej płci. Zawody reprezentowane w próbie wymieniono w tabeli 1. W dyskusji na temat korzyści płynących z cyfryzacji gospodarstw rolnych pojawiły się trzy kluczowe tematy, natomiast w dalszej dyskusji na temat kosztów cyfryzacji ujawniono dziewięć odrębnych tematów.

4.1 Postrzeganie korzyści płynących z cyfryzacji gospodarstw rolnych

Korzyści płynące z cyfryzacji skupiają się wokół usprawnienia działalności, otwarcia nowych możliwości biznesowych oraz redefinicji społecznego i zawodowego wizerunku rolnictwa. Najbardziej wyróżniały się oszczędność czasu i wsparcie w podejmowaniu decyzji, często pokrywające się z szerszymi celami dotyczącymi wydajności i konkurencyjności (tabela 2).

Czas

Temat czasu pojawił się wyraźnie w dyskusjach grup fokusowych, podkreślając transformacyjny potencjał cyfryzacji w praktykach rolniczych poprzez podejmowanie decyzji opartych na danych, wzrost wydajności i wykorzystanie danych w czasie rzeczywistym. Uczestnicy z różnych krajów konsekwentnie podkreślali zdolność danych w czasie rzeczywistym i automatyzacji do ograniczenia nakładu pracy ręcznej, usprawnienia planowania i wspierania szybszego podejmowania decyzji. Te spostrzeżenia sugerują, że postrzegane korzyści czasowe wynikające z cyfryzacji są zarówno praktyczne, jak i strategiczne, przyczyniając się bezpośrednio do długoterminowej zrównoważonej działalności gospodarstw rolnych. Ilustrujące cytaty dotyczące tego tematu znajdują się w tabeli A2 w załączniku.

Nowe modele biznesowe w rolnictwie

Cyfryzacja umożliwia transformację modeli biznesowych w europejskim rolnictwie, usprawniając procesy decyzyjne, zrównoważony rozwój i wydajność dzięki precyzyjnym technologiom, takim jak czujniki i analiza danych. Innowacje te poprawiają wydajność (np. zoptymalizowane systemy żywienia zwierząt we Francji, skanery gleby na Węgrzech), jednocześnie modernizując wizerunek rolnictwa, aby przyciągnąć różnorodne talenty i rynki. Oprócz korzyści operacyjnych narzędzia cyfrowe sprzyjają bezpośredniemu zaangażowaniu konsumentów i praktykom cyrkularnym, sygnalizując przejście od czystej produkcji do przedsiębiorstw rolniczych opartych na wartościach i odpornych na zmiany. Ilustrujące cytaty dotyczące tego tematu znajdują się w tabeli A3 w załączniku.

Dobrze jest być rolnikiem cyfrowym

Pojawienie się technologii cyfrowych zmieniło sektor rolniczy, oferując znaczące postępy. Narzędzia cyfrowe sprawiają, że rolnictwo staje się bardziej atrakcyjnym, wydajnym i zrównoważonym zawodem. Kluczowe korzyści obejmują większą satysfakcję z pracy, usprawnienie działalności i większą integrację — pomagając w modernizacji rolnictwa.

Tabela 2. Tematy i podtematy grup fokusowych: korzyści płynące z cyfryzacji gospodarstw rolnych

Temat	Podtematy
Czas	Podejmowanie decyzji w oparciu o dane; wzrost wydajności; usprawnione planowanie i zarządzanie dzięki danym w czasie rzeczywistym
Nowe modele biznesowe	Ulepszone podejmowanie decyzji i zarządzanie; zrównoważony rozwój i bezpieczeństwo; wydajność i uproszczenie; konkurencyjność i produktywność
Dobrze jest być rolnikiem	Atrakcyjność zawodu i poczucie przynależności; wizualizacja i przejrzystość; efektywność i szybkość działania administracji; integracja i współpraca; zdrowsza produkcja i zrównoważona

wizerunek i zaangażowanie młodszych pokoleń. Postępy te pokazują, w jaki sposób technologia może ożywić sektor, jednocześnie wspierając zrównoważony rozwój środowiskowy i społeczny. Ilustrujące cytaty dotyczące tego tematu znajdują się w tabeli A4 w załączniku.

W odniesieniu do tematów efektywności czasowej, nowych modeli biznesowych i tożsamości zawodowej korzyści płynące z cyfryzacji są powszechnie uznawane. Jednak wiele z tych korzyści zależy od skutecznego wdrożenia, zaufania do systemów oraz zdolności gospodarstw rolnych – zwłaszcza tych mniejszych – do dostosowania się. Warunki te często zapowiadają wyzwania omówione w kolejnej sekcji.

4.2 Postrzeganie kosztów cyfryzacji gospodarstw rolnych

W dyskusjach grup fokusowych na temat kosztów cyfryzacji gospodarstw rolnych wyróżniono dziewięć głównych tematów: kwestie zaufania, wyzwania związane z czasem i zasobami, ryzyko związane z cyfryzacją gospodarstw rolnych, zmieniająca się rola rolników, kwestie energetyczne, własność i zarządzanie, kwestie dostępu, informacje potrzebne do podejmowania decyzji oraz wsparcie państwa i edukacja (tabela 3).

Kwestie zaufania w cyfryzacji gospodarstw rolnych

Bariery zaufania znacznie utrudniają cyfryzację rolnictwa, ponieważ rolnicy często podchodzą sceptycznie do rządów, dostawców technologii i konsultantów. Obawy dotyczą zarówno nieodpowiedniej infrastruktury i ukrytych kosztów, jak i niewiarygodnego wsparcia posprzedażowego, co tworzy dynamikę „my kontra oni”. Przywrócenie zaufania będzie wymagało przejrzystej komunikacji, projektów zorientowanych na użytkownika i widocznej niezawodności, aby dostosować priorytety interesariuszy i umożliwić pomyślne wdrożenie technologii. Cytaty ilustrujące ten temat znajdują się w tabeli A5 w załączniku.

Wyzwania związane z czasem i zasobami

Małe gospodarstwa rolne stoją przed nieproporcjonalnymi wyzwaniami związanymi z wdrażaniem rolnictwa cyfrowego, w tym ograniczoną liczbą pracowników, stromą krzywą uczenia się i nieodpowiednią infrastrukturą. Podczas gdy większe przedsiębiorstwa mogą sprostać tym wymaganiom, zatrudniając specjalistów, mniejsi producenci często uważają, że narzędzia cyfrowe powodują więcej komplikacji niż korzyści ze względu na problemy z interoperacyjnością, szybkie starzenie się i słabą łączność. Ukierunkowane programy wsparcia, uproszczone technologie i ulepszona infrastruktura wiejska są niezbędne, aby cyfryzacja była opłacalna dla gospodarstw rolnych każdej wielkości. Ilustrujące cytaty dotyczące tego tematu znajdują się w tabeli A6 w załączniku.

Tabela 3. Tematy i podtematy grup fokusowych: Koszty cyfryzacji gospodarstw rolnych

Temat	Podtematy
Kwestie zaufania w cyfryzacji gospodarstw rolnych	Kwestie zaufania między rolnikami a rządami; kwestie zaufania między rolnikami a dostawcami technologii; kwestie zaufania między rolnikami a konsultantami; kluczowe obawy i niepokoje; informacje i podejmowanie decyzji
Wyzwania związane z czasem i zasobami	Potrzeba nowych zasobów ludzkich; obawy związane z teorią krzywej uczenia się; starzenie się technologii; infrastruktura niezbędna do cyfryzacji; czas inwestycji
Ryzyko związane z cyfryzacją gospodarstw rolnych	Ryzyko ekonomiczne; ryzyko operacyjne; niezawodność technologiczna i starzenie się technologii; bezpieczeństwo danych i ryzyko prywatności; praktyczne zastosowanie i odporność użytkowników
Zmieniająca się rola rolników	Odejście od tradycyjnego rolnictwa; nowa wizja rolnictwa; umiejętności potrzebne w nowoczesnym rolnictwie; przestarzałość tradycyjnych umiejętności; nowe formy współpracy
Własność i zarządzanie	Kto płaci/jest właścicielem; kto kontroluje; kto czerpie korzyści; odpowiedzialność za straty

Ryzyko związane z cyfryzacją rolnictwa

Wdrożenie technologii cyfrowych w rolnictwie napotyka na znaczne przeszkody, w tym obciążenia ekonomiczne, przestarzałość technologiczną, ryzyko związane z bezpieczeństwem danych i złożoność operacyjną. Szczególnie narażone są mniejsze gospodarstwa, które borykają się z wysokimi kosztami początkowymi, wymaganiami konserwacyjnymi i wyzwaniem związanym z integracją. Dodatkowo zgodność z przepisami i opór przed zmianą praktyk dodatkowo utrudniają wdrażanie nowych rozwiązań. Aby zapewnić sprawiedliwą cyfryzację, decydenci i dostawcy muszą zająć się tymi problemami poprzez wsparcie finansowe, szkolenia, technologie interoperacyjne i przejrzyste ramy zarządzania. Przykładowe cytaty dotyczące tego tematu znajdują się w tabeli A7 w załączniku.

Zmieniająca się rola rolników

Cyfryzacja zmienia rolę rolników, przenosząc punkt ciężkości z pracy fizycznej na umiejętności hybrydowe w zakresie zarządzania technologią i współpracy opartej na danych. Chociaż transformacja ta zwiększa wydajność, niesie ze sobą ryzyko oderwania rolników od tradycyjnej pracy w polu i wymaga ciągłego podnoszenia kwalifikacji, aby nadążyć za ewoluującymi narzędziami. Pomyślna adaptacja zależy od systemów wsparcia, które łączą tradycyjną wiedzę specjalistyczną z kompetencjami cyfrowymi, sprzyjając tworzeniu platform współpracy i promując uczenie się przez całe życie — zapewniając zrównoważony rozwój rolnictwa bez utraty jego podstawowych praktyk. Cytaty ilustrujące ten temat znajdują się w tabeli A8 w załączniku.

Własność i zarządzanie

Cyfryzacja gospodarstw rolnych rodzi istotne pytania dotyczące zarządzania w zakresie podziału kosztów, kontroli i podziału korzyści między zainteresowane strony. Rolnicy borykają się z obciążeniami finansowymi i niepewnością co do własności technologii, praw do danych i odpowiedzialności za ryzyko, obawiając się, że przedsiębiorstwa rolnicze mogą czerpać nieproporcjonalnie duże korzyści. Aby zapewnić sprawiedliwy udział wszystkich podmiotów w transformacji cyfrowej i ograniczyć ryzyko, potrzebne są jasne ramy zarządzania, sprawiedliwe modele finansowania i polityka ochronna. Cytaty ilustrujące ten temat znajdują się w tabeli A9 w załączniku.

Dyskusje w grupach fokusowych na temat kosztów cyfryzacji gospodarstw rolnych ujawniły wielowymiarowy obraz wyzwań, od kwestii zaufania i zarządzania po ograniczenia zasobów i bariery dostępu. Tematy te podkreślają złożoną wzajemną zależność między postępem technologicznym a kontekstem strukturalnym, społecznym i gospodarczym, w którym jest on wdrażany. W poniższej sekcji przedstawiono syntezę wyników badań, umieszczając je w szerszym kontekście dyskusji w celu zbadania ich implikacji i potencjalnych kierunków dalszych działań.

5. Dyskusja

Wyniki dyskusji w grupach fokusowych podkreślają znaczące korzyści, jakie cyfryzacja gospodarstw rolnych przynosi sektorowi rolniczemu, zwłaszcza w zakresie zwiększenia efektywności podejmowania decyzji, wspierania zrównoważonego rozwoju i umożliwiania powstawania innowacyjnych modeli biznesowych. Analiza porównawcza ujawnia zarówno wspólne, jak i unikalne spostrzeżenia w 18 laboratoriach Living Labs, które są zgodne z istniejącą literaturą i stanowią jej rozszerzenie.

Aby wzmocnić zgodność z istniejącą literaturą naukową, w niniejszej sekcji omówiono, w jaki sposób nasze ustalenia potwierdzają lub podważają wyniki wcześniejszych badań. Na przykład, podczas gdy Van Evert *i in.* (2017) oraz Ferrari *i in.* (2022) podkreślali korzyści płynące z rolnictwa precyzyjnego w zakresie wydajności, nasze wyniki wskazują na regionalne niuanse — takie jak nacisk na przejrzystość w Europie Południowej — które rozszerzają zakres ich wniosków. Podobnie, podczas gdy Eastwood *i in.* (2019) omawiają oparte na chmurze systemy doradztwa rolniczego, nasze ustalenia wskazują na luki w zaufaniu instytucjonalnym, które pozostają nierozwiązane, zwłaszcza w kontekście drobnych producentów rolnych. Te spostrzeżenia sugerują, że zaufanie i użyteczność pozostają niedostatecznie rozwiniętymi aspektami w obecnej literaturze.

Temat czasu pojawił się jako jedna z głównych zalet cyfryzacji. Uczestnicy z całej Europy podkreślali, jak dane w czasie rzeczywistym i narzędzia oparte na sztucznej inteligencji przyspieszają procesy decyzyjne, usprawniają działania i zwiększają precyzję planowania. Wyniki te pokrywają się z ustaleniami Ferrari *i in.* (2022), którzy podkreślają

zdolność do skrócenia czasu poświęcanego na powtarzalne zadania i poprawy zarządzania zasobami. Konkretnie przykłady, takie jak nacisk Francji na wiarygodność danych w czasie rzeczywistym i wykorzystanie sztucznej inteligencji przez Niemcy do przetwarzania dużych zbiorów danych, ilustrują praktyczne zastosowania tych korzyści. Podobnie Bolfe *i in.* (2020) odnotowali wzrost wydajności wynikający z usprawnienia procesu podejmowania decyzji dzięki technologiom cyfrowym.

Wyniki te są zgodne z modelem akceptacji technologii (TAM) (Davis, 1989) i teorią dyfuzji innowacji (Rogers, 2003), które zakładają, że postrzegana użyteczność i łatwość użytkowania mają kluczowe znaczenie dla przyjęcia technologii. Nacisk na oszczędność czasu i wzrost wydajności odzwierciedla podstawową koncepcję TAM dotyczącą postrzeganej użyteczności, podczas gdy regionalne różnice w priorytetach wdrażania (np. wydajność techniczna a inkluzywność) są zgodne z naciskiem Rogersa na zgodność z lokalnymi wartościami. Jednak utrzymujące się bariery związane z kosztami i zaufaniem wskazują na luki w tych ramach, sugerując potrzebę zintegrowania teorii zaufania instytucjonalnego (Feldman i Quick, 2009) i podejścia opartego na zasobach (Barney, 1991) w celu wyjaśnienia różnic w stopniu wykorzystania cyfryzacji. Ta synteza teoretyczna podkreśla, że same korzyści są niewystarczające; czynniki strukturalne i percepcyjne pośredniczą w przekładaniu potencjału na praktykę.

Ponadto interesariusze na Węgrzech i we Włoszech podkreślili, że cyfryzacja nie tylko pozwala zaoszczędzić czas, ale także zwiększa przejrzystość i odpowiedzialność. Potwierdza to wniosek Van Everta *i innych* (2017), że technologie rolnictwa precyzyjnego poprawiają szybkość i dokładność podejmowania decyzji, umożliwiając terminowe interwencje. Ponadto Schroeder *i in.* (2024) zaobserwowali podobne korzyści w Niemczech, gdzie interesariusze uznali cyfryzację za narzędzie do zarządzania złożonością i optymalizacji pracy.

Cyfryzacja sprzyja powstawaniu nowych modeli biznesowych, które stawiają na pierwszym miejscu wydajność, zrównoważony rozwój i konkurencyjność, co potwierdziły dyskusje. Innowacje, takie jak rolnictwo precyzyjne i zintegrowane platformy danych, rewolucjonizują działalność rolniczą. Na przykład uczestnicy z Francji wskazali na wzrost rentowności dzięki precyzyjnym systemom dostarczania paszy, natomiast interesariusze z Węgier omówili rolę skanerów gleby w optymalizacji stosowania nawozów. Wyniki te są zgodne z opinią Rose'a i Bruce'a (2018), którzy podkreślają, że technologie inteligentnego rolnictwa przyczyniają się do wyższych zwrotów z inwestycji i większej odporności gospodarczej.

Nacisk na zrównoważony rozwój w dyskusjach odpowiada również wynikom badań takich jak Edan *et al.* (2023), które łączą technologie precyzyjne z mniejszym wpływem na środowisko. Nacisk polskich interesariuszy na identyfikowalność zwiększającą bezpieczeństwo żywności odzwierciedla wyniki badań Zanin *et al.* (2022), którzy wykazali potencjał narzędzi cyfrowych w zakresie minimalizacji stosowania pestycydów bez uszczerbku dla plonów. Ponadto potencjał narzędzi cyfrowych w zakresie przyciągania nowych talentów, zwłaszcza młodszego pokolenia i kobiet, potwierdza Schroeder *et al.* (2024), którzy udokumentowali, w jaki sposób cyfryzacja zmienia wizerunek rolnictwa i jego siłę roboczą.

Dyskusje ujawniły również, w jaki sposób narzędzia cyfrowe promują integrację i współpracę, w szczególności poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na pracę fizyczną i wspieranie współpracy za pośrednictwem wspólnych platform. Uczestnicy z Grecji i Włoch podkreślili dostępność rolnictwa dla kobiet i młodzieży, co potwierdza Regan (2019), który zauważa, że integracja technologiczna zmniejsza uciążliwość zadań i poprawia satysfakcję z pracy. Ponadto korzyści dla środowiska, takie jak efektywne wykorzystanie zasobów i zmniejszenie zużycia środków chemicznych, są zgodne z opinią Garske *i in.* (2021), co wzmacnia rolę cyfryzacji w promowaniu zrównoważonych praktyk rolniczych.

Wyniki te zapewniają szczegółowe zrozumienie korzyści płynących z cyfryzacji gospodarstw rolnych, potwierdzając wcześniejsze badania, a jednocześnie podkreślając różnice regionalne i praktyczne przykłady, które wzbogacają naszą wiedzę na temat jej potencjału transformacyjnego. Wyniki podkreślają również złożoną wzajemną zależność postrzegania kosztów cyfryzacji gospodarstw rolnych, kształtowaną przez względy finansowe, czasowe, operacyjne i społeczne. W 18 laboratoriach żywych interesariusze – zwłaszcza rolnicy – konsekwentnie zgłaszali obawy dotyczące ekonomicznych i nieekonomicznych kosztów związanych z transformacją cyfrową. Wyniki te odzwierciedlają i rozszerzają istniejące badania dotyczące obciążeń finansowych i operacyjnych związanych z wdrażaniem technologii rolniczych, rzucając jednocześnie światło na perspektywy interesariuszy.

W dyskusjach dominowały kwestie ekonomiczne, a rolnicy podkreślali znaczne nakłady finansowe wymagane do wdrożenia i utrzymania technologii cyfrowych. Jest to zgodne z badaniami przeprowadzonymi przez Klerkxa *i innych* (2019) oraz Bronsona (2021), którzy podobnie wskazali wysokie koszty początkowe i bieżące wydatki na utrzymanie jako istotne bariery we wdrażaniu technologii cyfrowych w rolnictwie. Rolnicy prowadzący mniejsze gospodarstwa szczególnie głośno wyrażali swoje obawy dotyczące przystępności cenowej, zauważając, że podczas gdy większe gospodarstwa mogą pokryć koszty zatrudniając wyspecjalizowany personel, mniejsze gospodarstwa często nie mają środków na takie inwestycje. Ta dysproporcja odzwierciedla wyniki badań naukowych, które podkreślają pogłębiającą się przepaść w zakresie wdrażania technologii między małymi i dużymi gospodarstwami, przyczyniając się do nierównomiernej cyfryzacji systemów rolniczych (Regan, 2020).

Warto zwrócić uwagę na dodatkową kwestię poruszoną przez grupy fokusowe, a mianowicie obawy związane z przestarzałością technologiczną. Rolnicy obawiają się, że szybki postęp technologiczny sprawi, że ich inwestycje staną się przestarzałe w ciągu kilku lat, co nie zostało szeroko omówione we wcześniejszych badaniach. Na przykład, podczas gdy poprzednie badania dotyczyły ryzyka finansowego związanego z wdrażaniem nowych technologii, mniej uwagi poświęcono temu, w jaki sposób tempo zmian technologicznych pogłębia to ryzyko. Doświadczenia rolników sugerują, że pilnie potrzebne są strategie mające na celu zwiększenie trwałości i adaptacyjności narzędzi cyfrowych.

Wyniki podkreślają również znaczące koszty nieekonomiczne cyfryzacji, zwłaszcza pod względem czasu i wymaganych umiejętności. Rolnicy wyrazili frustrację z powodu stromych krzywych uczenia się i dodatkowego nakładu pracy związanego z technologiami cyfrowymi, takimi jak zarządzanie danymi i konserwacja urządzeń. Wyniki te są zgodne z analizą Eastwooda *i innych* (2017), którzy stwierdzili, że czasochłonny charakter wdrażania i wykorzystywania narzędzi cyfrowych często zniechęca rolników do ich stosowania. Jednak niniejsze badanie idzie dalej, podkreślając związek między ograniczeniami czasowymi a poczuciem tożsamości zawodowej rolników. Wielu uczestników ubolewało nad przejściem od praktycznej pracy w gospodarstwie do zadań wykonywanych przy użyciu ekranów, które postrzegają jako alienujące.

Kolejnym powracającym tematem była potrzeba ciągłego szkolenia i podnoszenia kwalifikacji. Podobnie jak w przypadku ustaleń Higginsa *i innych* (2017), uczestnicy podkreślali znaczenie wyposażenia rolników w kompetencje cyfrowe. Jednak dyskusje w grupach fokusowych pogłębiają tę dyskusję, ujawniając, jak zwłaszcza mniejsze gospodarstwa mają trudności z nadążaniem za tymi wymaganiami. Podkreśla to potrzebę dostosowanych programów szkoleniowych i mechanizmów wsparcia, które odpowiadają na wyjątkowe wyzwania stojące przed gospodarstwami różnej wielkości i w różnych kontekstach.

Dyskusje ujawniły również znaczne koszty społeczne, zwłaszcza kwestie związane z zaufaniem, które dodatkowo komplikują proces wdrażania technologii cyfrowych. Rolnicy wyrazili sceptycyzm wobec dostawców technologii, rządów, a nawet konsultantów, powołując się na obawy dotyczące przejrzystości, ukrytych kosztów i braku niezawodnego wsparcia posprzedażowego. Wyniki te są zgodne z badaniami przeprowadzonymi przez Rotza *i innych* (2019), które podkreślają rolę zaufania w kształtowaniu gotowości rolników do wdrażania nowych technologii. Jednak stopień nieufności zgłaszany w grupach fokusowych wydaje się być szczególnie wyraźny, co wskazuje na pilną potrzebę wprowadzenia bardziej przejrzystych i odpowiedzialnych praktyk przez podmioty zaangażowane w proces cyfryzacji.

Warto zauważyć, że wyzwania związane z zaufaniem krzyżują się również z obawami ekonomicznymi, ponieważ rolnicy postrzegają ukryte koszty i nieefektywność jako zagrożenie dla swojej stabilności finansowej. Kruchość zaufania, ujęta w stwierdzeniu „Zaufanie rolnika trudno zdobyć, a łatwo stracić”, podkreśla delikatną równowagę wymaganą do wspierania współpracy i zaufania w procesie transformacji cyfrowej. Wyniki te sugerują, że rozwiązanie problemów związanych z zaufaniem powinno stanowić podstawę strategii mających na celu ułatwienie wdrażania technologii cyfrowych w rolnictwie.

Chociaż ekonomia kosztów transakcyjnych (TCE) oferuje cenne narzędzia do projektowania systemów zarządzania mających na celu eliminowanie zagrożeń związanych z umowami, a tym samym łagodzenie problemów związanych z brakiem zaufania, nasze dane sugerują, że może to być niewystarczające. Istotną rolę odgrywają również emocjonalne i moralne aspekty zaufania. Rolnicy konsekwentnie zgłaszali obawy dotyczące sprawiedliwości, przejrzystości i wsparcia posprzedażowego — elementów wykraczających poza formalne zarządzanie. Połączenie perspektyw zarządzania relacyjnego i zaufania instytucjonalnego może zapewnić bardziej kompleksowe ramy dla przyszłych badań i projektowania polityki.

Wyniki badań podkreślają potrzebę wielotorowego podejścia w celu złagodzenia postrzeganych kosztów cyfryzacji gospodarstw rolnych. Zachęty finansowe, takie jak dotacje lub niskoprocentowane pożyczki, mogłyby pomóc zrównoważyć początkowe nakłady inwestycyjne i koszty utrzymania, szczególnie w przypadku mniejszych gospodarstw. Jednocześnie wspieranie współpracy między rolnikami, dostawcami technologii i decydentami politycznymi ma zasadnicze znaczenie dla budowania zaufania i opracowywania rozwiązań zorientowanych na użytkownika. Równie istotne dla zmniejszenia obciążeń operacyjnych są ulepszenia infrastruktury, takie jak poprawa łączności internetowej i integracja systemów cyfrowych.

Ponadto wyniki podkreślają znaczenie programów edukacyjnych i szkoleniowych dostosowanych do różnorodnych potrzeb rolników. Programy takie powinny koncentrować się nie tylko na umiejętnościach technicznych, ale także na budowaniu zaufania rolników do korzystania z narzędzi cyfrowych. Wreszcie, rozwiązanie problemu starzenia się technologii poprzez modułowe i możliwe do aktualizacji rozwiązania mogłoby złagodzić obawy przed zmarnowaniem inwestycji, zapewniając, że narzędzia cyfrowe pozostaną aktualne i opłacalne w miarę upływu czasu.

Kilka kategorii — w tym współpraca, infrastruktura technologiczna i transformacja rynku pracy — okazało się zarówno korzyścią, jak i kosztem w różnych laboratoriach życia. Ta dwoistość odzwierciedla kontekstowe uwarunkowania. Na przykład, podczas gdy współpraca była postrzegana jako korzystna w Hiszpanii ze względu na silne struktury kooperacyjne, w bardziej indywidualistycznych kontekstach, takich jak Niemcy czy Wielka Brytania, była ona postrzegana jako uciążliwa. Podkreśla to znaczenie jakości zaangażowania interesariuszy i regionalnych zdolności instytucjonalnych jako kluczowych czynników moderujących postrzeganie.

Dla menedżerów spółdzielni, firm zajmujących się technologią rolniczą i dostawców usług rolniczych wyniki tego badania podkreślają znaczenie inwestowania w długoterminowe relacje, projektowanie zorientowane na użytkownika i przejrzystość. Menedżerowie powinni priorytetowo traktować interoperacyjność między platformami, wspierać wielojęzyczne i przystępne dla osób o niskim poziomie umiejętności czytania i pisanie interfejsy oraz tworzyć modele cenowe dostosowane do potrzeb użytkowników na małą skalę. Podobnie doradcy i konsultanci powinni rozważyć włączenie do swoich strategii zaangażowania działań budujących zaufanie, takich jak wspólna ocena lub pilotażowe projekty partycypacyjne.

Badanie to stanowi rozszerzenie istniejącej literatury, zapewniając zróżnicowane zrozumienie finansowych, czasowych i społecznych kosztów cyfryzacji gospodarstw rolnych z perspektywy wielu interesariuszy. Wyniki podkreślają znaczenie sprawiedliwego i integracyjnego podejścia do transformacji cyfrowej, zapewniającego wszystkim interesariuszom w sektorze rolnym dostęp do korzyści płynących z cyfryzacji oraz ich trwałość.

Prezentujemy następujące szczegółowe strategie dostosowane do poszczególnych interesariuszy, mające na celu złagodzenie postrzeganych kosztów i zwiększenie sprawiedliwych korzyści płynących z cyfryzacji gospodarstw rolnych (tabela 4).

Tabela 4. Zalecenia

Zidentyfikowane wyzwania	Kluczowi interesariusze	Konkretna strategia
Wysokie koszty początkowe	Rolnicy, spółdzielnie, decydenci polityczni	Dotacje na infrastrukturę cyfrową; programy zakupów grupowych; modele usług wspólnych
Deficyt zaufania	Rolnicy, dostawcy technologii, Doradcy	Procesy projektowania partycypacyjnego; niezależna certyfikacja narzędzi; długoterminowe umowy wsparcia
Zarządzanie niejasność	Spółdzielnie, związki rolnicze, Decydenci polityczni	Zarządzanie danymi przez rolników; przejrzystość w zakresie własności platformy
Cyfrowa przepaść	Drobni rolnicy, lokalne władze	Rozbudowa sieci szerokopasmowej na obszarach wiejskich; narzędzia kompatybilne z trybem offline; wdrożenie mobilnych jednostek szkoleniowych i wsparcia
Potrzeby szkoleniowe	Usługi doradcze, organizacje pozarządowe	Opracowanie szkoleń modułowych; promowanie wzajemnego uczenia się poprzez rolników-mistrzów

Badanie to ma kilka ograniczeń metodologicznych i kontekstowych. Po pierwsze, podejście oparte na grupach fokusowych, choć cenne dla uzyskania interaktywnych spostrzeżeń, jest z natury kształtowane przez dynamikę grupy, styl moderatora i potencjalne tendencyjność rekrutacji — np. nadmierną reprezentację pierwszych użytkowników lub członków spółdzielni, co może wypaczyć wyniki w kierunku bardziej optymistycznych perspektyw (Acocella, 2012). Ponadto, chociaż priorytetowe traktowanie heterogeniczności w grupach pomogło zidentyfikować wspólne doświadczenia, mogło to zaciemnić subtelne różnice między podgrupami interesariuszy. Po drugie, ponieważ badanie obejmowało wiele regionów Europy, procesy tłumaczenia i transkrypcji, pomimo rygorystycznych protokołów, mogły osłabić subtelne niuanse kulturowe lub językowe. Wreszcie, przekrojowy charakter badania ogranicza naszą zdolność do oceny ewolucji postrzegania w czasie; badania longitudinalne wzmocniłyby wnioski dotyczące związków przyczynowych. Podobnie jak wszystkie badania jakościowe, wyniki te wymagają interpretacji kontekstowej w połączeniu z szerszą literaturą, aby ocenić ich ogólną przydatność, szczególnie biorąc pod uwagę zróżnicowane uwarunkowania regionalne i operacyjne rolnictwa.

6. Wnioski

Wyniki dyskusji grup fokusowych przeprowadzonych w całej Europie pokazują, że cyfryzacja w rolnictwie ma potencjał transformacyjny, oferując znaczące korzyści w zakresie oszczędności czasu, wydajności i pojawienia się nowych modeli biznesowych. Chociaż narzędzia cyfrowe są powszechnie uznawane za swoją rolę w usprawnianiu procesu podejmowania decyzji opartego na danych, poprawie precyzji planowania i wspieraniu zrównoważonych praktyk, ich zastosowanie i postrzegane korzyści różnią się w zależności od regionu. Kraje północnej i środkowej Europy często priorytetowo traktują wydajność techniczną i precyzję, podczas gdy regiony południowej Europy kładą nacisk na integrację, dostosowanie do rynku i modernizację. Rosnące przekonanie, że „dobrze jest być cyfrowym rolnikiem”, dodatkowo podkreśla, w jaki sposób cyfryzacja przekształca rolnictwo w bardziej atrakcyjny i integracyjny zawód, pomagając zmniejszyć intensywność pracy, poprawić równowagę między życiem zawodowym a prywatnym oraz promować zrównoważony rozwój środowiska. Jednak pomimo tych postępów nadal istnieją poważne wyzwania, szczególnie dotyczące kosztów, zaufania i równego dostępu do narzędzi cyfrowych.

Badanie to pokazuje, że cyfryzacja w rolnictwie ma potencjał transformacyjny, ale jej koszty, korzyści i postrzeganie są głęboko uzależnione od kontekstu. Warunki regionalne, dynamika zaufania i modele zarządzania wpływają na to, czy narzędzia cyfrowe są postrzegane jako wzmacniające pozycję rolników, czy też jako uciążliwe. Aby cyfryzacja gospodarstw rolnych przyczyniała się do zwiększenia zrównoważonego rozwoju, integracji społecznej i konkurencyjności w całej Europie, ramy polityczne muszą uwzględniać te lokalne realia. Przyszłe badania powinny skupiać się na długoterminowych wynikach i wspólnym projektowaniu praktyk, które wzmacniają pozycję rolników i zaufanie.

Postrzeganie kosztów związanych z cyfryzacją gospodarstw rolnych odzwierciedla złożoną grę barier finansowych, technicznych i społecznych. Zainteresowane strony z 18 laboratoriów żywych wyraziły obawy dotyczące wysokich kosztów początkowych, bieżących wydatków na utrzymanie oraz przepaści cyfrowej między większymi i mniejszymi gospodarstwami. Brak niezawodnej infrastruktury, nieufność wobec dostawców technologii oraz obciążenia związane z przestrzeganiem przepisów prawnych były powracającymi problemami, które utrudniały wdrażanie narzędzi cyfrowych. Aby sprostać tym wyzwaniom, niezbędne jest ukierunkowane wsparcie finansowe, inwestycje w infrastrukturę oraz przejrzysta komunikacja między zainteresowanymi stronami. Ponadto promowanie integracji, poprawa bezpieczeństwa danych i praktyk dotyczących własności oraz tworzenie platform współpracy w celu dzielenia się zasobami mogą pomóc w zapewnieniu, że korzyści płynące z cyfryzacji będą dostępne dla wszystkich rolników, niezależnie od wielkości gospodarstwa lub lokalizacji. Usunięcie tych barier ma kluczowe znaczenie dla pełnego wykorzystania potencjału cyfryzacji w rolnictwie i promowania zrównoważonej, sprawiedliwej transformacji w całym europejskim sektorze rolnym.

Podziękowania

Badania opisane w niniejszym artykule zostały sfinansowane przez CODECS, który otrzymał dofinansowanie z programu badań i innowacji Unii Europejskiej „Horyzont Europa” w ramach umowy o dotację nr 101060179. Poglądy i opinie wyrażone w niniejszym dokumencie są wyłącznie poglądami i opiniami autorów i nie muszą odzwierciedlać poglądów Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Badań Naukowych (REA). Ani Unia Europejska, ani organ przyznający dotację nie ponoszą za nie odpowiedzialności. Autorzy oświadczają, że nie występuje konflikt interesów.

Referencje

- Abdulai, A.R., J. Pulido-Castanon, E.R. Duncan, S.L. Ruder, K. Bahadur K.C. i E. Fraser. 2024. Czy cyfryzacja rolnictwa przyniesie względne korzyści w zakresie jakości pracy, wydajności, rentowności, zwrotu z inwestycji i niezawodności? Postrzeganie kanadyjskich producentów. *Cogent Food and Agriculture* 10 (1): 2422529. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2422529>
- Acocella, I. 2012. Grupy fokusowe w badaniach społecznych: zalety i wady. *Jakość i ilość* 46: 1125–1136. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9600-4>
- Adler, E. S. i R. Clark. 2011. *Zaproszenie do badań społecznych: jak to się robi*. Cengage Learning, Andover.
- Ajena, F., N. Bossard, C. Clément, A. Hilbeck, B. Oehen, J. Thomas i E. Tisseli. 2020. *Agroekologia i cyfryzacja — pułapki i możliwości transformacji systemu żywnościowego*. IFOAM Organics Europe, Bruksela, Belgia. Dostępne online pod adresem https://www.organicseurope.bio/content/uploads/2022/06/IFOAMEU_Agroecology_Digitalization_2020.pdf
- Astill, J., R. A. Dara, E. D. Fraser, B. Roberts i S. Sharif. 2020. Inteligentne zarządzanie drobiem: inteligentne czujniki, duże zbiory danych i internet rzeczy. *Komputery i elektronika w rolnictwie* 170: 105291. <https://doi.org/10/ggztptk>
- Bac, C. W., E. J. van Henten, J. Hemming i Y. Edan. 2014. Roboty do zbioru upraw o wysokiej wartości: przegląd najnowszych osiągnięć i wyzwania na przyszłość. *Journal of Field Robotics* 31(6): 888–911. <https://doi.org/10.1002/rob.21525>
- Bacco, M., P. Barsocchi, E. Ferro, A. Gotta i M. Ruggeri. 2019. Cyfryzacja rolnictwa: przegląd badań nad inteligentnym rolnictwem. *Array* 3–4: 100009. <https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100009>
- Barnes, A. P., I. Soto, V. Eory, B. Beck, A. Balafoutis, B. Sánchez i M. Gómez-Barbero. 2019. Badanie wdrażania technologii rolnictwa precyzyjnego: międzyregionalowe badanie rolników z UE. *Land Use Policy* 80: 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.004>
- Barney, J. 1991. Zasoby przedsiębiorstwa a trwała przewaga konkurencyjna. *Journal of Management* 17(1): 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Barrett, H. i D. C. Rose. 2022. Postrzeganie czwartej rewolucji rolniczej: co jest modne, co nie, i jakich konsekwencji można się spodziewać? *Sociologica Ruralis* 62(2): 162–189. <https://doi.org/10.1111/soru.12324>
- Blakeman, K., K. Samuelson i J. McEvoy. 2013. *Techniki analizy danych jakościowych*. Sage Publications.
- Bolfe, É.L., L.A. de Castro Jorge, I. Del'Arco Sanches, A.L. Júnior, C.C. da Costa, D. de Castro Victoria, R.Y. Inamasu, C.R. Grego, V.R. Ferreira i A.R. Ramirez. 2020. Rolnictwo precyzyjne i cyfrowe: wdrażanie technologii i postrzeganie przez brazylijskich rolników. *Rolnictwo* 10(12): 653. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120653>
- Carolan, M. 2017. Zarządzanie agrodigitalne a samo życie: polityka żywnościowa na styku kodu i afektu. *Sociologia Ruralis* 57: 816–835. <https://doi.org/10.1111/soru.12153>
- Carolan, M. 2020. Zautomatyzowana przyszłość agrobiznesu: robotyka, praca i polityka dystrybucji w rolnictwie cyfrowym. *The Journal of Peasant Studies* 47(1): 184–207. <https://doi.org/10.1080/03066150.2019.1584189>
- Ceccarelli, T., A. Chauhan, G. Rambaldi, I. Kumar, C. Cappello, S. Janssen i M. McCampbell. 2022. Wykorzystanie automatyzacji i cyfryzacji w rolnictwie precyzyjnym: dowody z badań przypadków. Badanie techniczne FAO dotyczące ekonomiki rozwoju rolnictwa, nr 24. FAO, Rzym. Dostępne online pod adresem <https://openknowledge.fao.org/items/0533e090-2a77-43e8-b371-d27e32e0529c>
- Choruma, D.J., T.L. Dirwai, M. Mutenje, M. Mustafa, V.G.P. Chimonyo, I. Jacobs-Mata i T. Mabhaudhi. 2024. Cyfryzacja w rolnictwie: przegląd technologii stosowanych w praktyce, wyzwań i możliwości dla drobnych rolników w Afryce Subsaharyjskiej. *Journal of Agriculture and Food Research* 18: 101286. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101286>
- Da Costa, C.C., D.D.C. Victoria, R.Y. Inamasu, C.R. Grego, V.R. Ferreira i A.R. Ramirez. 2020. Rolnictwo precyzyjne i cyfrowe: wdrażanie technologii i postrzeganie przez brazylijskich rolników. *Rolnictwo* 10: 653. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120653>

- Da Rosa Righi, R., G. Goldschmidt, R. Kunst, C. Deon i C.A. da Costa. 2020. W kierunku połączenia prognozowania danych i internetu rzeczy w celu zarządzania produkcją mleka u krów mlecznych. *Komputery i elektronika w rolnictwie* 169: 105156. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105156>
- Davis, F.D. 1989. Postrzegana użyteczność, postrzegana łatwość użytkowania i akceptacja technologii informacyjnej przez użytkowników. *MIS Quarterly* 13(3): 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- de Vries, J.D., J.A. Turner, S. Finlay-Smiths, A. Ryan i L. Klerkx. 2023. Zaufanie w łańcuchach wartości rolno-spożywczych: przegląd systematyczny. *International Food and Agribusiness Management Review* 26(2): 175–197. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2022.0032>
- Eastwood, C., M. Ayre, R. Nettle i B. Dela Rue. 2019. Sens w chmurze: usługi doradcze dla gospodarstw rolnych w przyszłości inteligentnego rolnictwa. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 1–10. <https://doi.org/10/ghfnrd>
- Edan, Y., G. Adamides i R. Oberti. 2023. Automatyzacja rolnictwa. W: *Springer Handbook of Automation*. Springer, Cham, str. 1055–1078. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96729-1_49
- Komisja Europejska. 2020a. *Pilotażowe projekty na dużą skalę w zakresie cyfryzacji rolnictwa. 26 października 2020 r.* Komisja Europejska, Bruksela. Dostępne online pod adresem <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/duze-projekty-pilotazowe-cyfryzacja-rolnictwa>
- Komisja Europejska. 2020b. *Statystyki dotyczące rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa, wydanie z 2020 r.* Komisja Europejska, Bruksela. Dostępne online pod adresem <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/12069644/KS-FK-20-001-EN-N.pdf>
- Komisja Europejska. 2021. *Transformacja cyfrowa w rolnictwie i na obszarach wiejskich.* Komisja Europejska, Bruksela. Dostępne online pod adresem https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/factsheet-agri-practices-under-ecoscheme_en.pdf
- Feldman, M.S. i K.S. Quick. 2009. Generowanie zasobów i ożywianie struktur poprzez integracyjne zarządzanie publiczne. *International Public Management Journal* 12(2): 137–171. <https://doi.org/10.1080/10967490902873408>
- Ferrari, A., M. Bacco, K. Gaber, A. Jedlitschka, S. Hess, J. Kaipainen, P. Koltsida, E. Toli i G. Brunori. 2022. Czynniki napędzające, bariery i skutki cyfryzacji na obszarach wiejskich z punktu widzenia ekspertów. *Information and Software Technology* 145: 106816. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106816>
- Finger, R. 2023. Cyfrowe innowacje na rzecz zrównoważonych i odpornych systemów rolniczych. *European Review of Agricultural Economics* 50(4): 1277–1309. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad021>
- Garske, B., A. Bau i F. Ekardt. 2021. Cyfryzacja i sztuczna inteligencja w europejskim rolnictwie: strategia osiągnięcia celów w zakresie klimatu i różnorodności biologicznej? *Sustainability* 13(9): 4652. <https://doi.org/10.3390/su13094652>
- Geppert, R., T. Krachunova, I. Mouratiadou, J. von der Nuell i S. D. Bellingrath-Kimura. 2024. Technologie cyfrowe i inteligentne służące zwiększeniu różnorodności biologicznej w krajobrazach rolniczych: analiza postrzegania przez zainteresowane strony możliwości i wyzwań związanych z szerszym wdrożeniem tych technologii. *Wskaźniki środowiskowe i zrównoważonego rozwoju* 23: 100444. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100444>
- Giua, C., V. C. Materia i L. Camanzi. 2022. Wdrażanie technologii inteligentnego rolnictwa: jakie czynniki odgrywają rolę w transformacji cyfrowej? *Technologia w społeczeństwie* 68: 101869. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101869>
- Hackfort, S. 2021. Patterns of inequalities in digital agriculture: a systematic literature review. *Sustainability* 13: 101869. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101869>
- Hareendran, A. i G.F. Albaaji. 2024. Rolnictwo precyzyjne na rzecz zrównoważonego rozwoju: model inteligencji rolniczej. *Komputery i elektronika w rolnictwie* 226: 109386. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>
- Hilbeck, A., H. McCarrick, E. Tisselli, J. Pohl i D. Kleine. 2022. *Dostosowanie cyfryzacji do zasad agroekologicznych w celu wsparcia programu transformacji.* Seria dokumentów roboczych ECDF nr 003. EDCF, Berlin. <https://doi.org/10.14279/depositonce-16472>
- Javaid, M., A. Haleem, R.P. Singh i R. Suman. 2022. Ulepszanie inteligentnego rolnictwa poprzez zastosowanie technologii Rolnictwo 4.0. *International Journal of Intelligent Networks* 3: 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>
- Kernecker, M., A. Knierim, A. Wurbs, T. Kraus, F. Borges. 2020. Doświadczenie a oczekiwania: postrzeganie przez rolników technologii inteligentnego rolnictwa w systemach upraw w Europie. *Rolnictwo precyzyjne* 21: 34–50. <https://doi.org/10.1007/s11119019-09651-z>

- Klerkx, L., E. Jakku i P. Labarthe. 2019. Przegląd badań społecznych dotyczących rolnictwa cyfrowego, inteligentnego rolnictwa i rolnictwa 4.0: nowe osiągnięcia i przyszłe kierunki badań. *Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 1–16. <https://doi.org/10/gg7vs6>
- Koutsos, T. i G. Menexes. 2019. Korzyści ekonomiczne, agronomiczne i środowiskowe wynikające z zastosowania technologii rolnictwa precyzyjnego: przegląd systematyczny. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems* 10(1): 40–56. <https://doi.org/10.4018/IJAEIS.2019010103>
- Krutilin, A.A., A.M. Bazieva, T.A. Dugina i A.T. Giyazov. 2022. Zrównoważone rolnictwo dla bezpieczeństwa żywnościowego: ramy koncepcyjne i korzyści płynące z cyfryzacji. W: E.G. Popkova i B.S. Sergi (red.) *Zrównoważone rolnictwo. Ślad środowiskowy i ekologiczne projektowanie produktów i procesów*. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8731-0_4
- Lindblom, J., C. Lundström, M. Ljung i A. Jonsson. 2017. Promowanie zrównoważonej intensyfikacji w rolnictwie precyzyjnym: przegląd rozwoju systemów wspomagania decyzji i strategii. *Rolnictwo precyzyjne* 18(3): 309–331. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9491-4>
- Lowenberg-DeBoer, J., I.Y. Huang, V. Grigoriadis i S. Blackmore. 2020. Ekonomia robotów i automatyzacji w produkcji roślin uprawnych. *Rolnictwo precyzyjne* 21(2): 278–299. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5>
- Njuguna, E., T. Daum, R. Birner i J. Mburu. 2025. Silicon Savannah i rolnictwo drobnych producentów: w jaki sposób cyfryzacja może przyczynić się do zrównoważonej transformacji rolnictwa w Afryce? *Agricultural Systems* 222: 104180. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104180>
- Ranjan, P., E.M. Usher, H.T. Bates, E.K. Zimmerman, J.C. Tyndall, C.J. Morris, T.M. Koontz, L.S. Prokopy. 2022. Zrozumienie barier i możliwości rozpowszechniania narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji w rolnictwie: perspektywa organizacyjna. *Journal of Hydrology* 607: 127584. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127584>
- Regan, Á. 2019. „Inteligentne rolnictwo” w Irlandii: badanie postrzegania ryzyka z udziałem kluczowych podmiotów zarządzających. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 90: 100292. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.02.003>
- Robertson, M., B. Isbister, I. Maling, Y. Oliver, M. Wong, M. Adams, B. Bowden i P. Tozer. 2007. Możliwości i ograniczenia zarządzania zmiennością przestrzenną w obrębie pól uprawnych w produkcji zbóż w Australii Zachodniej. *Field Crops Research* 104(1–3): 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.12.013>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*, wydanie piąte. Free Press, Londyn.
- Rolandi, S., G. Brunori, M. Bacco i I. Scotti. 2021. Cyfryzacja rolnictwa i obszarów wiejskich: w kierunku taksonomii skutków. *Zrównoważony rozwój* 13(9): 5172. <https://doi.org/10.3390/su13095172>
- Rose, D.C. i T.J.A. Bruce. 2018. Znaleźnienie właściwego połączenia: co decyduje o sukcesie systemu wspomagania decyzji? *Food and Energy Security* 7(1): e00123. <https://doi.org/10/ggt3w2>
- Rotz, S., E. Gravely, I. Mosby, E. Duncan, E. Finnis, M. Horgan, J. LeBlanc, R. Martin, H.T. Neufeld, A. Nixon, L. Pant, V. Shalla i E. Fraser. 2019. Zautomatyzowane pastwiska i przepaść cyfrowa: Jak technologie rolnicze kształtują rynek pracy i społeczności wiejskie. *Journal of Rural Studies* 68: 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.01.023>
- Schroeder, S., L. Mira i K. Sparke. 2024. Zagrożenie czy szansa? – Postrzeganie automatyzacji i cyfryzacji w sektorze ogrodnictwa przez menedżerów i pracowników. *Procedia Computer Science* 232: 564–573. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.056>
- Schroeder, S., M. Lehberger i K. Sparke. 2022. Wpływ cyfryzacji i automatyzacji na pracowników sektora ogrodnictwa – systematyczny przegląd literatury i badania terenowe. *Journal of Rural Studies* 95: 560–569. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.09.016>
- Silvestri, S., M. Richard, E. Edward, D. Dharmesh i R. Dannie. 2021. Cyfryzacja w rolnictwie: Jak radio i SMS mogą zwiększyć udział drobnych rolników w zrównoważonych praktykach i technologiach intensyfikacji rolnictwa opartych na roślinach strączkowych w Tanzanii. *International Journal of Agricultural Sustainability* 19(5–6): 583–594. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1750796>
- Stone, G.D. 2022. Rolnictwo monitorowane a autonomia chłopów. *Journal of Agrarian Change* 22(3): 608–631. <https://doi.org/10.1111/joac.12470>

- Van der Burg, S., M.J. Bogaardt i S. Wolfert. 2019. Etyka inteligentnego rolnictwa: aktualne pytania i kierunki odpowiedzialnych innowacji na przyszłość. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 90: 100289. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.01.001>
- Van Evert, F.K., D. Gaitán-Cremaschi, S. Fountas i C. Kempenaar. 2017. Czy rolnictwo precyzyjne może zwiększyć rentowność i zrównoważony charakter produkcji ziemniaków i oliwek? *Sustainability* 9(10): 1863. <https://doi.org/10.3390/su9101863>
- Vik, J., E.P. Stræte, B.G. Hansen i T. Nærland. 2019. Robot polityczny – strukturalne konsekwencje stosowania automatycznych systemów dojenia (AMS) w Norwegii. *Wageningen Journal of Life Sciences* 90–91: 1–9. <https://doi.org/10.ghfnrj>
- Weersink, A., E. Fraser, D. Pannell, E. Duncan i S. Rotz. 2018. Szanse i wyzwania związane z wykorzystaniem dużych zbiorów danych w analizie rolniczej i środowiskowej. *Annual Review of Resource Economics* 10(1): 19–37. <https://doi.org/10/ggt3ws>
- Zanin, A.R.A., D.C. Neves, L.P.R. Teodoro, C.A. da Silva Júnior, S.P. da Silva, P.E. Teodoro i F.H.R. Baio. 2022. Ograniczenie stosowania pestycydów dzięki precyzyjnemu opryskiwaniu w czasie rzeczywistym. *Scientific Reports* 12(1): 5638. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09607-w>
- Zscheischler, J., R. Brunsch, S. Rogga i R.W. Scholz. 2022. Postrzegane ryzyko i słabe punkty związane z wykorzystaniem cyfryzacji i danych cyfrowych w rolnictwie – społecznie solidne orientacje wynikające z procesu transdyscyplinarnego. *Journal of Cleaner Production* 358: 132034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132034>

Załącznik

Tabela A1. Charakterystyka 18 laboratoriów żywych (LL) objętych niniejszym badaniem

Nazwa LL (kraj)	Dominująca wielkość gospodarstwa	Główny obszar cyfryzacji	Główni interesariusze	Wyzwania regionalne
Agdibi LL (Niemcy)	Mała skala	Precyzyjne monitorowanie produkcji roślinnej	Rolnicy, dostawcy technologii, nauczyciele zawodu	Urbanizacja
Agrifood ILVO (Belgia)	Na dużą skalę	Zautomatyzowane zarządzanie uprawami	Rolnicy, dostawcy technologii	Interoperacyjność danych
Agroekologia LL (Hiszpania)	Mieszane	Zrównoważone praktyki przyjęcie	Dostawcy technologii, doradcy ds. polityki	Struktura danych i dostępność
Appetit LL (Polska)	Mała skala	Tworzenie lokalnych rynków	Rolnicy, przetwórcy, detaliści	Logistyka i sprzedaż
Orchard LL (Czechy)	Mieszane	Zbieranie za pomocą robotów	Rolnicy, inżynierowie robotyki	Brak skutecznych danych i wsparcia decyzyjnego narzędzi
Etykieta „Grassland” (łotewski)	Małe średnie	Monitorowanie pastwisk aplikacje	Hodowcy bydła mlecznego, jednostki certyfikujące	Łączność na obszarach wiejskich
Grecki LL (Grecja)	Drobni rolnicy	Opryskiwanie za pomocą dronów efektywność	Rolnicy, doradcy, badacze	Brak wsparcia i informacji
Szklarnia LL (Serbia)	Klimatyzacja	Kontrola klimatu automatyzacja	Rolnicy, doradcy, badacze	Koszty energii
Hutton LL (Szkocja)	Małe	Narzędzia cyfrowe i platformy	Badacze, nowocześni rolnicy	Problemy związane z obsługą cyfrową
LL Soil Scanner (Węgry)	Mieszane	Składniki odżywcze zarządzanie	Rolnicy, doradcy rolniczy	Łączność internetowa
Łotwa LL (Łotwa)	Mała skala	Wzmocnienie pozycji rynkowej pozycji	Rolnicy produkujący na własne potrzeby	Wyludnienie obszarów wiejskich

Tabela A1. Ciąg dalszy.

Lit Ouest (Francja)	Mała skala	Poprawa dobrostanu świń	Weterynarze, rolnicy	Struktura techniczna i problemy
New Edu LL (Słowacja)	Mieszane	Automatyczne nawadnianie	Rolnicy, decydenci polityczni	Klimat
Owce rasy Occitanum (Francja)	Średni	Automatyczny pomiar narzędzia	Rolnicy, doradcy	zmiany klimatyczne – warunki
Occitanum Viti (Francja)	Małe średni	Pieniądże i czas Zarządzanie	Doradcy ds. uprawy ekologicznej winorośli	Tereny górskie
Pecorino Toscano (Włochy)	Mieszane	Wydajność owiec zarządzania	doradcy Rolnicy, doradcy techniczni	Ograniczenia
Ramas LL (Północ Macedonia)	System doradczy	System doradczy	doradcy Rolnicy, doradcy, decydenci	Warunki klimatyczne
Inteligentne wioski (Słowenia)	Mała skala	Wiejskie inicjatywy szerokopasmowe Inicjatywy	Władze lokalne, rolnicy, doradcy	Zmniejszenie populacji hodowców owiec
				Łączność wyzwania

Wielkość gospodarstwa jest klasyfikowana na podstawie progów Eurostatu (np. małe, <10 ha; średnie, 10–50 ha; duże, >50 ha). Dostosowanie polityki: powiązania ze strategiami krajowymi/unijnymi wymienionymi w grupach fokusowych. Wyzwania wynikają z transkrypcji grup fokusowych.

Tabela A2. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: czas

Podtemat	Przykładowe cytaty
Podejmowanie decyzji w oparciu o dane	„Narzędzia cyfrowe pomagają w szybkim i skutecznym przekazywaniu informacji”. „Wiarygodne dane pomagają w podejmowaniu decyzji w odpowiednim czasie”. „Wnioski oparte na danych mogą pomóc w podejmowaniu decyzji, lepszym zarządzaniu paszą, a tym samym w oszczędzaniu nakładów w gospodarstwie”. „Za każdym razem tworzony jest nowy plik Excel, a wszystko można połączyć za pomocą trzech kliknięć”. „Sztuczna inteligencja może przetwarzać surowe dane, aby odpowiedzieć na szeroki zakres pytań w bardzo krótkim czasie”.
Wzrost wydajności	„Precyzyjne stosowanie środków produkcji w oparciu o dane w czasie rzeczywistym może prowadzić do oszczędności kosztów”. „Wskaźniki ekonomiczne można śledzić w sposób bardziej przejrzysty w formie cyfrowej, dzięki czemu decyzje można podejmować szybciej”. „Efektywność ekonomiczna, lepszy dostęp do informacji, decyzje oparte na danych oraz szybkie i przyjazne dla użytkownika usługi”. „Tworzenie archiwum do produkcji spersonalizowanych kanałów informacyjnych jest czasochłonne... Proponowana aplikacja mogłaby ułatwić transfer danych, znacznie skracając czas potrzebny na to zadanie”.
Ulepszone planowanie i zarządzanie dzięki danym w czasie rzeczywistym	„Narzędzia cyfrowe pomagają przyspieszyć planowanie na cały rok i w perspektywie długoterminowej”. „Informacje w czasie rzeczywistym są niezbędnym aspektem pomyślnego wdrożenia RAMAS”. „Wszystko, co można połączyć z danymi, będzie korzystne dla systemu”. „Wyobraźmy sobie, że mamy 2000 hektarów upraw pomidorów, nie potrzebujemy 1000 hektarów pomidorów... można to również w pewnym stopniu zarządzać za pomocą danych”.

Tabela A3. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: nowe modele biznesowe

Podtemat	Przykładowe cytaty
Usprawnione podejmowanie decyzji i zarządzanie	„Dostarczanie odpowiedniej ilości [paszy] owcom, które jej potrzebują... pozwala na oszczędności”. (Francuski rolnik) „Narzędzia cyfrowe pomagają rolnikom zoptymalizować płodozmian i system nawadniania, co ostatecznie prowadzi do uzyskania wyższych plonów”. (Uczestnik z Grecji)
Zrównoważony rozwój i bezpieczeństwo	„Technologia skanera gleby może przyczynić się do zwiększenia dochodów rolników... poprzez umożliwienie bardziej efektywnego zarządzania procesami produkcyjnymi, optymalizację stosowania nawozów i zwiększenie plonów”. (Ekspert ds. gleby, Węgry) „Platformy cyfrowe służą do monitorowania łańcuchów dostaw i zapewniania bezpieczeństwa żywności, a jednocześnie ułatwiając jednocześnie identyfikowalność”. (Organizator rynku z Polski)
Wydajność i uproszczenie	„Narzędzia cyfrowe są „komercyjną bronią spółdzielni”, pomagającą efektywnie śledzić zapasy, zarządzać harmonogramami produkcji i komunikować się z klientami”. (Hiszpański doradca biznesowy) „Rozwiązania cyfrowe pomagają osiągnąć większą skalę sprzedaży i obniżyć koszty, a ostatecznie poprawiając kondycję finansową”. (Organizator rynku z Polski)
Zaangażowanie i nowoczesny wizerunek	„Następne pokolenie będzie oczekiwać, że w biznesie będzie obecny element cyfrowy, co może stanowić okazję do stworzenia nowych rodzajów miejsc pracy, miejsc pracy o wyższej wartości w tym sektorze”. (Szkocki decydent polityczny) „Narzędzia cyfrowe mogą sprawić, że rolnictwo stanie się bardziej atrakcyjne dla młodszych pokoleń i kobiet, ponieważ istnieją aplikacje przyjazne dla użytkownika”. (Uczestnik z Grecji)
Konkurencyjność i wydajność	„Narzędzia cyfrowe pozwalają rolnikom dotrzeć do klienta końcowego bez pośredników, zwiększając marżę zysku i zasięg rynkowy”. (Polski rolnik) „Innowacje cyfrowe mają kluczowe znaczenie dla osiągnięcia przewagi konkurencyjnej w sektorze rolnym”. (hiszpański doradca biznesowy)

Tabela A4. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: dobrze jest być rolnikiem cyfrowym

Podtemat	Przykładowe cytaty
Atrakcyjność zawodu i poczucie przynależności	„Rolnictwo cyfrowe może zmodernizować wizerunek rolnictwa w oczach opinii publicznej i umożliwić bardziej konstruktywną komunikację”. (Kierownik ds. upraw, Francja) „Narzędzia cyfrowe pomagają młodym ludziom odnaleźć poczucie przynależności do sektora rolnego , oferując dynamiczne, nowoczesne możliwości kariery”. (Uczestnik z Grecji)
Wizualizacja i przejrzystość	„Platformy cyfrowe oferują dane w czasie rzeczywistym, które pozwalają wizualizować działalność rolniczą, ułatwiając łatwiejsze śledzenie produkcji i trendów rynkowych”. (Polski rolnik) „Przejrzystość działalności rolniczej i podejmowanych decyzji dzięki narzędziom cyfrowym pozwala na lepsze zarządzanie i podejmowanie decyzji”. (Węgierski rolnik)
Efektywność i szybkość	„Narzędzia cyfrowe mogą łączyć pracę biurową z pracą w terenie, co pomaga zwiększyć wydajność i przyspiesza procesy administracyjne”. (Kierownik ds. upraw, Francja) „Korzystamy z narzędzi cyfrowych, aby szybciej przetwarzać wnioski, minimalizując opóźnienia i skracając czasu reakcji”. (Hiszpański urzędnik ds. rolnictwa)
Integracja społeczna i współpraca	„Narzędzia cyfrowe mogą sprawić, że rolnictwo stanie się bardziej atrakcyjne dla młodszych pokoleń i kobiet, ponieważ istnieją przyjazne dla użytkownika aplikacje”. (Uczestnik z Grecji) „Współpraca jest lepsza, bo platformy cyfrowe pozwalają rolnikom dzielić się danymi i doświadczeniami, tworząc bardziej sprzyjające współpracy środowisko”. (Doradca rolniczy z Macedonii Północnej)
Zdrowsza produkcja i zrównoważony rozwój	„Narzędzia cyfrowe pomagają zoptymalizować zarządzanie zasobami, co prowadzi do zdrowszego i bardziej zrównoważonym praktykom rolniczym” (francuski rolnik). „Zaawansowane narzędzia cyfrowe pomagają rolnikom ograniczyć stosowanie pestycydów, co prowadzi do zdrowszego upraw i bardziej zrównoważoną produkcję”. (Węgierski ekspert ds. gleby)

Tabela A5. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: kwestie zaufania w cyfryzacji rolnictwa

Podtemat	Przykładowe cytaty
Kwestie zaufania wśród rolników i rządów	„Brakuje nam infrastruktury niezbędnej do cyfryzacji”; „Mały rolnik potrzebuje wizji, a nie technologii”; „... często nauka nowych technologii lub cyfryzacji wymaga czasu i energii ...”.
Problemy z zaufaniem wśród rolników i dostawców technologii dostawcami	„Są bardzo dobrzy w sprzedaży. ... Mogą przyjeżdżać kilka razy, aby dokonać naprawy. Ale potem na tym się kończy”; „Ale dlaczego przetwarzanie danych z dronów trwa tak długo?”; „Technologia ma wiele możliwości, ale nie jest zbyt dostępna dla rolników”.
Problemy z zaufaniem między rolnikami a konsultantami	„Myślę, że rola agronoma stanie się bardzo ważna”; „Zaufanie rolnika trudno zdobyć, a łatwo stracić. Jeśli narzędzie wykrywające działa 9 razy poprawnie i 1 raz nieprawidłowo w gospodarstwie, ta „wiadomość” szybko rozprzestrzenia się wśród rolników”.
Najważniejsze obawy i niepokoje	„Koszt usługi (nieznany)”; „... jeśli rolnicy muszą przejść na technologie cyfrowe, istnieje zbyt wiele platform, które nie komunikują się ze sobą, aby rolnicy mogli zachować przegłądu sytuacji”.
Podejmowanie decyzji dotyczących informacji i podejmowania decyzji	„Innowacje muszą być przedstawione [rolnikom] w przystępny sposób”; „... krzywa uczenia się jest zbyt stroma, aby rolnicy mogli się tego wszystkiego nauczyć/wykonać”.

Tabela A6. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: wyzwania związane z czasem i zasobami

Podtemat	Przykładowe cytaty
Potrzeba nowych zasobów ludzkich	„Większe gospodarstwa mogą zatrudniać specjalistów (magistrów) do analizy danych i wykonywania zadań technicznych”; „Cyfryzacja jest w pewnym stopniu kosztownym procesem dla wszystkich stron”.
Teoria krzywej uczenia się niepokój	„... często nauka nowych technologii lub cyfryzacji wymaga czasu i energii ...”; „... drony mogą być nowym sposobem gromadzenia większej ilości danych i wiedzy”.
Starzenie się technologii	„Jeśli kupię jednego robota, to za 2–3 lata będzie on przestarzały, więc jest to niekończąca się potrzeba pieniędzy...”; „W ciągu ostatniego roku technologia informacyjna zmieniła się tak bardzo, że to, co robimy i co mamy, wydaje się strasznie archaiczne”.
Infrastruktura dla cyfryzacji	„Brakuje nam infrastruktury, która umożliwiłaby cyfryzację”; „A fakt, że te systemy nie łączą się ze sobą, co oczywiście powoduje nowe problemy”.
Równoważenie nakładu czasu z zyskami	„... rolnik musi być gotowy poświęcić dodatkowe 20–30 minut na każdym polu, aby wykonać te loty. Nie wiem, czy tak będzie”. „Oni to robią, dostają pieniądze i nie obchodzi ich, jak to działa w rzeczywistości. To bardzo powszechne. Większość czasu tak właśnie się z nami dzieje”.

Tabela A7. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: ryzyko związane z cyfryzacją gospodarstw rolnych

Podtemat	Przykładowe cytaty
Ryzyko ekonomiczne	„Koszty z pewnością będą wynikały z utrzymania każdego narzędzia cyfrowego... ponieważ musi ono być aktualizowane... aby naprawdę dobrze spełniało swoją rolę”.
Ryzyko operacyjne	„Jeśli jest więcej danych, to świetnie, ale wszyscy pracują więcej i jeszcze więcej niż wcześniej, a pieniądze nie rosną”.
Niezawodność technologiczna i przestarzałość	„W ciągu ostatniego roku technologia informacyjna zmieniła się tak bardzo, że to, co robimy i co mamy, wydaje się już strasznie archaiczne”.
Bezpieczeństwo danych i zagrożenia dla prywatności	„Kwestia RODO jest bardzo ważna... a właściwa polityka RODO oznacza dodatkowe koszty dla gospodarstwa”.
Praktyczne zastosowanie i opór użytkowników	„Cyfryzacja to nie tylko zakup czujnika. Czujniki wymagają konserwacji. Potrzebny jest zespół ludzi, którzy będą się tym zajmować”. „Klienci znikają, gdy zdają sobie sprawę, że muszą o złożenie zamówienia w sklepie internetowym, że nie mogą po prostu zwrócić się bezpośrednio do rolnika”.

Tabela A8. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: zmieniająca się rola rolników

Podtemat	Przykładowe cytaty
Odejście od tradycyjnego rolnictwa	„Istnieje obawa, że rolnicy oddalają się od procesu produkcji (spędzają więcej czasu przed komputerem niż na polu)”.
Nowa wizja rolnictwa	„Jeśli rolnik chce być otwarty na odwiedzających lub użytkowników produktu, to z czasem konieczne będzie poniesienie pewnych nakładów inwestycyjnych, aby dostosować gospodarstwo do potrzeb gości”.
Umiejętności potrzebne w nowoczesnym rolnictwie	„Aby to wszystko zarządzać, potrzebna jest logistyka, szkolenia, specyfikacje i projektowanie nowych produktów, ponieważ za pięć lat pojawią się inne czujniki i inne rzeczy”.
Przestarzałość tradycyjnych umiejętności	„Czy uważasz, że cyfryzacja może spowodować utratę wiedzy i umiejętności? Rolnik odpowiedział: Tak, to pewne”.
Nowe formy współpracy	„Nie ma jednego systemu dla wszystkich projektów, w których możliwa jest współpraca, a nie tylko do budowy kolejnego takiego samego”.

Tabela A9. Główne tematy, podtematy i przykładowe cytaty: własność i zarządzanie

Podtemat	Przykładowe cytaty
Kto płaci/jest właścicielem?	„Ostatecznie to my – producenci – za to zapłacimy” (czeski rolnik). „Technologia będzie pomocna, ale wszystko, co technologiczne, może stanowić obciążenie finansowe dla gospodarstwa. Jeśli gospodarstwo nie będzie stać na technologię, nie będzie żadnego wkładu”. (Rolnik ze Słowenii)) „Logicznie rzecz biorąc, to rolnik lub użytkownik będzie musiał zapłacić za to rozwiązanie”. (Doradca biznesowy, Słowenia) „Działamy zbyt szybko. Być może nie jesteśmy jeszcze gotowi, ale może nie jesteśmy jeszcze całkiem gotowi przejmając odpowiedzialność” (Farmer, Francja)
Kto sprawuje kontrolę?	„Nie możemy minimalizować roli rolnika [w cyfryzacji]. Decyzję tę można pozostawić w ręce rolnika”. (Doradca ds. polityki, Belgia) „Istnieje już wiele dostępnych danych i nie wiadomo, kto co robi z tymi danymi, a rolnicy bardzo obawiają się ujawnienia swojej wiedzy i wiedzy”. (Doradca rolniczy, Belgia) „Lubię mieć pełną kontrolę nad monitorowaniem”. (Rolnik, Francja) „Więc płacisz za usługi takie jak... przechowywanie danych, doradztwo... więc sprzęt jest najmniej kosztowny. Otrzymujesz go [sprzęt] za przystępną cenę, ponieważ [dostawca technologii] chce Cię do siebie przywiązać, a następnie zarabiać na Tobie poprzez świadczenie usług”. (Kierownik ds. produktów technicznych, Serbia)
Kto na tym zyskuje?	„Ostatecznie ma to konsekwencje w zależności od tego, kto dokonuje inwestycji lub kto pobiera ostateczne dane”. (Przedstawiciel grupy producentów, Hiszpania) „Idealnym scenariuszem byłoby, gdyby rekompensatą za cyfryzację były oszczędności pracy i nakładów”. (Rolnik, Belgia) „Jak w każdym przypadku, koszty poniesie rolnik”. (Rolnik, Węgry)
Odpowiedzialność za straty	„Mamy tendencję do polegania na tych rzeczach. Problem pojawia się w dniu, w którym to nie działa. Wpadamy w kłopoty”. (Rolnik, Francja) „Biorąc pod uwagę wysokie koszty cyfryzacji, konieczne są dotacje”. (Rolnik, Grecja)