

Załącznik 1 do Regulaminu wyboru przedsięwzięć do objęcia wsparciem z KPO w ramach części inwestycji A 1.4.1. wsparcie w zakresie Rolnictwa 4.0.

Przykłady rozwiązań w zakresie rolnictwa 4.0.

	Zastosowanie	Przykłady
Czujniki/sensory	<p>Czujniki przetwarzają wielkość mierzoną (wilgotność powietrzna lub gleby, temperaturę, ciśnienie, lokalizację GPS itd.) na sygnał elektryczny, który może być przesyłany i odczytywany przez urządzenia, które na podstawie pomiaru dają bezpośrednio informacje rolnikowi (np. jaka jest wilgotność lub ile trzeba wody do nawodnienia) albo automatycznie ustawia urządzenia – np. dawkovanie wody, czy nawozów. Dane z czujników mogą też być wysyłane do systemu zarządzania gospodarstwem i ten daje informację rolnikowi lub steruje automatycznie urządzeniami.</p> <p>Popularne czujniki:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>meteorologiczne.</b> Wilgotność i temperatura powietrzna, ciśnienie atm., kierunek i prędkość wiatru, usłonecznienie. Używane w praktyce do: określania parowania wody z gleby i roślin (ewapotranspiracja ET0) aby określać dawkę nawodnienia dziennego (niedoskonała metoda); określania optymalnych terminów zabiegów ochrony roślin – wilgotność i prędkość wiatru; ostrzegania o przymrozkach.</li> <li>- <b>wilgotności gleby.</b> Bezpośrednio mierzą wilgotność gleby. Najczęściej spotykane czujniki to czujniki mierzące stałą dielektryczną typu FDT oraz wakuometry mierzące ciśnienie ssące gleby, które jest ściśle związane z niedoborem wody. Niestety ze względu na to, że każdy gatunek gleby ma swoją charakterystykę, samego pomiaru FDR nie można przekształcić na obliczenie braków wody w glebie – do tego potrzebna jest informacja o gatunku gleby. Sensory podciśnieniowe (wakuometry) mierzą bezpośrednio niedobory wody, ale są niestety podatne na rozszczelnienie.</li> <li>- <b>lokalizacji.</b> W formie modułów GPS. Stosowane są we wspieraniu ruchu maszyn kierowanych przez człowieka po ścieżkach, w autonomicznych maszynach poruszających się po ścieżkach, w rolnictwie precyzyjnym – dawkovanie nawozu lub wody na podstawie mapy zasobności pola. Stosowane są również do lokalizacji zwierząt w stadzie. Służą do zarządzania flotą maszyn w dużych gospodarstwach oraz spółdzielniach, gdzie maszyny są współdzielone.</li> </ul>	<p>Meteorologiczne, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• automatyczne stacje pogodowe z transmisją GPRS, LoRaWAN lub inną.,</li> <li>• zdalne czujniki wilgotności i temp. powietrza z transmisją radiową krótkiego zasięgu (np. sieci WSN zbudowane na protokole ZigBee), dalekiego zasięgu LoRaWAN lub do sieci GSM via GPRS.</li> </ul> <p>Wilgotności gleby, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pojemnościowe FDR lub TDR z komunikacją radiową jw.</li> <li>• Tensjometry cyfrowe z komunikacją radiową jw.</li> <li>• Czujniki opornościowe są tanie, ale ich dokładność zależy od pH. Nie zaleca się ich stosowania w nawadnianiu precyzyjnym.</li> </ul> <p>Lokalizacji, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czujniki oparte o GPS lub GPS ze wspomaganie RTK/RTN umożliwiające przejazd nadzorowany po ścieżkach (asysta dla operatora traktora)</li> <li>• Systemy autonomicznego</li> </ul>

	<p>- <b>na ciele zwierząt gospodarskich</b>: lokalizacja, temperatura, biosensory wykrywające nieprawidłowości w składzie krwi (przeciwciała);</p> <p>- <b>jakości wody</b>: proste niespecyficzne: przewodność elektryczna (świadczy o zawartości jonów: nawozy, zasolenie), mętność; oraz elektrodowe specyficzne zawartość tlenu rozpuszczonego, azotany, pH itd. Sensory elektrodowe specyficzne wymagają niestety okresowej kalibracji w roztworach wzorcowych.</p> <p>- <b>biosensory</b>. Czujniki z elementem czułym na materiał biologiczny: przeciwciała, enzymy, hormony itd. Przykładem może tu być czujnik chorób ryb w chowie morskim.</p> <p>- <b>optyczne</b>. Czujniki oparte o matryce foto-czułe w różnych zakresach częstotliwości światła: widzialne, podczerwień, prom. termalne itd. Zastosowanie od teledetekcji po wykrywanie zwierząt z gorączką w chowie zamkniętym. Teledetekcja: od satelitów, przez drony po skanery powierzchniowe do gleby (przyziemne, dotykowe). Wyposażone w sztuczną inteligencję mogą służyć do wykrywania obecności i identyfikacji obiektów np. drapieżników, złodzieja itd.</p> <p>- <b>operacyjne do maszyn</b>. Najczęściej zintegrowane w systemie obsługi maszyny. W starszych maszynach można dokupić dedykowane do: pomiaru zużycia paliwa , lokalizacji, parametrów pracy, mapowania plonu, mapowania właściwości gleby (np. pomiar EC na bronie), mapowania rozsiewu/rozrzutu/oprysku, itd.</p>	<p>sterowania pojazdem po zadanych ścieżkach na podstawie GPS/RTK</p> <p>Biosensory, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czujniki wykrywające antygeny wybranych patogenów w hodowlach aquakulturowych;</li> <li>• Czujniki wykrywające antygeny patogenów w intensywnym chowie zwierząt;</li> <li>• Czujniki wykrywające zarodniki patogenów roślin uprawnych oraz feromony szkodników</li> </ul> <p>Optyczne, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Czujniki nadziemne NDVI połączone w sieć WSN (bezprzewodową sieć czujników);</li> <li>• Czujniki termalne wykrywające zwierzęta z gorączką w hodowlach zamkniętych;</li> <li>• Czujniki do identyfikacji i wykrywania chorób i szkodników;</li> <li>• Kamery multispektralne do dronów rozpoznawczych, umożliwiające monitoring stanu pól.</li> </ul> <p>Operacyjne do maszyn – czujki umożliwiające cyfryzację parku maszynowego, wyposażone w komunikację zdalną lub przewodową ModBus, m.in.:</p>
--	---	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomiar zużycia paliwa,</li> <li>• Czujnik NDVI wraz z systemem sterującym rozsiewaczem VRA (zmiennie-dawkującym)</li> </ul>
<p>Systemy wspierania decyzji (DSS)</p>	<p>Systemy komputerowe, stacjonarne lub on-line, które na podstawie pomiarów różnych parametrów wykonywanych za pomocą czujników lub importowanych z baz danych w Internecie, dają rolnikowi informację niezbędną do podejmowania decyzji co do stosowania praktyk i zabiegów. Systemy te mogą również wykonywać automatycznie zadania np. kontrola nawadniania. Do automatyzacji potrzebne są elementy wykonawcze np. zawory.</p> <p>- <b>nawadnianie</b>. Systemy DSS wspomagają rolnika dając informację kiedy i ile nawadniać, aby otrzymać: maksymalny plon, maksymalny zysk lub uratować plantację przed suszą przy niedoborach wody. Zakres i cel DSS zależy od producenta.</p> <p>- <b>nawożenia</b>. System działają w różnych zakresach czasowych. Długofalowo - system opracowuje plan nawożenia wraz z planem jego wykonania w optymalnych terminach i dawkach, bazując na mapie zasobności gleby i informacji o wymogach rośliny uprawnej oraz danych z czujników; Krótkofalowy – system na podstawie zdjęć satelitarnych lub lotniczych wylicza wskaźniki wigoru (NDVI lub inny) i zaleca dawki nawożenia. Na bieżąco lub w czasie rzeczywistym (NRT) system dobiera dawkowanie w rozsiewaczu lub opryskiwaczu na podstawie czujnika NDVI zamontowanego z przodu zestawu roboczego, sterując dawkowaniem nawozu wg odczytów z czujnika.</p> <p>- <b>ochrony roślin</b>. Można podzielić te systemy na prewencyjne lub doraźne. Prewencyjne korzystają z bazy danych chorób, zawierających charakterystyki patogenów, środki aktywne, optymalne terminy, w tym interpretację danych meteo itd. Systemy doraźne posiadają zaawansowane narzędzia rozpoznawania obrazu i identyfikacji chorób/szkodników. Identyfikują zagrożenia i mogą sterować aplikacją środków aktywnych, dobierając dawki do potrzeb i ograniczając zabiegi do niezbędnego minimum. Najnowsze systemy wykorzystują roboty do mechanicznego usuwania chwastów lub szkodników.</p>	<p>Nawadnianie, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemy wyposażone w bezprzewodową sieć czujników wilgotności gleby WSN, podające bieżącą wilgotność, bieżący stres wodny, prognozę opadu, dawkę nawodnienia dopasowaną do rośliny i gleby. Opcjonalnie wyposażony w sterowanie zaworami – bądź automatyczne bądź nadzorowane. Aby ten system mógł pracować należy wykonać strefowanie pól pod względem glebowym.</li> </ul> <p>Nawożenie, m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemy bazujące na analizie gleby (zasobność), strefowaniu (teledetekcja satelitarna lub lotnicza, poparta badaniami gleb) oraz danych o potrzebach pokarmowych odmian roślin uprawnych. Monitoring bieżący NDVI i innych parametrów uprawy pozwala na optymalny dobór terminów by zminimalizować straty.</li> </ul>

Systemy zarządzania gospodarstwem (FMS)	Systemy przeznaczone do kompleksowego zarządzania w gospodarstwie (FMS). Zawierają najczęściej moduły: magazynowe do nawozów i ŚOR; inwentaryzacja i rejestracja czasu pracy maszyn; mapowe do kartowania pól, rolnictwa precyzyjnego obsługujące tworzenie map zawartości składników czy stref nawodnieniowych, czas pracy i zadaniowanie pracowników, czujniki; systemy wspierania decyzji; zarządzanie aktuatorami (urządzenia wykonawcze np. zawory do wody czy fertygacji, siłowniki zastawek, przenośniki taśmowe itd.). Mogą też zawierać moduły automatycznego przygotowywania raportów: ślad węglowy, ślad wodny, paszport żywnościowy, zużycie wody na tonę plonu itd. Mogą też być wyposażone w moduły analizy danych z gospodarstwa np. pracochłonności i kosztu zabiegów – moduły te ułatwiają efektywne doradztwo i podejmowanie decyzji aby polepszyć ekonomikę produkcji, czy dobrać właściwie inwestycje w maszyny i budynki. Najbardziej zaawansowane systemy umożliwiają programowanie urządzeń autonomicznych – od systemów nawodnień, po roboty polowe.	Obecnie na rynku, m.in.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• eAgronom</li> <li>• Agrivi</li> <li>• Farm360</li> <li>• FarmCloud</li> </ul>
Roboty i coboty	Urządzenia sterowane zdalnie lub całkowicie autonomiczne, realizujące zadania po zaprogramowaniu przez użytkownika lub odpowiednio skonfigurowany system DSS lub FMS. Na świecie najczęściej spotykane roboty to maszyny do autonomicznej uprawy (traktory z zestawami uprawowymi sterowane za pomocą GPS i bezprzewodowej komunikacji z systemem sterującym/programatorem), siewu i opryskiwania (samobieżne zestawy z lub bez traktora), roboty do ochrony roślin – automatyczne wykrywanie chwastów lub szkodników i mechaniczna (cięcie lub wypalenie) ich eliminacja lub usunięcie porażonych roślin. Inną gałęzią robotyki rolniczej są maszyny robotyczne do zbioru owoców, samodzielnie rozpoznające stadium dojrzałości owoców na roślinie i wybiórczo zbierających tylko te o odpowiedniej dojrzałości.	Obecnie na rynku, m.in.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ROBOTTI do siewu i rozsiewania;</li> <li>• CASE IH, JD 8R – ciągniki autonomiczne</li> <li>• Dino do odchwaszczania upraw warzywniczych</li> </ul>
Zdalne systemy wykonawcze	Systemy wykonujące pracę, sterowane przez operatora lub automatycznie przez DSS lub FMS. Przykładem mogą tu być zawory w nawodnieniach, zastawki na sieci melioracyjnej sterowanej na podstawie pomiaru wilgotności pól, działka soniczne do rozpędzania chmur, wiatraki przeciwmrozowe, zamgławiacze itd.	
Drony rozpoznawcze	Drony wyposażone w kamery specjalistyczne, stosowane: do mapowania wigoru roślin, co daje informacje o stanie łąnu/plantacji i lokalizacji gdzie występują niedobory wody lub składników; wykrywania ognisk chorób lub ekspansji szkodników, czy szkód łowieckich.	

Drony wykonawcze	Drony realizujące aplikację środków czynnych lub nawozów według zasad rolnictwa precyzyjnego tj. tylko tam gdzie trzeba i tylko tyle ile niezbędne. Drony mogą operować autonomicznie na podstawie map otworzonych np. przez drony obserwacyjne lub bezpośrednio na podstawie obserwacji własnej.	Drony do precyzyjnej aplikacji pestycydów.
Systemy ulepszające starsze rozwiązania	Systemy umożliwiające zastosowanie najnowszych technologii na starszych maszynach. Dobrym przykładem są tu sterowniki GPS do traktorów, sterowniki zaworów, itd.	
Maszyny współpracujące z cyfrową infrastrukturą gospodarstwa	Maszyny wyposażone w funkcje przewodowej lub bezprzewodowej komunikacji, wymiany danych lub sterowania (w szczególności w czasie rzeczywistym). Rolnik powinien wskazać z jakimi systemami rolnictwa 4.0 sprzęt będzie współpracował (systemy wspierania decyzji, systemy zarządzania gospodarstwem, itd.).	

#### Przykłady ścieżek cyfryzacji gospodarstwa:

1. Od chmury do pola: Rolnik posiadający uprawy zbóż kupuje system zarządzania gospodarstwem wraz z abonamentem, aby zmapować sobie pole, prowadzić gospodarkę magazynową i zarządzać maszynami oraz generować automatyczne raporty do sprawozdań, w tym do paszportu żywnościowego. Mapowanie pól wykonała firma na podstawie zdjęć satelitarnych i pomiarów jakości gleb. Dzięki mapowaniu rolnik ma wyraźnie wydzielone strefy na użytek rolnictwa precyzyjnego: nawadniania, nawożenia jak i doboru właściwego płodozmianu i norm wysiewu. Strefowanie umożliwi także dobór optymalnych zabiegów uprawowych mających na celu poprawę jakości gleb, zwłaszcza gleb lekkich. Rolnik posiadając już mapy stref zasobności gleby dokupuje rozsiewacz nawozów VRA (zmiennie dawkowanie) aby precyzyjniej dopasować dawkę nawożenia do zasobności gleb i ich zdolności buforowych i pH. Dzięki temu rolnik mógł zaoszczędzić nawet 30% nawozu. Rolnik dokupuje sieć czujników wilgotności gleby wraz z sterownikiem do kontroli poziomu zastawki w rowie melioracyjnym oraz moduł wspierania decyzji DSS systemu zarządzania gospodarstwem umożliwiającym sterowanie zastawką na podstawie wilgotności gleby. Dzięki temu spowolniony został odpływ i susza była mniej dotkliwa. Następne moduły do zakupu w tym schemacie to: DSS w zakresie precyzyjnej ochrony roślin, uprawa po ścieżkach czy urządzenia autonomiczne.
2. Od chmury do pola: Rolnik posiadający nawadniane uprawy owoców miękkich i warzyw kupuje system zarządzania gospodarstwem wraz z abonamentem, od razu wyposażonym w system wspierania decyzji w nawadnianiu, oparty o bezprzewodową sieć czujników. W pierwszym sezonie rolnik zleca wykonanie mapowania pól i określenia stref do rolnictwa precyzyjnego. Dzięki strefowaniu projektuje system nawodnieniowy w ten sposób, aby każda ze stref miała swój oddzielny zawór sterowany bezprzewodowo bądź automatycznie przez DSS bądź pod nadzorem rolnika. W następnym roku dokupuje moduł wspierania decyzji w fertygacji wraz z czujnikami EC lub dedykowanymi NO3 (wiele czujników wilgotności gleby ma

tez opcje pomiaru temperatury i EC gleby) oraz mieszalniki z automatycznym sterowaniem dawką (zawór na mieszalniku). Równolegle rolnik kupuje moduł bilansowania wody w gospodarstwie wraz z czujnikami poziomu wody w zbiorniku małej retencji i studni głębinowej. Dokupuje stację meteorologiczną, umożliwiającą automatyczne ostrzeganie przed przymrozkami i gradem.

3. Od pola do chmury: Rolnik posiada starszy traktor bez elektroniki i szyny komunikacyjnej ModBUS. Dokupuje rozsiewacz VRA wraz z prostym czujnikiem NDVI zamocowanym przed traktorem. Czujnik ma możliwość bezprzewodowej komunikacji oraz mapowania NDVI i dawki na podstawie wbudowanego GPS. Dzięki zastosowaniu urządzenia oszczędność nawozu sięgnęła 25%. W następnym roku rolnik dokupuje system zarządzania gospodarstwem z abonamentem wraz z modułem nawożenia precyzyjnego, który umożliwia przetworzenie danych z urządzenia sterującego rozsiewaczem na mapę zmienności pola i dawki nawozów. Dzięki inwestycji rolnik ma bieżące dane do paszportu żywnościowego i oszczędza nawóz. Dalsze potencjalne inwestycje w cyfryzację to: moduł DSS precyzyjnej ochrony roślin wraz z czujnikami meteorologicznymi, moduły do nawadniania i sterowania siecią melioracyjną.