CEL I ZAŁOŻENIA PROJEKTU BADAWCZO-ROZWOJOWEGO:
„Opracowanie systemu kontroli warunków uprawy roślin ze zdalną usługą spersonalizowanego doradztwa dla rolników”

Przesłanką do zainicjowania prac badawczo-rozwojowych w obszarze rolnictwa był fakt, że większość rolników nie zna w ogóle poziomu kwasowości swoich pól, bądź uznaje uogólnioną jego wartość pochodzącą z pobierania próbek pola, gdzie w laboratorium ustalana jest ich wartość. Wapnowanie danego pola w celu przywrócenia prawidłowego poziomu pH dla danego rodzaju gleby było z natury realizowane bardzo ogólnie na podstawie wiedzy „pokoleniowej” lub poprzez ustalanie orientacyjnej dawki z zastosowaniem dla całego obszaru uprawy w oparciu o uśredniony wynik z laboratorium.
To w efekcie doprowadzało do prze wapnowania fragmentów pola jak i małą skuteczność wyrównania kwasowości dla całego pola.

Drugim problemem jest praktyka mieszania różnych komponentów z grupy Środków Ochrony Roślin (SOR) w celu uzyskania mieszaniny zbiornikowej umożliwiającej za jednym przejazdem zaimplementować do upraw kompleks składników o różnym działaniu.
Ze względu na złożoność procesów chemicznych podczas łączenia związków w mieszaninę, istotną kwestią była kolejność dodawania składników. Kluczową rolę w takich procesach dodatkowo odgrywają parametry wody używanej jako baza mieszaniny zabiegowej.
Ze względu na różnorodność i zmienność parametrów ujęć stosowanej do zabiegów wody, trudno jest ustalić konieczność czy też typ zastosowania adiuwantów w celu poprawy tych parametrów. Wiedza wymagana do przygotowania prawidłowej mieszanki przekracza możliwości przeciętnego rolnika, co skutkowało warzeniem się mieszaniny, zapychaniem pomp zbiorników i innych niekorzystnych zjawisk.

Trzecim tematem, niezmiernie istotnym dla osiągnięcia wysokiej wydajności plonów jest stały nadzór upraw na każdym etapie ich wzrostu. Wymaga to bieżącej kontroli wielu parametrów środowiskowych i pogodowych na polach uprawnych:
- temperatury gleby,
- wilgotności gleby,
- temperatury powietrza,
- wilgotności powietrza,
- sumy opadów atmosferycznych,
- prędkości i kierunku wiatru,
- poziomu nasłonecznienia,
- punktu rosy powietrza.

Zasadniczym celem stało się więc opracowanie technologii umożliwiającej:
1) samodzielnie przez rolnika dokonania szczegółowych pomiarów pH gleby w obrębie danego pola, mając na uwadze, iż większość ziem uprawnych w Polsce ma odczyn kwaśny z mocnym zróżnicowaniem nawet na niewielkim areale;

2) uzyskanie na podstawie pomiarów pH z lokalizacją GPS szczegółowego rozkładu poziomu pH na polu;
3) możliwość utworzenia planu wapnowania uwzględniającego różnorodność dawek dla lepszych i gorszych wycinków pola oraz preferencje rolników w zakresie doboru właściwego preparatu;
4) realizację wapnowania precyzyjnego w oparciu o posiadane rozrzutniki / rozsiewacze wapna przez rolnika;
5) rejestrację parametrów wody zabiegowej z różnych ujęć samodzielnie przez rolnika;
6) zapewnienie wsparcia w zakresie konieczności doboru adiuwantów i jakiego typu na podstawie uzyskanych parametrów;
7) wsparcie w zakresie prawidłowej kolejności dodawania komponentów mieszaniny zbiornikowej;
8) ciągłe pomiary parametrów gleby i powietrza w występujących bezpośrednio w obrębie i otoczeniu uprawy na danym polu;
9) przesyłanie / odbieranie wyników do systemu monitoringu;
10) analiza parametrów pola, tworzenie spersonalizowanych algorytmów komunikatów, zaleceń właściwych dla danej uprawy oraz ostrzeżeń z systemu monitoringu do aplikacji mobilnej indywidualnej dla każdego użytkownika.

Podstawą tej technologii było zbudowanie dwóch modułów:

modułu I - przeznaczonego do osadzenia w określonych punktach pola na stałe - do zbierania danych w zakresie temperatury gleby i powietrza, wilgotności gleby i powietrza, intensywności i poziomu opadów deszczu, prędkości i kierunku wiatru, nasłonecznienia i punktu rosy;

modułu II - urządzenia mobilnego, za pomocą którego rolnik mógł wykonać samodzielnie pomiary pH gleby wraz z lokalizacją punktów pomiarowych na polu oraz wykonać pomiary wody zabiegowej w zakresie aktualnego poziomu pH wody, jej twardości oraz aktualnej temperatury.

Drugim fundamentem było zbudowanie systemu informatycznego, który na podstawie danych przekazywanych na bieżąco przez moduły miał za zadanie realizować wszystkie wyżej wymienione cele bezpośrednio w czasie rzeczywistym.

KROKI MILOWE REALIZACJI PROJEKTU

Realizacja projektu została podzielona na 3 równolegle prowadzone bloki.
Blok nr 1. Budowa modułu II.
Blok nr 2. Budowa modułu I.
Blok nr 3. Budowa systemu informatycznego.

Blok pierwszy obejmował zaprojektowanie, oprogramowanie komponentów elektronicznych, budowę prototypu, testy oraz konstrukcję docelową modułu II urządzenia.

Z celu projektu wynikały wymagania, którym musieliśmy sprostać:
- lokalizacja bieżacej pozycji GPS,
- transfer pomiarów do systemu informatycznego,
- odczyt i transfer danych z sondy kwasowości,
- odczyt i transfer danych z sondy twardości,
- odczyt i transfer danych z sondy temperaturowej.

Charakter korzystania z przyrządu wymagał trwałego i stabilnego zasilania akumulatorowego, ergonomii użytkowania oraz wysokiej klasy odporności na kurz i zawilgocenia, określone docelowo normą IP67.
Wszystkie komponenty elektroniczne musiały być odporne na wpływ temperatury, zapewniać powtarzalność oraz dokładność techniczną działania.

Pierwszym krokiem milowym było wstępny dobór i zbadanie sondy pH w postaci elementu elektronicznego. Po wielu testach rozwiązanie to zostało odrzucone ze względu na bardzo dużą wrażliwość elektrostatyczną oraz mechaniczną - nie dawało oczekiwanej powtarzalności pomiaru i nie zapewniało wysokiej bezawaryjności w warunkach polowych użytkowania.
Żmudnie przeprowadzane próby wyłoniły ostatecznie pewne i stabilne rozwiązanie w postaci sondy chemicznej. Została wówczas opracowana technika wykonania pomiaru umożliwiająca pomiar w czasie nieprzekraczającym 3 min. z błędem niesystematycznym 0.2 pH względem równoległego odczytu sondą klasy laboratoryjnej.

W etapie drugim ustalono rozwiązanie pomiaru twardości wody i pomiar aktualnej temperatury środowiska mierzonego. Przygotowano oprogramowanie mikroprocesora urządzenia uwzględniające wpływ temperatury na odczyt aktualnej przewodności wody. Twardość wody sprowadzono do skali niemieckiej względnej najbardziej przemawiającej do docelowej grupy odbiorców.

W trzecim etapie skupiono się na pracach związanych z wymianą danych. Z uwagi, iż urządzenie miało pracować nawet i kilka godzin na rozległych przestrzeniach, głównym kryterium był dobór technologii transmisji o niskim poziomie poboru energii. Zdecydowano się na nową technikę komunikacji BLE - Bluetooth Low Energy - opartą na koncepcji rozgłaszania.
Po opracowaniu protokołów transmisji uzyskano szybkie i skuteczne przesyłanie danych w obecności innych aktywnych nadajników BLE.

Kolejnym, bazowym etapem był dobór układu lokalizacji GPS. Tu początkowo pojawiły się problemy z dostępnością tych modułów elektronicznych z uwagi na powstające zarzewie działań zbrojnych na Wschodzie. Możliwe do uzyskania moduły dostarczały duży rozrzut wskazań i małą stabilność pozycjonowania geo-satelit. Problemem również okazał się krótki czas obecności danego modułu na dostępnych rynkach.
Jednak ostatecznie dotarliśmy do producenta nowoczesnego modułu GPS zapewniającego stabilność i wysoką dokładność lokalizacji pozycji, o wysokiej powtarzalności przy zmiennych układach aktywnych geo-satelit, porze roku, dnia, zachmurzenia, zakłóceń elektro-magnetycznych w pobliżu linii wysokich napięć, zalesienia itp. czynników.

Wówczas nastał czas na dobór akumulatora - typu, pojemności i rozmiaru. Wcześniej zostały ustalone interwałowe maksymalne pobory prądu w trakcie wykonywania pomiarów, transferu danych oraz aktywnej pracy modułu GPS. Ustalono, że urządzenie w pełni naładowane musi zapewnić nieprzerwaną pracę przez 8 godzin. Po wytypowaniu kilku modeli opracowaliśmy stanowisko do zbadania krzywej rozładowania przy takim schemacie eksploatacji.
To pozwoliło ostatecznie dokonać wyboru.

Ze względu na założenie klasy szczelności urządzenia IP67 wykluczono jakiekolwiek złącza galwaniczne modułu ładowania akumulatora. Po kilku próbach dokonaliśmy wyboru modułów ładowania indukcyjnego zapewniającego właściwy poziom prądu i napięcia ładowania kontrolowanego przez niezależny mikroprocesor.

Ostatnim krokiem było „opakowanie” urządzenia.

Założenia projektowe były restrykcyjne:
- materiał obudowy (struktura i gęstość) musiał być nieprzepuszczalny dla wody i zwykłych środków czyszczących,
- duża odporność na oleje, smary itp. pochodne ropy naftowej,
- elementy obudowy musiały być tak, aby umożliwiały powtarzalne w cyklu produkcji osadzanie komponentów elektronicznych przy zachowaniu ostatecznie klasy IP67,
- kształt zintegrowanej głowicy pomiarowej miał zapewnić zarówno ochronę osadzonych sond, jak i umożliwić uwolnienie pęcherzyków powietrza ze środowiska mierzonego.

Po uzyskaniu kilku prototypów obudowy wykonanej z różnych materiałów i odmiennymi technikami przeprowadzono próby szczelności przekraczające normy IP67 - prototypy przebywały dobę na głębokości 1 m słupa wody, po czym badane było wnętrze na obecność mikroskroplin i innych śladów przepuszczalności. Ostatecznie dokonano wyboru gwarantującego testami spełnienie w/w założeń.

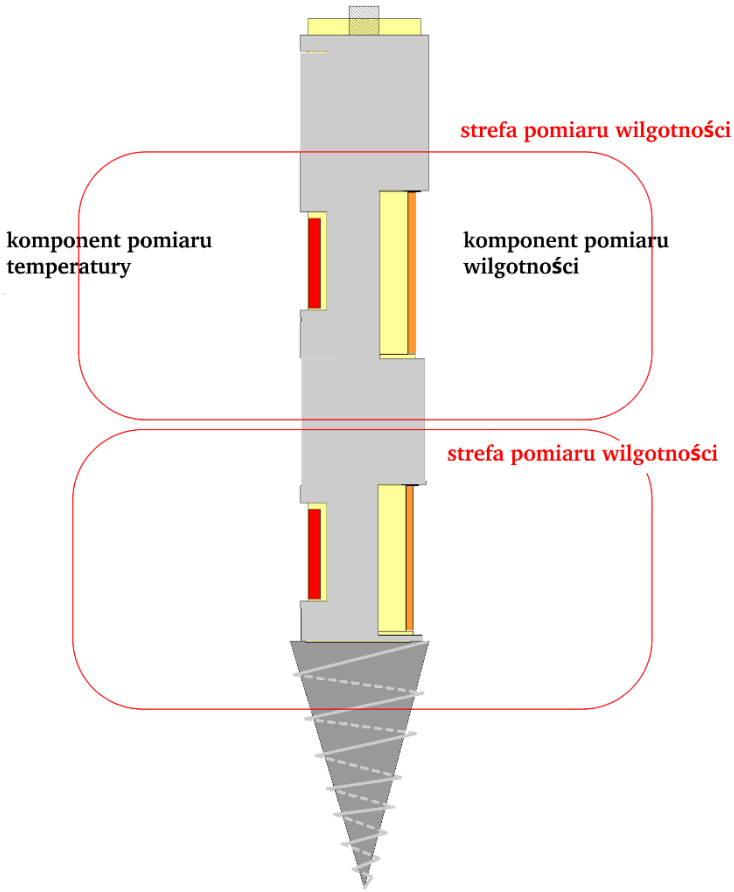
Uzyskano urządzenie gotowe do rozpoczęcia jego produkcji.

Blok drugi obejmował opracowanie struktury, oprogramowanie elektroniki, budowę prototypu, testy oraz konstrukcję docelową modułu I urządzenia.

Moduł I musiał realizować funkcje umożliwiające:
- kontrolę położenia osi głównej urządzenia względem kierunku północy geograficznej,
- kontrolę ustalonej lokalizacji GPS,
- kontrolę odchylenia względem pionu,
- pomiar wilgotności i temperatury gleby na określonych głębokościach,
- pomiar wilgotności względnej i temperatury powietrza w bezpośrednim środowisku rośliny uprawnych,
- pomiar intensywności opadów atmosferycznych,
- pomiar prędkości i kierunku wiatru,
- pomiar poziomu nasłonecznienia,
- ustalenie punktu rosy,
- transfer zagregowanych danych do systemu monitoringu,
- całoroczną pracę urządzenia z autonomicznym systemem zasilania wspieranym ogniwami fotowoltaicznymi.

Najpoważniejszym problemem było znalezienie rozwiązania pomiaru wilgotności gleby optymalnego pod względem ekonomicznym oraz powtarzalności i wiarygodności wyników. Ze względu wysokość hiperboloidy generowanej przez jeden komponent pomiaru wilgotności metodą rezonansową w trakcie testów ustalono, że dwa tego typu elementy w pełni pokrywają głębokość warstwy ornej.

W konsekwencji został ustalona prototypowa konstrukcja sondy glebowej:



Zdecydowano się na budowę zintegrowaną, gdzie komponenty napowietrzne osadzone w bloku **górnym**, tj.:
- układ pomiaru prędkości i kierunku wiatru,
- zlewnia do komory pomiaru natężenia opadu deszczu,
- sensor wilgotności względnej,
- sensor temperatury powietrza,
- sensor natężenia światła słonecznego,
- ogniwa fotowoltaiczne

oraz komponenty osadzone w bloku **dolnym,** tj**:**
- moduł akumulatora,
- jednostka mikroprocesorowa,
- moduł GSM,
- moduł GPS,
- komponent pomiaru opadów deszczu,
- komponent pomiaru odchylenia od pionu i orientacji geograficznej osi głównej

zostaną umocowane na konstrukcji nośnej głowicy glebowej.

Dużo czasu poświęcono na taką budowę całości, aby połączenia elektryczne poszczególnych bloków i komponentów pomiarowych były niewrażliwe na uszkodzenia mechaniczne oraz wpływ warunków atmosferycznych i zakłóceń elektromagnetycznych.

Zostało opracowane oprogramowanie matematyczne przetwarzające wartości sygnałów komponentów wilgotności na wartości procentowe wilgoci gleby eliminujące zakłócenia i skoki wykryte podczas testów nawadniania / odparowania różnych próbek gleby w zakresie gęstości gleby i jej wewnętrznego składu.

W kolejnym etapie opracowano technikę pomiaru natężenia opadów oraz ustalenia kierunku wiatru na podstawie korelacji średniego kąta odchylenia skrzydła względem wyznaczonej elektronicznie osi głównej modułu zgodnej z kierunkiem North.
Wprowadzono również algorytmy umożliwiające redukcję chwilowych zmian prędkości wiatru w wyniku zawirowań powstających na wysokości do 2m od powierzchni ziemi.
Pozostałe sensory posiadały stabilne charakterystyki nie wymagające istotnych korekt.

Po poddaniu obróbce uśredniającej dane pomiarowe składano na stos pamięci roboczej, który był opróżniany cyklicznie bezpośrednio po transferze zgromadzonych danych na serwer.

Po ustaleniu rodzaju i typu komponentów elektronicznych, które realizowały skutecznie wyznaczone funkcje mogliśmy przejść do kolejnego złożonego zagadnienia - dobór akumulatora o takiej pojemności, aby mógł pokryć zapotrzebowanie przez kilka dni mocno pochmurnych przy założeniu zerowego doładowania w takim okresie przez ogniwa słoneczne.

Po wielu testach dokonano doboru akumulatora optymalnego pod względem pojemności i gabarytów.

Mogliśmy przejść do ostatniego etapu budowy prototypu modułu I - dobór, zagadnienia montażu i ulokowania ogniw słonecznych.
Wyznaczono charakterystyki rozładowania akumulatora oraz charakterystyki oddawania energii pojedynczego ogniwa słonecznego w zależności od kąta padania promieni słonecznych w zakresie od 36 do 17 stopni i poziomu nasłonecznienia.
Na podstawie analiz ustalono model i ilość ogniw niezbędnych do utrzymania pojemności akumulatora nie mniejszej niż 65% w sytuacji silnego zachmurzenia.

Zdecydowano się na osadzenie 4 ogniw na łuku o długości kątowej 270 stopni i poddano całość testom zarówno zbierania danych, jak i najbardziej energochłonnego cyklicznego transferu danych na serwer.

W rozwiązaniu prototypowym rozmieszczono ogniwa wokół bloku dolnego wg zasad opisanych wyżej.

Testy wykazały spełnienie wymogów funkcjonalnych i technicznych badanego prototypu, co pozwoliło na zakończenie badań w tym zakresie.

Równolegle prowadzony **blok trzeci realizacji** projektu to zaprojektowanie, oprogramowanie i zapewnienia zaplecza sprzętowego systemu informatycznego.

W pierwszym etapie ustalono strukturę systemu, którą można było podzielić na części zwane serwerem bazodanowym, backendem oraz frontendem mający postać aplikacji mobilnej.

Wytypowano podstawowe zadania aplikacji:
- nadzór nad procesem mierzenia oraz wyświetlaniem i interpretacją wyników przesyłanych bezpośrednio przez moduły pomiarowe opisane wcześniej;
- zapamiętywanie, zapisywanie oraz interpretacja wyników pomiaru wody zabiegowej dla zdefiniowanych przez użytkownika ujęć;
- te same funkcje, lecz dla pomiarów kwasowości gleby;
- budowę różnych zestawów mieszanin zbiornikowych;
- budowę map rozkładu kwasowości badanego pola;
- budowę mapy potrzeb wapnowania pola na podstawie mapy rozkładu pH;
- budowę planu wapnowania precyzyjnie określającego dawki w sektorach pola;
- realizacja wapnowania wg planu - nawigowanie użytkownika wzdłuż pasów nawożenia z pełnym wsparciem informacją, od którego metra bieżącego należy zacząć wapnować jaką dawką lub wyłączyć dawkowanie;
- zestawienia historyczne zabiegów pomiarowo-naprawczych pola;
- przypisanie ulokowania urządzeń z grupy modułu I do konkretnych pól;
- odczyt parametrów kontroli upraw opisanych szczegółowo w części dotyczącej budowy modułu I;
- prezentacja aktualnych danych w bloku monitoring pól;
- zestawienia okresowe w formie graficznej dla dłuższych okresów czasu prezentujących tendencje;
- obsługa wyświetlania komunikatów generowanych przez analizator monitoringu ulokowany po stronie serwera;
- możliwość przeprowadzenia testów technicznych obu modułów bezpośrednio u wybranych rolników.

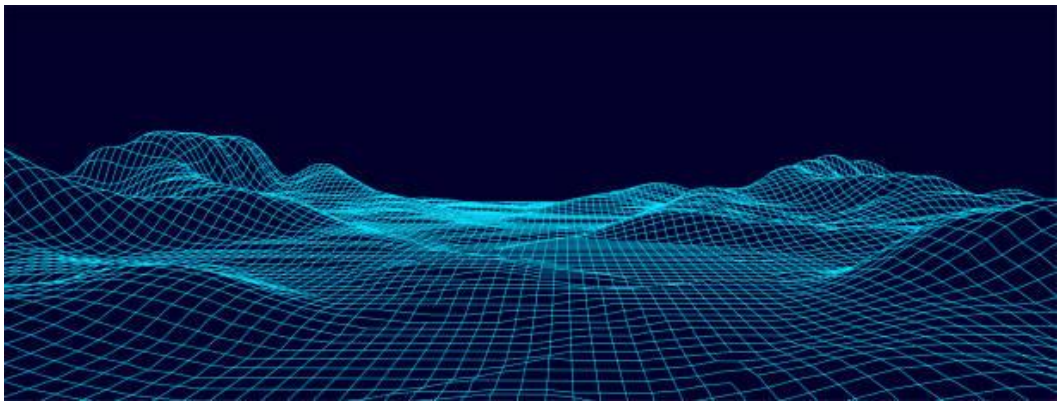
W pierwszym etapie skonstruowany został zasadniczy szkielet aplikacji z naciskiem na pełną skalowalność bez względu na rodzaj wielkość smartfonu bądź tabletu.
Wbudowano również mechanizmy skanowania otoczenia w przestrzeni BlueTooth, aby umożliwić odbieranie danych przekazywanych przez aktywne urządzenie pomiarowe.

Drugi etap dotyczył pełnej agregacji pomiarów dotyczących wody zabiegowej na poziomie aplikacji, tak, aby rolnik miał pewny wgląd zarówno w bieżący proces pomiarowy, jak i możliwość oceny danego źródła wody w ujęciu historycznym. Wbudowano graficzne skale kwasowości, twardości i temperatury.
Na tym etapie wszystkie dane były gromadzone lokalnie w obrębie aplikacji.

Etap trzeci obejmował swoim zasięgiem:
- definicje pól uprawnych jako obszarów jednorodnej uprawy z określeniem typów gleby i areału;
- wykonywanie sesji pomiarowych (odczytów pomiarów pH związanych z lokalizacją pomiaru wg GPS) na wybranym polu;

- wyznaczanie granic badanego obszaru;
- opracowanie zasad rozkładu pH na całym pomierzonym obszarze;
- prezentację graficzną takiego rozkładu;
- zabezpieczenie zebranych danych i kontynuację pomiarów w przypadkach awarii aplikacji bądź smartfona / tabletu;
- trwały zapis w zasobach lokalnych aplikacji.

Najbardziej czasochłonnym elementem tego etapu było opracowanie zasad rozkładu pH na podstawie wykonywanych pomiarów. Z uwagi na silne uwarunkowania geologiczne nie istniały wcześniej opracowane modele matematyczne takiego rozkładu.
Dlatego zostało szczegółowo opomiarowanych wiele pól o zróżnicowanych fragmentach poziomu kwasowości przejawiających się słabym plonem i innymi cechami.
Na bazie tych pomiarów został utworzony model matematyczny uwzględniający charakterystyczne zmiany rozkładu kwasowości pomiędzy punktami ustalonymi empirycznie.
Ujmując problem obrazowo, jest to pofałdowana w specyficzny sposób powierzchnia pola z wybrzuszeniami i dolinami poziomu pH.

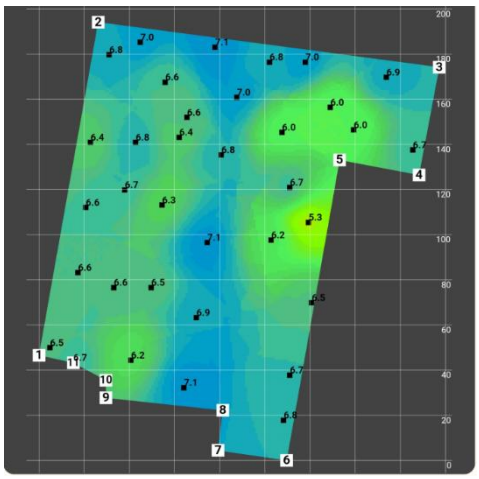


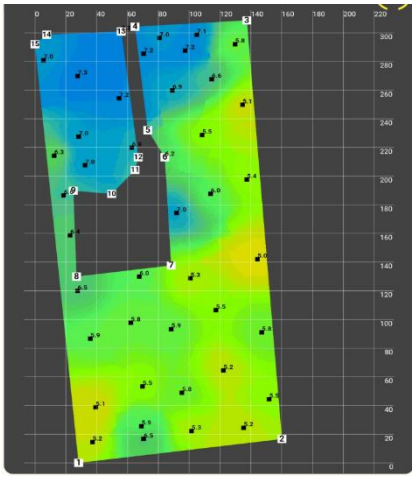
Opracowano unikatowy, autorski zapis matematyczny tego modelu i rozpoczęto próby porównania wartości prognozowanych przez model z pomiarami realnymi w losowo wybranych punktach pola. Po pewnych korektach parametrów modelu uzyskano narzędzie, na którym można było zbudować mapę izolinii kwasowości dla całego pola na podstawie kompletu pomiarów wg określonego wzorca. Na bazie modelu można było już zaprezentować „izoPH" w sposób graficzny z dokładnością do 0.1pH.

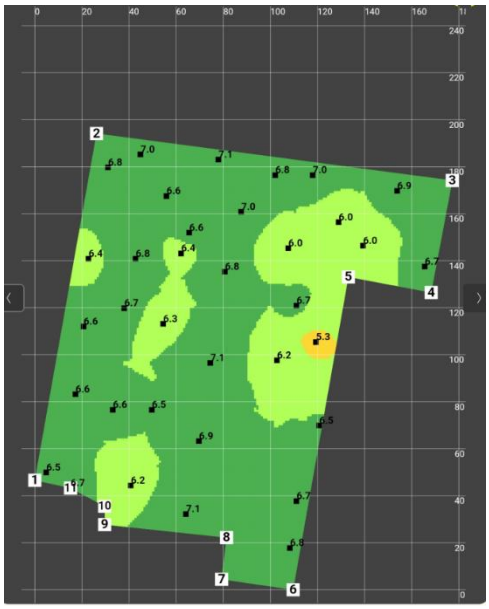
Mapa rozkładu jest budowana w czasie rzeczywistym, bezpośrednio podczas wykonywania pomiarów. Rolnik widzi od razu będąc na polu słabsze obszary i ma możliwość doprecyzowania obrazu mapy poprzez dodatkowe pomiary.

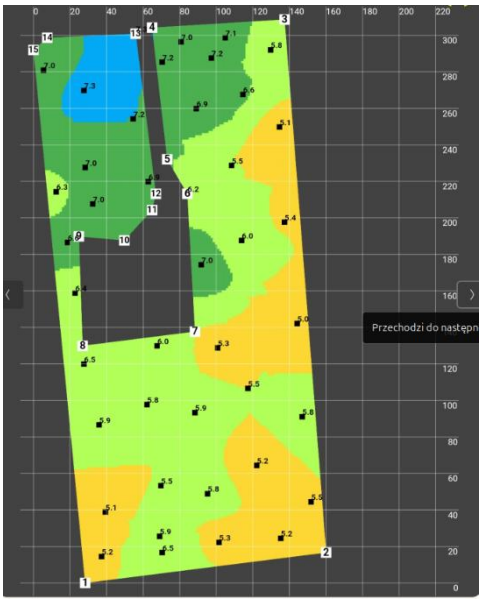
To stanowiło olbrzymi przełom dla rolnika z punktu widzenia wcześniej dostępnych praktyk pobierania próbek gleby do laboratorium, gdzie otrzymywał suche, mało wnoszące liczby.

Oto kilka zmapowanych pól rolników testowych:

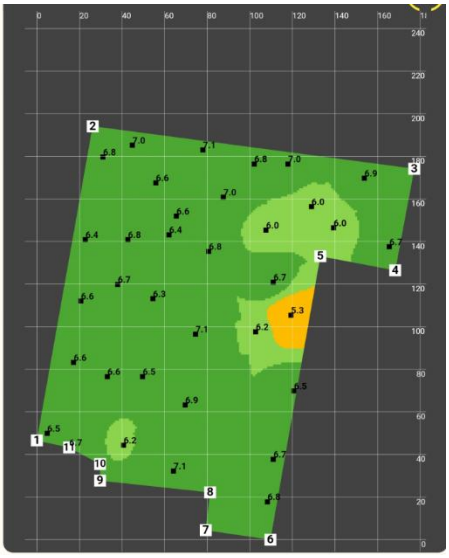




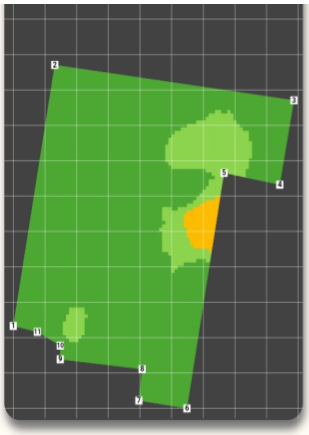



Przechodzi do następn

Kolejny istotny obraz map to mapy potrzeb wapnowania, do których wymagane było opracowanie autorskich relacji określających zakres potrzeb wapnowania w zależności od przedziału wartości pH:





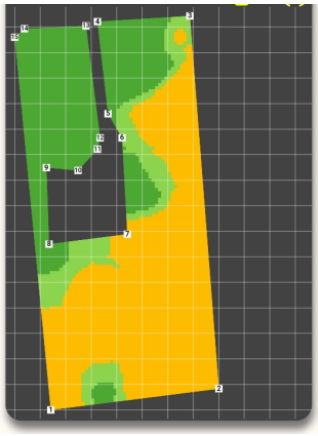


Potrzeby wapnowania

wskazane 2 %

ograniczone 12 %

Zaznaczona
główna klasa gleby
lekka - klasa IV



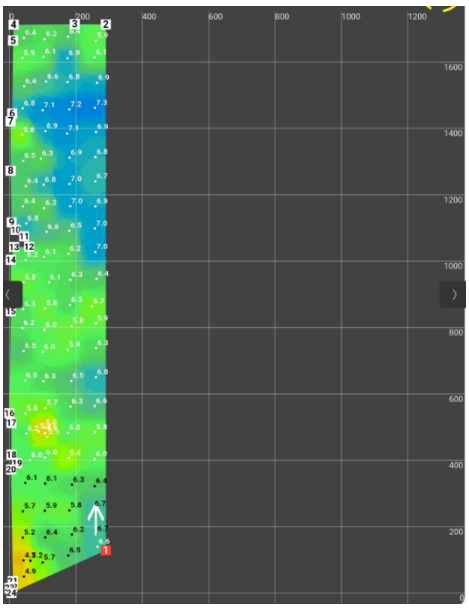
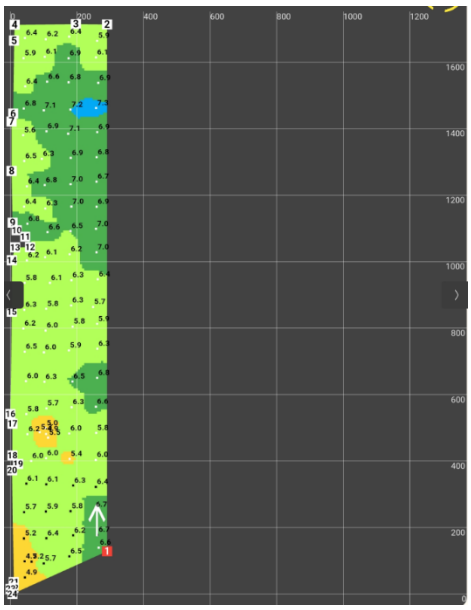
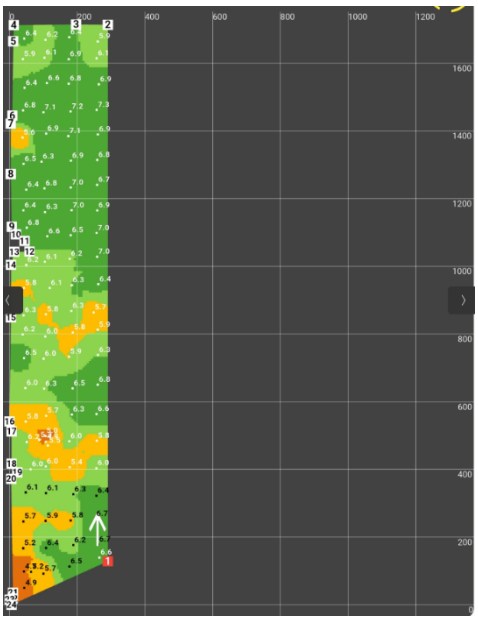
6. 0 p

Potrzeby wapnowania

wskazane 53 %

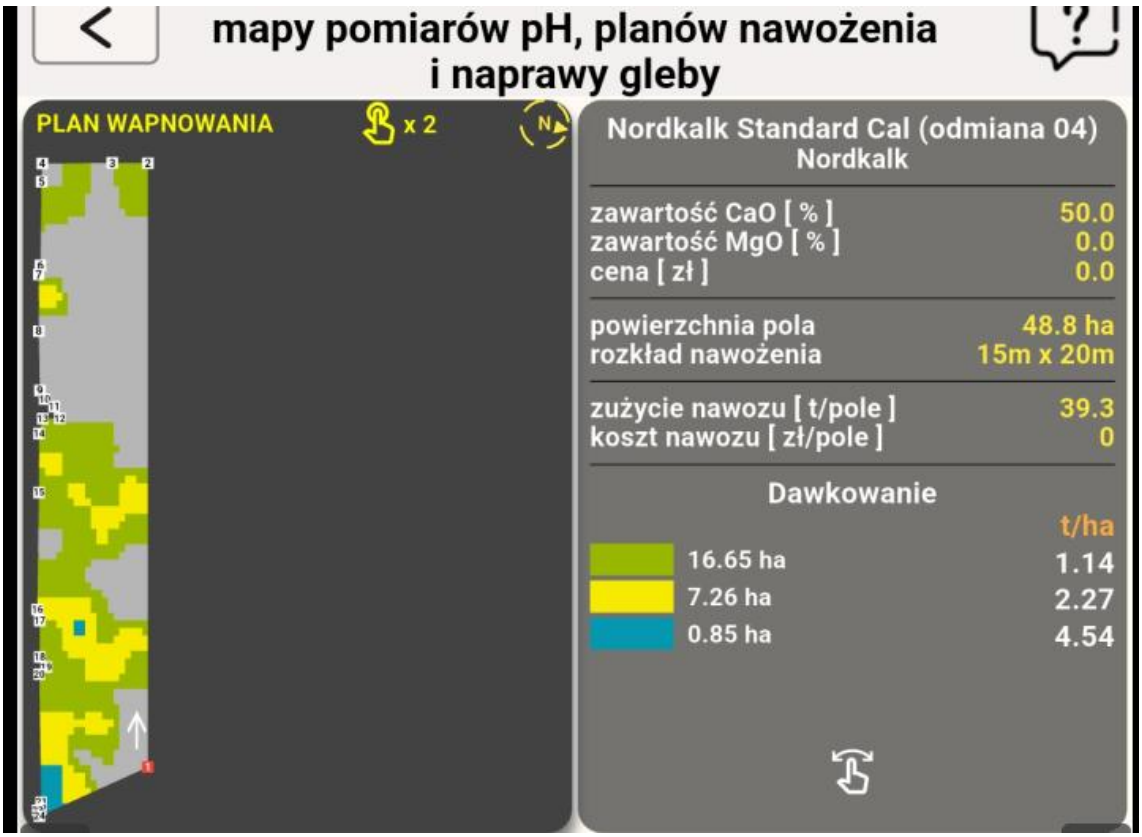
ograniczone 12 %

Zaznaczona
główna klasa gleby
lekka - klasa IV

Kolejnym etapem (czwartym) było danie narzędzi rolnikowi do budowy planu wapnowania na podstawie map potrzeb wapnowania. To wymagało udostępnienia rolnikowi autorskiej bazy preparatów do wapnowania o różnych właściwościach i cechach.

Na podstawie wybranych preparatów oraz określenia szerokości pasa i oczekiwanej / możliwej technicznie dokładności dawkowania rozrzutnikiem wapna rolnik otrzymał możliwość utworzenia planu wapnowania precyzyjnego. Mógł ocenić, które z preparatów są najbardziej ekonomiczne oraz ile zaoszczędza stosując wapnowanie precyzyjne na podstawie planu wapnowania.



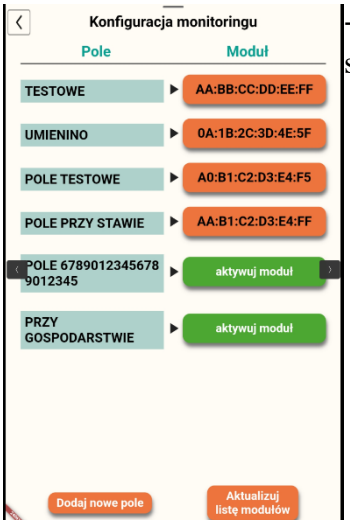
Etap piąty miał za zadanie umożliwić rolnikowi wykonanie realnie wapnowania na podstawie wybranego planu. Lokalizację zestawu w konkretnym punkcie wapnowanego pola zapewniało to same urządzenie, które służyło do pomiarów. Osadzone na karoserii ciągnika, miało za zadanie prezentować aktualne położenie zestawu rozsiewacza na wybranym pasie wapnowania. W chwili zbliżania się do sektora (inna kolorystyka na mapie), rolnik miał być poinformowany o konieczności zmiany dawki i za ile metrów ta zmiana jest wymagana. Pasy aktualnie nawiezione miały zmienić kolor tak, aby rolnik widział na ekranie aplikacji realny postęp swojej pracy.

Po zbiorach przewidziane było, aby powtórzyć pomiary pH w obszarach, wcześniej wskazanych do wapnowania. To pozwalało stworzenie nowej aktualnej mapy i zestawienie jej z wcześniejszą (przed wapnowaniem) sesją pomiarową. Łatwo poprzez zmianę układu graficznego rozkładu pH było ustalić rolnikowi, w jakim stopniu wcześniej przeprowadzone wapnowanie precyzyjne poprawiło - wygładziło mapę rozkładu kwasowości.

W efekcie rolnik otrzymał komplet narzędzi, aby wdrożyć zasady rolnictwa 4.0 w praktyce bez konieczności każdorazowo wsparcia ze strony kosztownych usług firm specjalistycznych.

W etapie szóstym projektu skoncentrowaliśmy się na umożliwieniu rolnikowi bezpiecznego kreowania własnych mieszanin zbiornikowych.
Kolejno były realizowane funkcjonalności:
- wyboru źródła wody, dla którego zostały pomierzone: kwasowość, temperatura i twardość wody zabiegowej;
- wyboru aktywnych preparatów z obszernej autorskiej bazy środków ochrony roślin;
- opracowaniu algorytmu konieczności / dowolności dodania adiuwantów w celu poprawy jakości wody zabiegowej;
- opracowanie autorskiego algorytmu sortowania wybranych przez rolnika preparatów pod kątem kolejności dodawania do tworzącej się mieszaniny tak, aby uniknąć zjawisk wcześniej zasygnalizowanych - wytrącania się osadów w mieszaninie, zapychania pomp i dysz zbiornikowych;
- zapisywanie, edycja, kasowanie utworzonej mieszaniny w zasobach lokalnych applikacji.

W etapie siódmym opracowano moduł poświęcony monitoringowi pól.
Kolejno oprogramowano:
- odbiór i zapis danych przekazywanych cyklicznie przez moduły I z podziałem na konta i poszczególne pola użytkowników po stronie backendu;
- analizę po stronie backendu pod kątem konieczności generowania informacji ostrzegawczych bezpośrednio po odbiorze paczki danych;

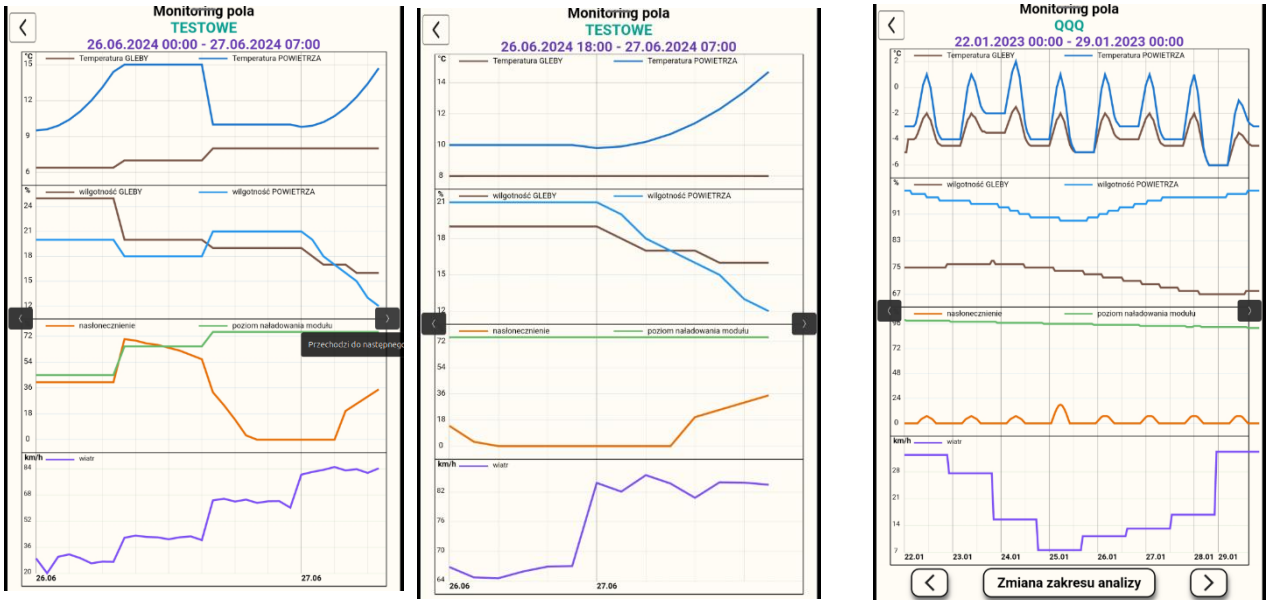


- aktywację / deaktywację danego modułu I do wskazanego pola po stronie front endu (aplikacji mobilnej);



- wyświetlanie bieżących parametrów uprawy dla wszystkich nadzorowanych upraw;

- zestawienia okresowe kontrolowanych parametrów uprawy.



W etapie ósmym dodano narzędzia technicznej diagnostyki modułów pomiarowych - stanu sond pomiarowych, pamięci mikroprocesora, stanu akumulatora, modułu GPS i BLE.

Końcowy - **dziewiąty etap** tej części projektu to oprogramowanie transferu zbieranych danych na serwer tak, aby w przypadku awarii rolnik mógł odtworzyć swoje dane i wyniki wygodnie, szybko i bez konieczności interwencji serwisu.
Ze względu na specyficzne przeznaczenie urządzenia i aplikacji - pracy w terenie, gdzie nie można było polegać na dobrym zasięgu WiFi lub LTE, podstawowe bloki aplikacji musiały pracować całkowicie autonomicznie, w tzw. trybie off-line.

To za skutkowało ostatecznie budową struktury rozproszonej systemu informatycznego, jako najbardziej bezpiecznej z punktu widzenia użytkownika.