



Małgorzata Kuchta

Piotr Michalik

Akademia Nauk Stosowanych w Raciborzu, Instytut Techniki

BUDOWA AUTOMATYCZNEGO SYSTEMU UPRAWY ROŚLIN METODĄ HYDROPONICZNĄ

Streszczenie (abstrakt): W artykule została przedstawiona budowa automatycznego systemu uprawy roślin metodą hydroponiczną. Na wstępie dokonano wyboru typu systemu zastosowanego w projekcie oraz zdefiniowano monitorowane parametry, które są automatycznie regulowane w trakcie działania wybranego rozwiązania. Opisano podzespoły, elementy wykonawcze i czujniki, dozownik pożywki oraz środka typu „Ph down”. Na końcu przedstawiono wyniki testów automatycznego systemu sterowania uprawą hydroponiczną.

Słowa kluczowe: automatyczna uprawa roślin, hydroponika, mikrokontroler Arduino, sterowanie

CONSTRUCTION OF AN AUTOMATIC PLANT CULTIVATION SYSTEM WITH THE HYDROPONIC METHOD

Abstract: The article presents the construction of an automatic plant cultivation system using the hydroponic method. At the beginning, the type of system used in the project was selected, as well as monitored parameters that are automatically adjusted during the operation of the selected solution. The subassemblies, actuators and sensors used, as well as the nutrient medium and Ph down agent dispenser are presented. Finally, the results of the tests of the automatic hydroponic cultivation control system are presented.

Keywords: automatic plant cultivation, hydroponics, Arduino microcontroller, control

1. Wstęp

W dobie coraz większego zanieczyszczenia środowiska, upraw roślin i zbóż na masową skalę, nierzadko nie jest nam znane pochodzenie żywności, kupowanej w sklepie, tym bardziej nie wiemy, jakie ma wartości odżywcze. Nie wiadomo również, czy do wyhodowania warzyw zastosowano ekologiczne nawozy, dlatego konsument nie ma także pewności, czy producent nie nadużywał środków chemicznych zawierających szkodliwe dla zdrowia substancje, czy nawet pestycydy. Coraz częściej zastanawiamy się, czy tak naprawdę warzywa, które spożywamy, są na pewno dobre dla naszego zdrowia. Na wiele z tych pytań nie umiemy sobie odpowiedzieć. Producenci zapewniają nas, że nie stosują szkodliwych substancji, jednakże należy pamiętać, że w wielu przypadkach głównym kryterium dla nich jest korzyść finansowa.

Najlepszym rozwiązaniem wydaje się samodzielna uprawa warzyw i roślin, które ludzie chcieliby spożywać. Należy nadmienić, że większość społeczeństwa pragnie pójść w kierunku eko-uprawy, ale niestety nie ma ku temu warunków lokalowych, odpowiedniej

wiedzy czy też determinacji, chęci i czasu. Rozwiązaniem tych wszystkich problemów jest uprawa roślin w systemie hydroponicznym. Jest to również rozwiązanie dla dużych upraw np. szklarnianych, pozwalające zaoszczędzić miejsce. Hydroponika to sposób uprawy roślin bez wykorzystania podłoża organicznego. Rośliny są utrzymywane w wodzie z dodatkiem substancji odżywczych, dzięki czemu mają bezpośredni kontakt z substancjami potrebnymi im do wzrostu. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość upraw w pomieszczeniach zamkniętych bez dostępu do światła słonecznego oraz uprawy w systemie wertykalnym na bardzo małej powierzchni. Ważną zaletą jest, fakt iż rośliny uprawiane w hydroponice rosną i dojrzewają szybciej od roślin uprawianych w ziemi. Jest to możliwe dzięki bardzo precyzyjnemu dawkowaniu substancji odżywczych do roztworu wodnego oraz zapewnieniu odpowiedniej temperatury odżywki i jej Ph. Można to wszystko wykonywać manualnie, ale lepiej zastosować proste sterowanie automatyczne [6].

Systemy pełnej kontroli parametrów stosuje się w uprawach przemysłowych. Rozwiązania takie są bardzo kosztowne w zakupie i utrzymaniu. Można jednak zbudować z powszechnie dostępnych elementów i czujników system hydroponiczny o wiele tańszy, który będzie monitorował parametry uprawy oraz dozował odpowiednie preparaty, aby rośliny odpowiednio się rozwijały. Rozwiązanie takie każdy by mógł zastosować w swoim mieszkaniu, niekoniecznie znając się na uprawie roślin.

2. Realizacja układu

2.1. Wybór systemu hydroponicznego

Przy wyborze systemu hydroponicznego, jaki został wykonany w rzeczywistości, kierowano się kilkoma kryteriami:

- ekonomicznymi – realizacja wykonania projektu powinna się zamknąć sumą do 1000 zł,
- system uprawy nie powinien być rozmieszczony na dużej powierzchni, na przykład mieszkaniowej, powinien być zwarty w swojej budowie,
- obsługa powinna być jak najmniej pracochłonna oraz sam system powinien być jak najmniej uciążliwy dla osób przebywających w danym pomieszczeniu,
- wykonanie powinno być estetyczne, harmonizujące z otoczeniem,
- koszty utrzymania systemu powinny być relatywnie niskie.

Zdecydowano się na system typu Nutrient Film Technique (NFT), który wykorzystuje cienkowiarskowe kultury przepływowe. Woda w tych systemach płynie bardzo płytkim strumieniem, spływa metodą grawitacyjną poprzez rynny i korzenie do zbiornika, gdzie za pomocą pompy jest ponownie transportowana do najwyższego punktu rynny. Układ działa w obiegu zamkniętym. Substancje odżywcze są dostarczane do zbiornika, gdzie wraz z wodą trafiają do korzeni. System ten jest prosty do wykonania i utrzymania. W celu niezabierania dużej powierzchni mieszkaniowej, korytka z roślinami zostały umieszczone wertykalnie.

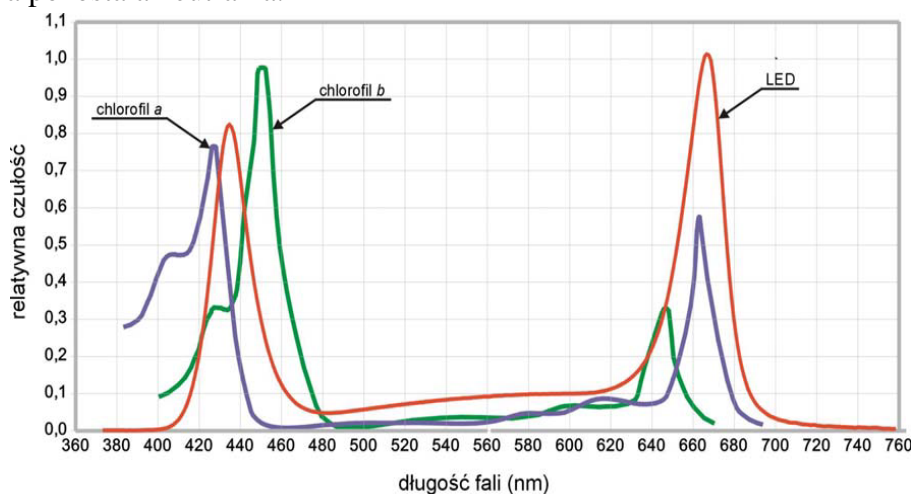
2.2. Projekt układu

Zaprojektowana instalacja składa się z następujących głównych elementów:

- korytek dla roślin o wymiarach 100x12x6 cm – w każdym korytku mieści się pięć stanowisk dla roślin,
- zbiornika 50-litrowego na wodę, w którym umieszczono pompę wody cyrkulacyjnej HX-6530,
- rusztowania o wymiarach 120x200 cm, wykonanego z drewnianych elementów,
- listwy Led sztywnej 7030 IP20, o mocy świetlnej 3500 lm/m, barwa światła 3200K w liczbie czterech sztuk,
- listwy Led grow 5630 IP20 72 w liczbie czterech sztuk.

2.3. Doświetlenie roślin

W wyniku pomiarów wykonanych w pomieszczeniu, w którym zainstalowano system ustalono, że wartość natężenia światła jest za mała, aby rośliny rozwijały się prawidłowo. Rośliny do prawidłowego wzrostu potrzebują natężenia światła o wartości 4000-6000 luksów [1]. W celu zapewnienia prawidłowego wzrostu zdecydowano się na doświetlanie stanowisk. Aby oświetlenie było energooszczędne i tanie, wybrano oświetlenie LED, które w porównaniu z oświetleniem jarzeniowym zmniejsza zużycie prądu o 70%. Oświetlenie LED może być stosowane w temperaturach od -20°C do 55°C i przy wilgotności od 5% do 95%, charakteryzuje się dłuższym okresem eksploatacji, a także wydziela dużo mniej ciepła do otoczenia [2]. Dzięki temu listwy LED mogą być zawieszane dużo niżej nad roślinami niż w tradycyjnym oświetleniu żarowym. Zawieszając oświetlenie bliżej roślin, można uzyskać większe natężenie światła padającego na stanowiska, nie obawiając się jednocześnie o uszkodzenie roślin wysoką temperaturą, pochodzącą z nagrzewających się lamp. W celu ograniczenia uciążliwości oświetlenia dla użytkownika, zdecydowano się na dwa rodzaje listwy LED. Listwy LED białe o mocy świetlnej 3500 lm/m oraz oświetlenia dodatkowego listwy LED grow 1800 lm/m. Listwa LED grow spełnia funkcję doświetlenia roślin w zakresie spektrum światła w których najlepiej jest przyswajany chlorofil, co przedstawiono na Rys. 1. Listwa główna służy do doświetlania uprawy oraz pomieszczenia w zakresie normalnego spektrum widzialnego dla ludzi. Dzięki takiemu połączeniu LED uprawie zapewniono oświetlenie o odpowiednim spektrum światła, a dla ludzi zaś barwa oświetlenia pozostała neutralna.



Rys. 1. Charakterystyka spektralna widma emisyjnego lamp Led oraz krzywej absorpcji chlorofilu a i chlorofilu b [4]

Listwy LED, aby zaspakajały potrzeby roślin w zakresie oświetlenia, muszą być w stosunkowo bliskiej odległości od stanowisk, dlatego zdecydowano się na możliwość ich regulacji. W pierwszej fazie wzrostu listwy zawieszono nisko nad stanowiskami a dla roślin rozwiniętych LED-y przesunięto wyżej. Odległość między korytkami, w których zasadzono rośliny, wynosi 40 cm. Rośliny umieszczono w koszykach do systemów hydroponicznych, a korzenie utwierdzono w granulacie z keramzytu, który jest minerałem obojętnym chemicznie i obojętnym na wodę oraz działanie pleśni, a ponadto bardzo lekkim.

Po uwzględnieniu wszystkich założeń powstał projekt układu systemu hydroponicznego a jego wizualizację przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Wizualizacja – projekt systemu hydroponicznego

2.4. Koncepcja układu sterowania oraz pomiarowego

Układ pomiarowy mierzy najważniejsze parametry:

- stan elektrolitów w wodzie analogowym czujnikiem zasolenia DFRobot DFR0300-H,
- poziom Ph wody analogowym czujnikiem Ph,
- temperaturę i wilgotność powietrza czujnikiem DHT11,
- poziom wody w zbiorniku bezkontaktowym czujnikiem DFRobot Gravity,

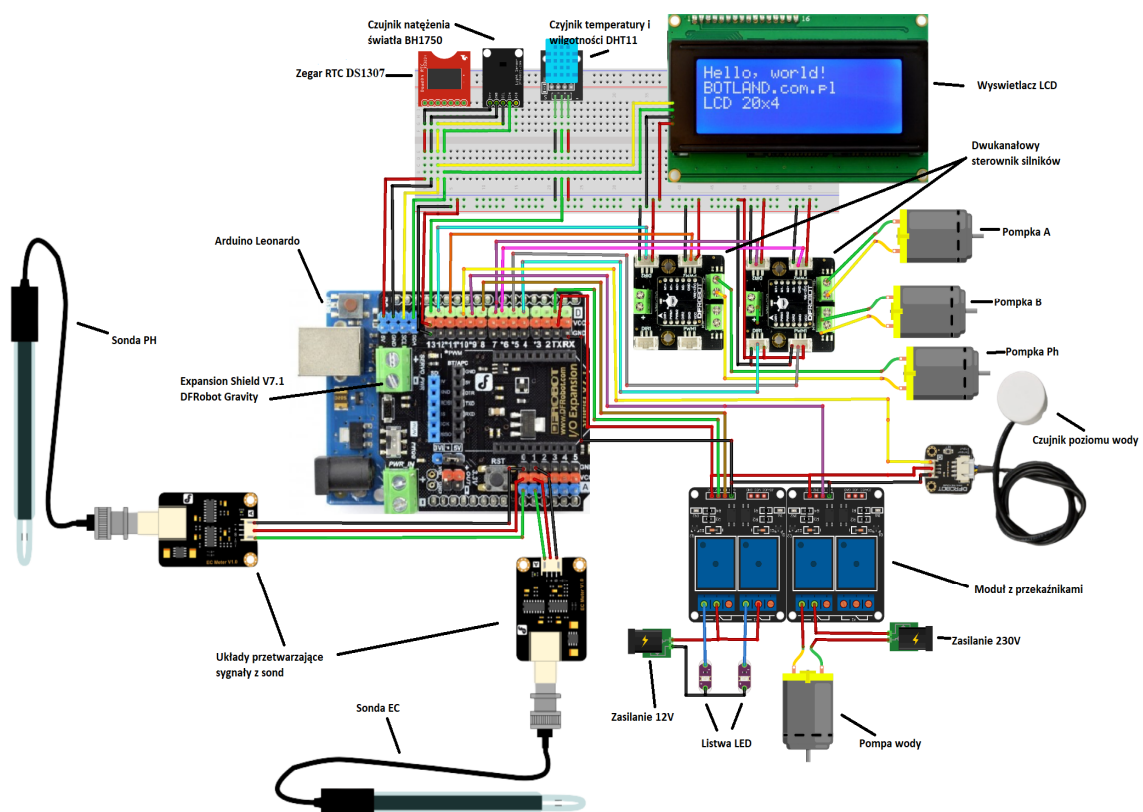
- natężenie oświetlenia czujnikiem natężenia światła BH1750.

Drugim zadaniem układu sterowania jest regulowanie dostarczania odpowiednich ilości preparatów do zbiornika z wodą, którymi są:

- pożywka Aqua Vega A,
- pożywka Aqua Vega B,
- środek Ph Down.

Trzecim zadaniem układu jest sterowanie oświetleniem LED. Oświetlenie musi się włączać i wyłączać w odpowiednich godzinach. Kolejnym zadaniem układu jest sterowanie pompą główną, która dostarcza wodę do korytek. Pompa nie działa w systemie ciągłym, ale pracuje w interwałach czasowych, aby korzenie roślin nie przebywały cały czas w wodzie i nie uległy zgniciu. Układ sterowania, wyświetlacz LCD oraz zasilacz LED zostały umieszczone w jednej obudowie.

Pompy perystaltyczne służące do dostarczania pożywki A i B oraz środka Ph Down zamontowano w osobnej obudowie, aby w razie uszkodzenia czy też przecieku nie uległ zalaniu główny układ sterowania. Model układu sterowania przedstawia Rys. 3.



fritzing

Rys. 3. Model układu sterowania

Model zbudowano na bazie Arduino Leonardo. W skład modelu wchodzi:

- mikrokontroler Arduino Leonardo,

- IO Expansion Shield DFRobot Gravity,
- wyświetlacz LCD 4x20 znaków niebieski + konwerter I2C LCM1602,
- moduł przekaźników 4 kanały z optoizolacją – styki 10A/250VAC,
- dwukanałowy sterownik silników DFRobot TB6612FNG – szt. 2,
- pompka perystaltyczna – szt. 3,
- pompka wody,
- zegar czasu rzeczywistego RTC DS1307 I2C,
- analogowy czujnik pH,
- analogowy czujnik zasolenia wody i gleby – DFRobot DFR0300-H,
- czujnik temperatury i wilgotności powietrza DHT11,
- czujnik natężenia światła BH1750,
- czujnik poziomu cieczy – bezkontaktowy DFRobot Gravity.

2.5. Elementy i czujnik zastosowane w projekcie

Układ sterowania i pracy uprawy hydroponicznej składa się z kilku elementów, które można podzielić na grupę podstawową, czyli wykonawczą oraz pomiarową. Układ wykonawczy składa się z podstawowej pompy dostarczającej wodę wraz z odżywką oraz trzech pompek perystaltycznych. Wszystkim steruje układ Arduino Leonardo. Drugą grupę stanowią czujniki monitorujące najważniejsze parametry układu.

Sterownik DFRobot TB6612FNG to moduł z dwukanałowym sterownikiem silników prądu stałego. Umożliwia regulację prędkościami oraz kierunkiem obrotów dwóch silników. Układ ten posiada także zewnętrzne wejście na zasilanie silników, którym steruje pompkami perystaltycznymi, podającymi odżywkę oraz środek do regulacji Ph.

Alfanumeryczny wyświetlacz LCD, zasilany napięciem 5 V, może wyświetlać 80 znaków w czterech rzędach po dwadzieścia kolumn. Na wyświetlaczu można odczytać aktualne parametry systemu, takie jak: temperatura i wilgotność powietrza, poziom Ph oraz elektrolitów, aktualna godzina.

Moduł z zegarem czasu rzeczywistego DS1307 posiada rezerwowe zasilanie bateryjne, które utrzyma pracę zegara w razie braku zasilania. Interfejsem komunikacyjnym jest magistrala I2C. Zegar ten steruje uruchamianiem pomp oraz oświetleniem.

Cyrkulacyjna pompa wodna HX-6530 (Rys. 4) ma podwójne zastosowanie, może być używana w wodzie jako pompa zanurzeniowa jak i poza nią. Wyposażona jest w neodymowy wirnik magnetyczny oraz wał ceramiczny, dzięki temu jest bardzo cicha. Pompy tego typu mają zastosowanie w akwarystyce i uprawach hydroponicznych przy tworzeniu fontann i dlatego wykorzystano ją do obiegu wody z substancjami odżywczymi.

Pompki perystaltyczne (Rys. 5) służą dawkowaniu do zbiornika odżywki składającej się z części A i B oraz roztworu substancji PH Down. Roztwór ten reguluje kwasowość i zasadowość odżywki. Pompki te zastosowano do podawania odżywki oraz środka regulującego stan Ph z pojemników do głównego zbiornika z wodą.



Rys. 4. Pompa wodna cyrkulacyjna HX-6530 [7]



Rys. 5. Pompa przewodowa perystaltyczna [5]

Moduł przekaźników pozwala na sterowanie elementami wykonawczymi pobierającymi prąd do 10 A przy pomocy portów mikrokontrolera. Dzięki optoizolacji, która separuje sygnał sterujący od części związanej z zasilaniem przekaźnika, zapewniono bezpieczeństwo pracy układu sterującego. Moduł przekaźnikowy odpowiedzialny jest za uruchomienie pompy głównej oraz oświetlenia LED.

Analogowy czujnik pH dla Arduino jest to miernik kwasowości roztworu pH z elektrodą (Rys. 6). W zakresie od 0 pH do 14 pH napięcie wyjściowe jest liniowe. Wbudowany układ regulatora napięcia obsługuje szeroki zakres napięcia 3,3 ~ 5,5 V. Głównym zadaniem tego czujnika jest pomiar stanu Ph wody w zbiorniku.



Rys. 6. Analogowy czujnik PH [5]

Czujnik natężenia światła BH1750 działa w zakresie 1 – 65535 lx z rozdzielczością 1 lub 4 lx w zależności od wybranego trybu pracy. Moduł można stosować do pomiaru natężenia światła zarówno w pomieszczeniach jak i na zewnątrz. Wyniki pomiarów tego czujnika wyświetlane są na panelu LCD.

Analogowy czujnik zasolenia wody i gleby – DFRobot DFR0300-H pozwala zmierzyć zasolenie wody poprzez zbadanie odwrotności oporu, jakim jest przewodność (Rys. 7). Jeżeli poziom soli jest za wysoki, może to doprowadzić do zniszczenia roślin, natomiast jeżeli jest zbyt niski, może oznaczać niedobór składników odżywczych. Przewodność wody odzwierciedla poziom obecnych w niej elektrolitów. W zależności od ich stężenia, przewodność roztworu wodnego jest różna. Sprawdzając poziom elektrolitów w zbiorniku, stwierdza się, czy należy uzupełnić braki odżywki w zbiorniku.



Rys. 7. Analogowy czujnik zasolenia wody i gleby – DFRobot DFR0300-H [5]

Czujnik temperatury i wilgotności powietrza DHT11 monitoruje zmiany wilgotności w pomieszczeniu z roślinami. Sygnalizuje, czy rośliny należy dodatkowo zraszać manualnie czy też nie. Moduł zawiera czujnik, umożliwiający pomiar temperatury i wilgotności powietrza w jednej obudowie. Wyniki pomiarów widoczne są na wyświetlaczu LCD.

Czujnik poziomu cieczy – bezkontaktowy DFRobot Gravity – wykrywa poziom cieczy bez konieczności zanurzania go w niej. Dzięki pomiarowi bezkontaktowemu moduł nadaje się do niebezpiecznych substancji, jak silne kwasy, zasady, substancje toksyczne oraz pojemniki pod wysokim ciśnieniem. Czujnik ten zamontowano z zewnątrz na zbiorniku, dzięki czemu sygnalizuje o niskim poziomie wody w zbiorniku.

2.6. Montaż układu sterowania, dozownika oraz systemu NFT dla roślin

Wszystkie elementy układu sterowania, zostały umieszczone w jednej obudowie. Całkowita moc pobierana przez listwy LED wynosi 125 W, dlatego zamontowano zasilacz EKZAS9373 o mocy wyjściowej 150 W. Zastosowany zasilacz mocno się grzeje, dlatego do zmontowania całego układu wybrano obudowę wentylowaną, dzięki czemu dobrze odprowadza ciepło jakie powstaje w trakcie pracy zasilacza. Na froncie obudowy zostały umieszczone gniazda wyjść czujników oraz sond, a także gniazda zasilania pompki perystaltycznych oraz zasilanie pompy wodnej. W górnej części obudowy został umieszczony wyświetlacz LCD, na którym odczytuje się aktualne wartości temperatury, wilgotności,

poziom elektrolitów w wodzie oraz wartość Ph. Cały układ sterowania został przedstawiony na Rys. 8 i Rys. 9.

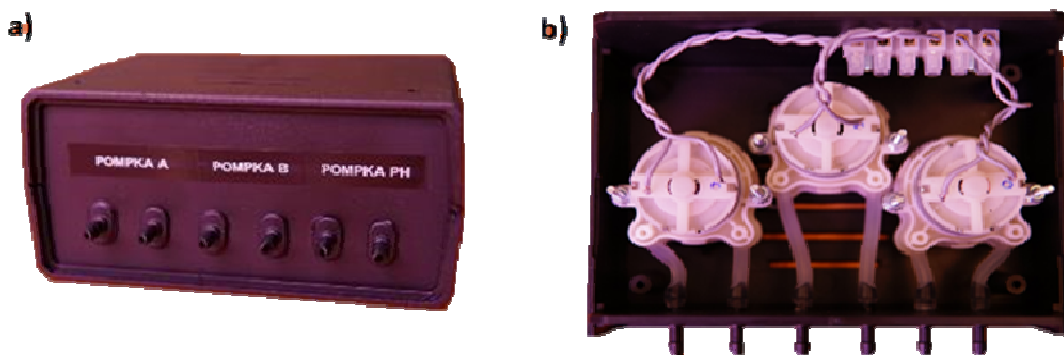


Rys. 8. Obudowa układu sterowania widok zewnętrzny



Rys. 9. Układ sterowania widok wewnętrzny obudowy

Dozownik, podający odżywkę oraz środek Ph Down do zbiornika, składa się z trzech pomp perystaltycznych napędzanych silnikami o napięciu: DC 5-6 V. Wydajność tych pomp wynosi około 0.25 litra na minutę, co jest zdecydowanie za dużo na potrzeby projektu, i co wiąże się z problemem precyzyjnej regulacji ich wydajności. Wszystkie pompy zostały umieszczone w obudowie wentylowanej Z3 (Rys. 10).



Rys. 10. Dozownik widok obudowy a) z zewnątrz b) wewnątrz

System NFT został zbudowany w oparciu o ogólnie dostępne materiały, które można kupić w sklepie z materiałami budowlanymi. Korytka dla roślin powstały na bazie kanałów wentylacyjnych 100x12x6 mm, które na końcach zaślepiono. Następnie zostały wywiercone w nich otwory o średnicy 70 mm na doniczki hydroponiczne oraz dopływy i spływy wody.

Stelaż został zmontowany z drewnianych desek o przekroju 70x25 mm. Korytka oraz listwy LED na stelażu zostały zawieszane za pomocą łańcuszka o małych oczkach, dzięki temu istnieje możliwość manualnej regulacji wysokości zawieszenia korytek oraz listw LED. Zawieszenie korytek na łańcuszku posiada jeszcze jedną zaletę, a mianowicie

łatwość odpowiedniego wypoziomowania korytek. W systemie NFT woda spływa metodą grawitacyjną a pochylenie korytek nie może przekraczać 1-2 % na metrze długości [3].

Całość systemu NFT po zmontowaniu przedstawiono na Rys. 11. Stelaż ma wymiary zewnętrzne 120x200x50 cm. Nachylenie korytek oraz odległość listew LED można regulować w zależności od potrzeb. Pod stelażem znajduje się zbiornik o pojemności 60 l.

Pojemniki z preparatem do regulacji Ph oraz odżywką A i B o pojemności 100 ml każdy znajdują się z boku zbiornika.



Rys. 11. Stelaż wraz z korytkami dla roślin i listwami LED

2.7. Program sterujący

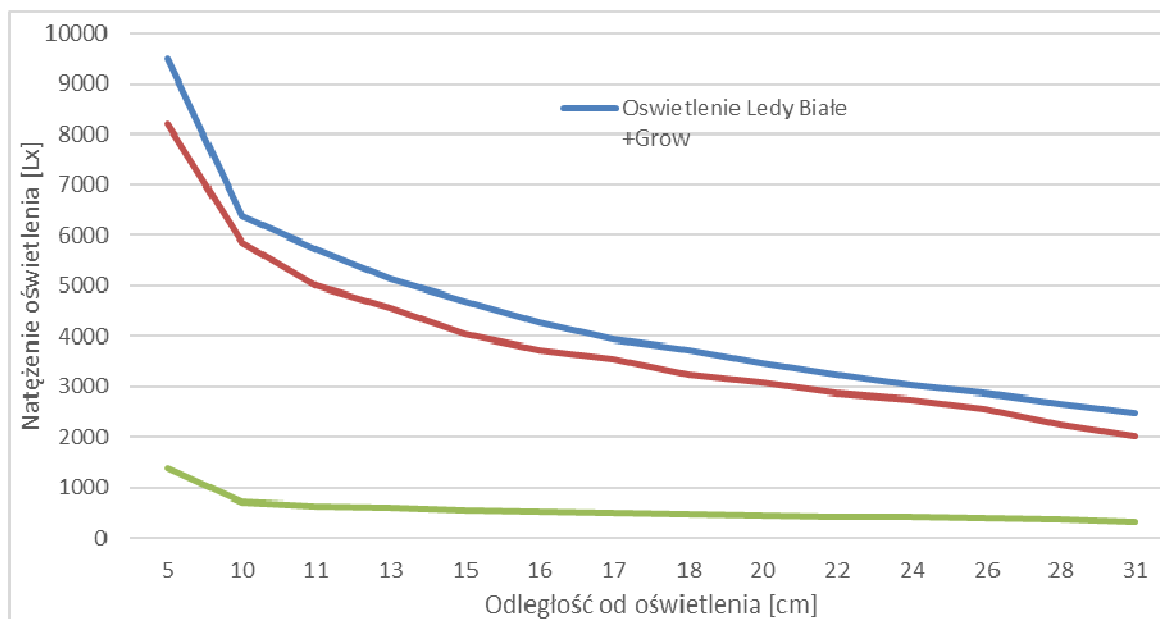
Program, który zarządza działaniem sterownika i dozownika, został napisany w oprogramowaniu dedykowanym Arduino Software. Oprogramowanie steruje działaniem pomp dozujących pożywkę, środka stabilizującego poziom Ph oraz pompy głównej, rozprzodającej wodę w całym systemie. Jest także odpowiedzialne za prawidłowe wyświetlanie wszystkich parametrów na wyświetlaczu LCD.

Oprogramowanie działa w pętli, w trakcie której sprawdzany jest poziom Ph oraz elektrolitów w zbiorniku. Oświetlenie oraz pompa wodna uruchamiane są w określonych godzinach. Raz na dobę, jeżeli są spełnione określone warunki, uruchamiają się pompki perystaltyczne, podające do zbiornika odżywkę A i B oraz regulator Ph.

3. Wdrożenie i testowanie projektu

Sprawdzenie poprawności działania i pracy całego systemu rozpoczęto od wysiewu nasion rukoli, bazylii i dwóch rodzajów sałaty do tak zwanego propagatora. Nasiona w propagatorze wykiełkowały i po dwóch tygodniach sadzonki zostały przeniesione do zaprojektowanego i zbudowanego systemu NFT z automatyczną regulacją stanu odżywki oraz wartości Ph roztworu.

W celu poprawnego działania systemu sonda Ph została skalibrowana. Dokładność pomiarów Ph zależy od precyzyjnego skalibrowania sondy. W procesie kalibracji użyto buforu Ph 4.01, Ph 8.86 oraz Ph 9.18. Także sonda zasolenia roztworu została skalibrowana wzorcami przewodności 12.88 mS i 1413 μ S. Za pomocą czujnika pomiaru natężenia światła, który został umieszczony wraz z czujnikiem wilgotności na jednym z korytek, zostały dokonane pomiary oświetlenia LED w zależności od wysokości umieszczenia listwy LED nad korytkiem z roślinami (Rys. 12). Jak można zaobserwować na wykresie oświetlenie jest wystarczające aby rośliny mogły się poprawnie rozwijać.



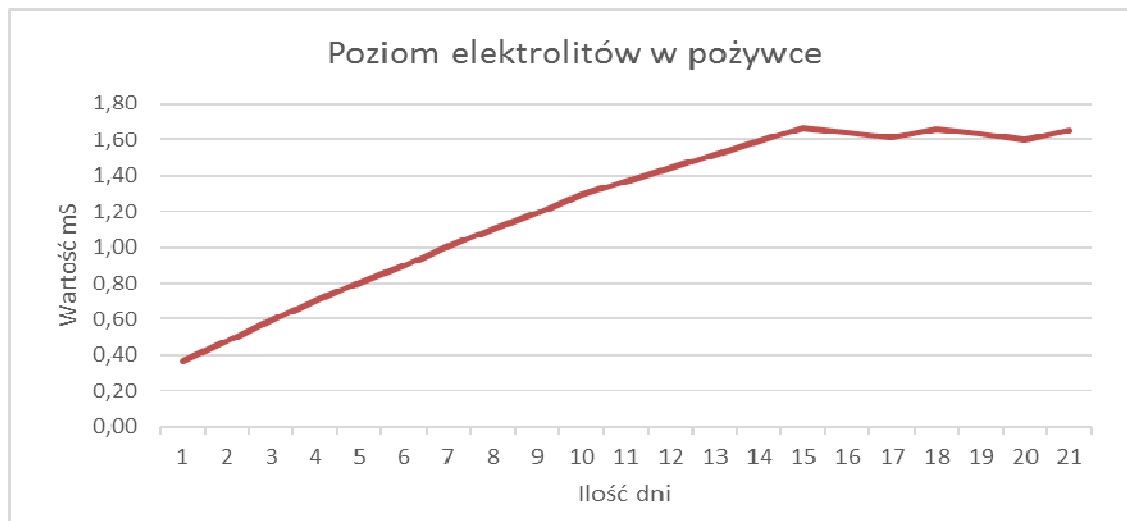
Rys. 12. Pomiar natężenia oświetlenia nad roślinami

Dozownik (Rys. 13), podający pożywki Aqua Vega A oraz B wykalibrowano, aby w trakcie jednego cyklu podać 10 ml odżywki A oraz 10 ml odżywki B i preparat dostawał się do wody stopniowo.



Rys. 13. Dozownik i układ sterujący

Nagłe podanie preparatu do rozwijających się i młodych roślin może uszkodzić system korzeniowy. Poziom wzrostu zasolenia odżywki pokazano na Rys. 14. Optymalny poziom 1,6 mS został osiągnięty po czternastu dniach od uruchomienia systemu oraz przesadzenia roślin z propagatora.



Rys. 14. Poziom elektrolitów w pożywce

Rys. 15 przedstawia efekty wdrożenia oraz testowania automatycznego systemu uprawy roślin metodą hydroponiczną. Trzy zdjęcia pokazują, w jakim tempie rozwijają się rośliny w trakcie tej uprawy.

3. Wnioski

Zaprojektowany automatyczny system uprawy roślin metodą hydroponiczną spełnia wymagania, jakie zostały przed nim postawione. W swojej budowie nie wymaga kupowania kosztownych podzespołów, bowiem jest prawie bezobsługowy. Oświetlenie, podlewanie,

dozowanie pożywki oraz utrzymywanie poziomu Ph wykonuje się automatycznie bez potrzeby ingerencji użytkownika. Rośliny jakie zostały użyte w trakcie testowania systemu rozwijały się w zawrotnym tempie, dzięki ciągłemu i stabilnemu dostarczaniu elementów odżywczych bezpośrednio do korzeni. W trakcie 40 dniowej hodowli zużyto 85 litrów wody, 5 ml regulatora Ph, oraz 180 ml odżywki A i 180 ml odżywki B. Z uwagi na bardzo małą ilość światła naturalnego w pomieszczeniu, rośliny były doświetlane w systemie 16/8 czyli szesnaście godzin doświetlania i osiem godzin ciemności. Czas trwania wdrożenia przypadł na przełom miesiąc listopada i grudnia w tym okresie nasłonecznienie jest bardzo małe.

W celu większej elastyczności systemu można zrealizować jeszcze następujące dodatkowe elementy, które pomogą w sterowaniu układem :

- zaimplementować do układu moduł XBee, dzięki czemu będzie można sterować urządzeniem drogą bezprzewodową,
- napisać aplikację na platformę Android, która pozwalałaby zmieniać zdalnie parametry zadawane w układzie sterowniczym,
- system nawodnienia mógłby zostać wyposażony w grzałkę. Takie rozwiązanie pozwoliłoby, aby uprawa mogła znajdować się na zewnątrz nawet w chłodniejsze dni a temperatura odżywki dalej byłaby optymalna.

Problemy, jakie wynikły w trakcie realizacji projektu, pochodziły z niskiej jakości podzespołów. W czasie testów w pierwszej fazie zostały użyte klony oryginalnych mikrokontrolerów, które niestety nie działały prawidłowo. Ten sam program działał poprawnie na mikrokontrolerze oryginalnym zaś na klonach niektóre funkcje nie działały.



Rys. 15. Etapy rozwoju roślin: a) dzień uruchomienia systemu, b) 14 dzień, c) 29 dzień

Bibliografia

- [1] Stębowska A., Rogowska A., *Uprawa sałaty w polu i pod osłonami*, Plantpress 2004.
- [2] Drożdż-Szczybura M., *Specyfika światła i oświetlenia w miejskich farmach pionowych ukierunkowanych na produkcję roślinną*, „Środowisko Mieszkaniowe” 2017 nr 18.
- [3] Howard Resh, *Hydroponics for the Home Grower*, CRC Press Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway 2015.
- [4] Grzesiak W., Żupnik M., Wojciechowska R., *Inteligentny system doświetlania roślin bazujący na technologii SSL Led*, „Prace Instytutu Elektrotechniki”, zeszyt 255/2012.
- [5] <https://botland.com.pl/pl/> z dnia 02-01-2021.
- [6] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Automatyzacja> z dnia 02-01-2021.
- [7] <https://zoo-aquos.pl/pl/p/Pompa-Cyrkulacyjna-HAILEA-HX-6530-2600lh-39W/2982> z dnia 11-01-2021.

Dane kontaktowe

Małgorzata Kuchta, malgorzata.kuchta@akademiarac.edu.pl