



Marek HORYŃSKI

# INTELIGENTNE SYSTEMY MAGISTRALNE W STEROWANIU INSTALACJAMI NAWADNIAJĄCYMI BOISKA PIŁKARSKIE

### *Streszczenie*

*Z uwagi na postępujące zmiany klimatyczne i potrzebę racjonalnego używania wody ważna jest organizacja procesu nawadniania obszarów, w tym murawy boisk piłkarskich. Boisko do gry w piłkę nożną wymaga doskonałej i trwałej murawy. Z problemem tym można się było spotkać przy okazji odbywających się w Polsce i Ukrainie XIV Mistrzostw Europy w Piłce Nożnej. Właściwe nawodnienie murawy ma wpływ nie tylko na jej wygląd, ale na prowadzenie gry. Potwierdzały to przypadki, gdy zespoły po zapoznaniu się ze stanem murawy żądały dodatkowego nawodnienia boiska. Automatyczne systemy nawadniania zapewniają optymalne zużycie wody oraz komfort użytkownika. Dotyczy to dostarczania wymaganej ilości wody w pożądanym odstępie czasowym. W nowoczesnych stadionach piłkarskich systemy nawadniania są niezbędne i wymagane przez organizacje FIFA i UEFA. W artykule przedstawiono zasady projektowania systemów nawadniania boisk piłkarskich. Ponadto zostały omówione komponenty tych systemów oraz rozwiązanie w zakresie automatyzacji. W pracy uwzględniono wytyczne Fédération Internationale de Football Association.*

### WSTĘP

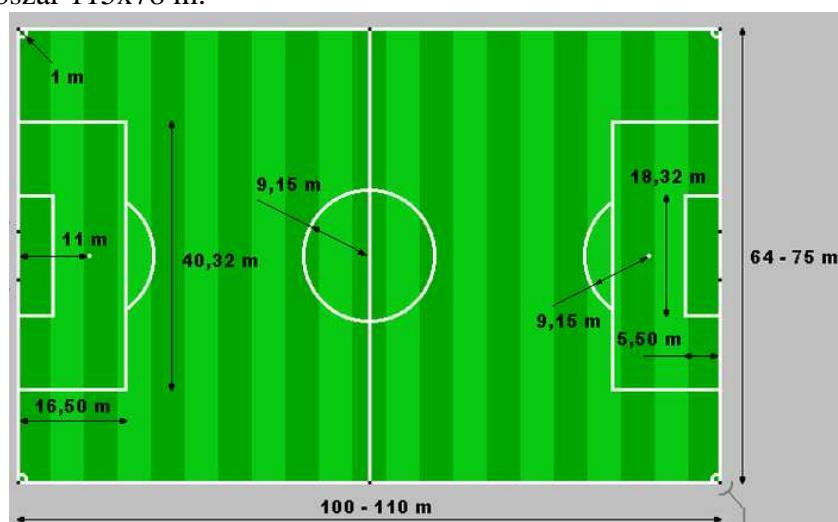
Dzięki dynamicznemu rozwojowi elektroniki i automatyki pojawiły się nowe możliwości sterowania różnymi procesami związanymi z działalnością człowieka, które dotychczas nie były zautomatyzowane. Do tej grupy procesów zalicza się działania mające za zadanie ochronę zieleni. Nowoczesne instalacje automatyki, tzw. systemy inteligentne kontrolują coraz szersze grupy urządzeń, które wcześniej były użytkowane, jako niezależne. Takie holistyczne podejście do zagadnienia sterowania procesami w instalacjach inteligentnych umożliwia uzyskanie efektów, które wcześniej były trudniejsze do zrealizowania lub niemożliwe. W wielu obszarach związanych z życiem człowieka mamy do czynienia z troską o właściwy wygląd otoczenia budynków, w których mieszka lub pracuje oraz miejsc rekreacji i uprawiania różnych dyscyplin sportowych.

Przykładem nawierzchni trawiastej jest boisko piłkarskie. Trawa na boisku jest mocno eksploatowana w czasie gry, rośnie też w nienaturalnych warunkach. Na boisku jest wilgotno i nie ma wiatru. Murawę trzeba, więc też odgrzybiać, nawozić, podlewać, szczotkować i kosić. Tak, by powstały idealnie równe różniące się odcieniem zieleni pasy potrzeba aż kilka godzin pracy (ok. 6 godzin). Nawadnianie murawy jest jednym z głównych działań związanych z przygotowaniem boiska do meczu. Charakteryzuje się ono dość dużą różnorodnością wynikającą z szeregu czynników, m.in. warunków klimatycznych, rodzaju nawadnianych muraw oraz związanych z tym metod nawadniania. Proces ten obecnie nie jest

całkowicie zautomatyzowany, wymaga jednak obecności człowieka. Osoba, która dba o stan murawy nosi nazwę greenkeepera, czyli opiekuna murawy. Obiekt sportowy typu stadion składa się nie tylko z boiska, ale i z budynków, w których znajdują się różne instalacje, które mają odrębne funkcje, np. instalacja oświetleniowa, ogrzewanie i klimatyzacja, sterowanie silnikami, bezpieczeństwa, itp..

## 1. BUDOWA I WYMIARY BOISKA

Obecnie wymiary boisk służących do rozgrywek meczy międzynarodowych ustalone są przez organizację FIFA. Boisko piłkarskie musi mieć kształt prostokąta, ale nie może być kwadratem. Długość boiska do piłki nożnej nie może przekraczać 120 metrów, ani być mniejsza niż 90 m. Musi też być w każdym przypadku dłuższa od szerokości boiska, która ma mieścić się w przedziale 45-90 m, natomiast obszar wysiania trawy powinien obejmować obszar 115x78 m.

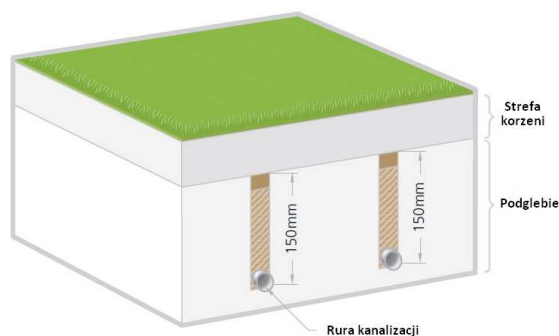


Rys. 1. Wymiary boiska do piłki nożnej

Źródło: Na podstawie materiałów FiFA

Powierzchnia boiska służącego do gry w piłkę nie jest idealnie „płaska”, wymagana jest różnica 30 cm wysokości między linią środkową boiska a liniami bocznymi. Ma to związek z zapobieganiem gromadzenia się wody na boisku podczas wody.

Boiska służące do gry w piłkę nożną wymagają również odprowadzania wody poprzez instalacje drenażowe.



Rys. 2. Drenaż boiska do piłki nożnej

Źródło: Na podstawie materiałów FiFA

## 2. WYTYCZNE FIFA DOTYCZĄCE INSTALACJI NAWADNIAJĄCYCH

Podczas projektowania instalacji nawadniających boiska służące do gry w piłkę powinno brać się pod uwagę [2]:

- Bezpieczeństwo graczy i osób przebywających na boisku.
- Rozmieszczenie zraszaczy z uwzględnieniem martwych punktów.
- Lokalizację i liczbę zraszaczy oraz czas pracy nawadniania pozwalający na nawodnienie powierzchni boiska w ciągu pięciu minut.
- Preferowane są pokrywy zraszaczy z naturalną murawą.
- Automatyczny system sterowania nawadnianiem.
- Awaryjne wyłączenie nawadniania.
- Powiązanie z wyłącznikiem nawodnienia.
- Prawidłowy dobór średnic rur doprowadzających wodę oraz parametrów pomp gwarantujący prawidłowe ciśnienie do pracy instalacji nawadniającej.

## 3. METODY NAWADNIANIA MURAW

Wśród najczęściej spotykanych metod nawadniania wyróżnia się:

- **Nawadnianie zraszczami:** jest to metoda dostarczania wody stosowana głównie na trawiastych powierzchniach o regularnych jak i nieregularnych kształtach. W praktyce stosuje się głównie zraszacze wynurzalne (**rys. 3.**), które zagłębiają się w podłożu po ukończeniu nawadniania.



**Rys. 3.** Zraszacz młoteczkowego Signature seria 6700

**Źródło:** Signature Control Systems, Inc.

Najczęściej stosuje się zraszacze: rotacyjne, impaktowe, statyczne o zróżnicowanych natężeniach przepływu i promieniach zraszania z uwagi na zróżnicowanie powierzchni podlegających nawadnianiu. Dla systemu nawadniania zraszczami wymagane jest zapewnienie odpowiedniego ciśnienia roboczego oraz natężenia przepływu wody.

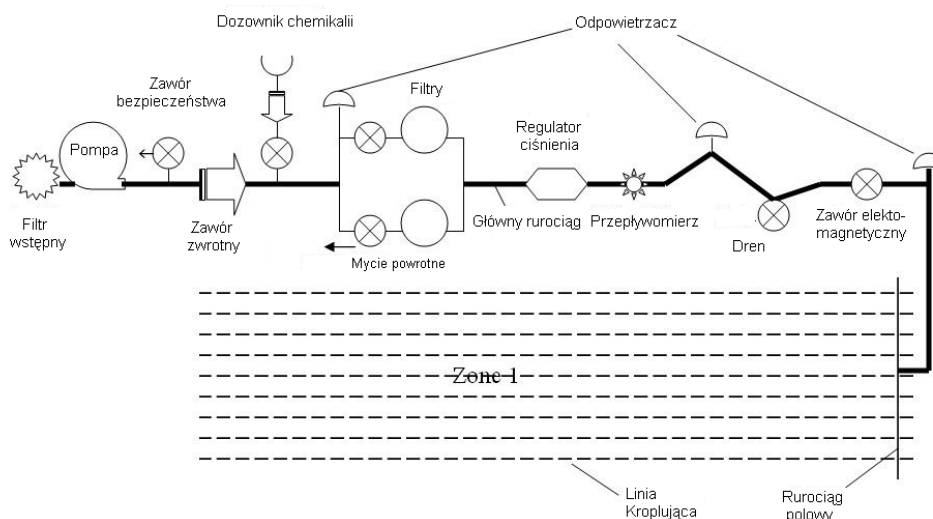
- **Nawadnianie mikrozraszczami:** jest metodą dostarczania wody stosowaną głównie przy nawadnianiu niewielkich obszarów m.in. rabat i skalniaków. Charakteryzuje się niskimi zakresami ciśnień roboczych oraz małym zużyciem wody. Wymaga filtracji dostarczanej wody do instalacji nawadniającej w celu zapobiegania zapychaniu dysz przez zanieczyszczenia, ze względu na małe średnice stosowanych dysz (**rys. 4**).



**Rys. 4.** Mikrozaszczacz obrotowy Eco Rain

**Źródło:** P.H.U. "Ekoma" s.c., Warszawa

- **Nawadnianie kropłowe** jest to proces powolnego, równomiernego dozowania wody z przewodów lub taśm, poprzez kropłowniki do gleby. Przewody zasilające mogą być podwieszane (sady, krzewy owocowe), leżeć na powierzchni ziemi lub pod powierzchnią (rzędowe uprawy polowe) (**rys. 5**).



**Rys. 5.** Komponenty systemu nawadniania kropłowego

**Źródło:** C. Shock 2006 Drip Irrigation an Introduction

Ten typ nawadniania stosowany jest przy nawadnianiu żywoptotów, drzew, krzewów ozdobnych o równomiernym lub nierównomiernym rozstawieniu. Emitery (rozpylacze) są umieszczone bezpośrednio na powierzchni ziemi lub przykryte niewielką jej warstwą bądź korą i usytuowane w pobliżu nawadnianej rośliny. Charakteryzuje się oszczędnym zużyciem wody wskutek ograniczenia strat na parowanie i przesiąki, małym zużyciem jednostkowym wody, zmniejszeniem ryzyka porażenia roślin oraz możliwością doprowadzenia wody bezpośrednio pod każdą roślinę. Wymaga filtracji dostarczanej wody z zanieczyszczeń organicznych, związków żelaza, wapnia i manganu do instalacji nawadniającej, które mogą powodować zatykanie kropłowników powodując skrócenie czasu użytkowania. Zakres pracy linii kropłujących wynosi od 1,0 do 4 atm., w przypadku wyższych ciśnień doprowadzanej wody stosuje się reduktor ciśnienia [4, 5, 8].

## 4. INSTALACJA ELEKTRYCZNA

Do zasilania instalacji elektrycznej systemu nawadniania boiska przyjęto kable elektryczne YKY 2x1,5 mm<sup>2</sup>, stanowiące połączenie każdego zaworu elektromagnetycznego z projektowanym sterownikiem nawadniania. Układa się je wzdłuż instalacji nawadniającej.

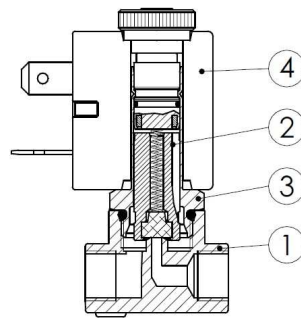
## 5. STEROWNIKI W INSTALACJI NAWADNIAJĄCEJ

Automatyczne sterowanie nawadnianiem odbywa się przy wykorzystaniu zaworów elektromagnetycznych [4, 5, 8]. Praca automatycznego systemu nawadniania jest zarządzana za pomocą sterowników. Sterują one elektrozaworami elektromagnetycznymi.

Zawory elektromagnetyczne są to elementy kontrolujące przepływ medium (wody, gazu) pod ciśnieniem. Funkcją elektrozaworu jest otwieranie lub zamykanie urządzenia odcinającego bezpośrednio lub pośrednio, w stanie wzbudzonym cewki.

Najważniejszymi częściami składowymi elektrozaworu są (rys. 6):

1. Korpus zaworu posiadający przyłącze wejściowe, wyjściowe i otwór o średnicy nominalnej dla przepływu medium.
2. Urządzenie zwierające, uszczelniony tłoczek, przesuwający się w trzpieniu.
3. Trzpień, na którym osadzona jest cewka.
4. Cewka wytwarzająca pole elektromagnetyczne powodujące ruch tłoczka.



**Rys. 6.** Budowa zaworu elektromagnetycznego

**Źródło:** Materiały firmowe firmy Rectus Polska

W instalacjach nawadniających stosowane są zawory elektromagnetyczne dwudrogowe bezpośredniego działania. Mają one przyłącze wejściowe i wyjściowe w korpusie zaworu. Po podaniu napięcia na cewkę zaworu następuje otwarcie i przepływ medium (wody) [7].

Budowane są w wersjach sterujących pracą od kilku do kilkunastu sekcji. Posiadają niezależne lub sekwencyjne programowanie zaworów. W zależności od typu sterowniki posiadają do kilku niezależnych programów nawadniania i cykli pracy dziennie dla każdej sekcji [4, 5, 8].

Uzupełnieniem instalacji nawadniającej są wyłączniki nawadniania, które współpracują ze sterownikiem i zaworami elektromagnetycznymi. Zapobiegają one zbędnemu nawadnianiu podczas opadów deszczu. Przekroczenie nastawionej wielkości opadu powoduje przerwanie obwodu sterującego oraz zawieszenie realizacji programu nawadniania do czasu odparowania wody. Wyłączniki nawadniania budowane są z skokową lub płynną regulacją wysokości opadu [4, 5, 8].

Harmonogram nawadniania umożliwia określenie pracy automatycznego systemu nawadniania np.:

- Uruchomienie nawadniania w określone dni tygodnia.
- Uruchomienie nawadniania w dni parzyste lub nieparzyste.

- Cykliczne starty nawadniania z przerwami między cyklami od 1 do 30 dni.
- Sterowniki posiadają również opcję przerywania nawadniania, np. w przypadku opadów deszczu.



**Rys. 7.** Sterownik nawadniania serii STP firmy Rain Bird

**Źródło:** Materiały informacyjne firmy Rain Bird

## 5.1. Automatyczne systemy sterowania instalacją nawadniającą boiska piłkarskie

Automatyczne sterowanie instalacją nawadniającą realizowane jest głównie przez wyspecjalizowane sterowniki nawadniania.

Sterowanie instalacjami nawadniającymi jest możliwe także dzięki zastosowaniu:

- Mikrokontrolera wraz z urządzeniami wykonawczymi
- Wyjścia programowe cyfrowych central alarmowych
- Sterowników PLC
- Systemów automatyki budynkowej (KNX, LCN, Visio BMS, Domito, Homiq, etc.)

Spośród przedstawionych rozwiązań wybrano sterowanie instalacją nawadniającą boisko piłkarskie za pomocą sterowników PLC serii Easy firmy Eaton (Moeller) z uwagi na możliwość swobodnego programowania oraz możliwość współpracy sterowników w sieci, co daje możliwość zdecentralizowania systemu sterowania instalacją nawadniającą.

Zaletą sterowników PLC jest m.in. prosta adaptacja instalacji opartej na przekaźnikach do rozwiązania wykorzystującego sterownik. Sterownik PLC najczęściej posiada własny wbudowany „ręczny programator”, a dodatkową zaletą jest tworzenie programów na komputerze PC [1, 6].

Drugie rozwiązanie opiera się na zarządzaniu instalacją nawadniającą za pomocą magistrali instalacyjnej i aktorów KNX.

## 5.2. Projekt sterownia instalacją nawadniającą z wykorzystaniem sterowników PLC

Projektowaną instalację nawadniającą murawę boiska piłkarskiego zrealizowano wykorzystując zraszacze wynurzalne zainstalowane w pasie trawy otaczającym pole gry z wyjątkiem dwóch zraszaczy umieszczonych bezpośrednio w polu gry.

Zredukowano ilość zraszaczy do minimum w polu gry z uwagi na:

- Zredukowanie do minimum ryzyka kontuzji spowodowanej upadkiem i uderzeniem o element zraszacza.

- Bezproblemową pielęgnację specjalistycznym sprzętem całej płyty boiska, (co jest niemożliwe w przypadku stosowania systemów opartych o kilkanaście mniejszych zraszaczy).

Aplikacja sterująca instalacją nawadniającą umożliwia uruchomienie różnych cykli nawadniania. Każdy z cykl jest podzielny na podcykle. Przykładowo może składać się on z następujących podcykli:

- I: pracuje jeden zraszacz w polu gry.
- II: pracuje jeden zraszacz w polu gry.
- II: pracują dwa zraszacze w obwodzie pola gry.
- III: pracują dwa zraszacze w obwodzie pola gry.
- IV: pracują dwa zraszacze w obwodzie pola gry.
- V: pracują dwa zraszacze w obwodzie pola gry.
- VI: pracują dwa zraszacze w obwodzie pola gry.
- VII: pracują dwa zraszacze w obwodzie pola gry.

Każdy zraszacz posiada elektrozawór, do którego doprowadzony jest przewód sterujący.

Zaprojektowano sterowanie projektowaną instalacją nawadniającą wykorzystując zdecentralizowany system sterowania nawadnianiem stosując sterowniki PLC serii Easy firmy Eaton (Moeller). Projektowany system sterowania składa się z:

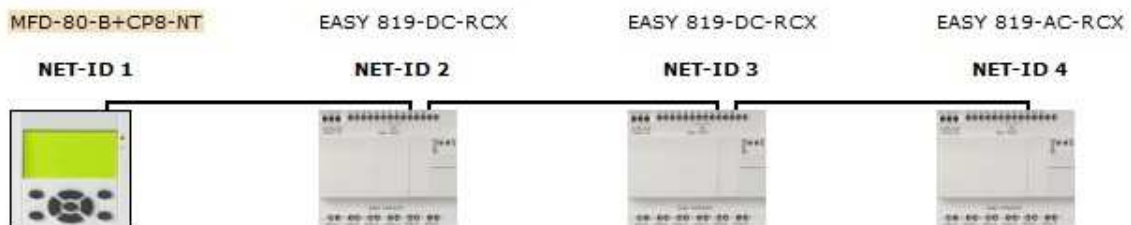
- Panelu sterowania – MFD-80-B + CP8-NT.
- Modułów sterowania elektrozaworami – EASY 819-DC-RCX.
- Moduł sterowania pompą – EASY 819-AC-RCX.

Projektowane moduły pracują w sieci easyNet pozwalającej na połączenie 8 stacji serii Easy800 lub MFD na dystansie 1000 m. Każda z stacji może wysłać 32 informacje bitowe SN01...SN32 oraz 32 informacje typu wartość, np. bajt, czy wyjście analogowe za pomocą modułów PUT i GET [1,7].

Panel sterowania służy do wprowadzania parametrów nawadniania, tj. czasu uruchomienia cyklu nawadniania, czasu pracy sekcji oraz ręcznego uruchomienie nawadniania.

Moduł sterowania zaworami elektromagnetycznymi jest wykorzystany w celu sterowania pracą zaworów elektromagnetycznych. Do wejścia modułu sterowania dołączony jest ponadto wyłącznik nawadniania powodujący automatyczne wyłączenie instalacji w przypadku wystąpienia naturalnych padów o wymaganej dawce.

Moduł sterowania pompą służy do sterowania pompą zasilającą ujęcie wody instalacji nawadniającej.



**Rys. 8.** Sterowania instalacją nawadniającą za pomocą sterowników PLC serii Easy firmy Eaton

**Źródło:** Opracowanie własne

### 5.3. Projekt sterownia instalacją nawadniającą z wykorzystaniem instalacji magistralnej KNX

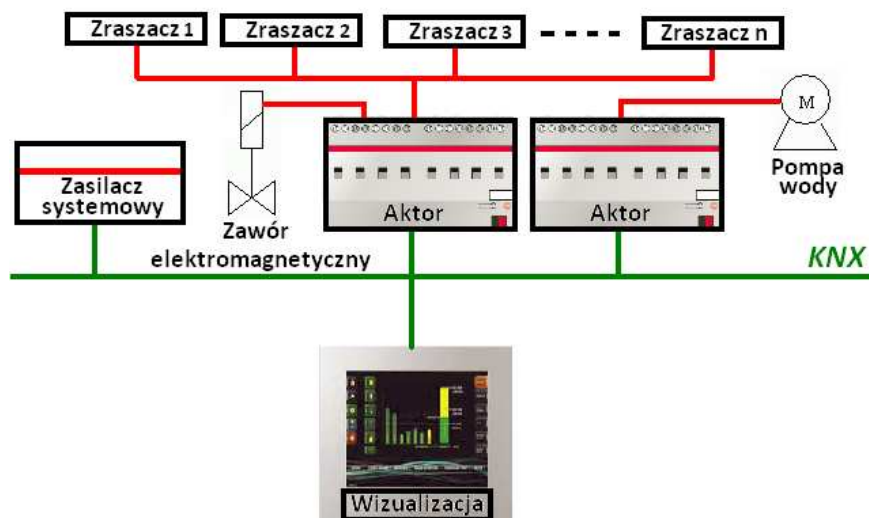
W ostatnich latach coraz większą wagę przykładają się do oszczędności energii. Dotyczy to zarówno odbiorców indywidualnych jak i instytucjonalnych. Do zarządzanych przez nich instalacji zaliczają się również zastosowane w obiektach sportowych, np. stadionach.

Instalacja magistralna KNX jest nowoczesnym, o wszechstronnym zastosowaniu systemem w oparciu, o który można przeprowadzić integrację instalacji wchodzących w skład współczesnego obiektu sportowego.

Uzyskanie optymalnych efektów w energooszczędnym sterowaniu instalacjami budynkowymi może zostać pogłębione dzięki zintegrowaniu zarządzania w oparciu o nadrzędny system magistralny KNX. Zaletą zastosowania tak szerokiej platformy sprzętowo-programowej, jaką jest KNX jest to, że można skorzystać ze wszystkich rozwiązań przewidzianych do zarządzania automatyką budynkową uzupełniając je o elementy innych systemów niewchodzących w skład instalacji budynkowych, np. nawadniania boiska. Rozwiązanie takie może być również z powodzeniem zastosowane do integracji instalacji nawadniającej ogród z systemami zainstalowanymi w domu.

Zaprojektowano sterowanie instalacją nawadniającą boisko piłkarskie wykorzystując elementy rozproszonego systemu sterowania KNX. Zastosowano urządzenia magistralne firmy ABB. System sterowania składa się z:

- Panelu sterowania – Comfort Touch do wizualizacji instalacji nawadniającej.
- Aktorów do sterowania zraszaczami.
- Aktorów systemu KNX służących do sterowania pompą.



Rys. 9. Sterowania instalacją nawadniającą za pomocą systemu inteligentnego KNX

Źródło: Opracowanie własne

Poprzez zintegrowanie wszystkich aplikacji w jednej instalacji KNX, użytkownicy mają wiele możliwości łatwego i kompleksowego monitorowania systemu, którego obsługa jest intuicyjna.

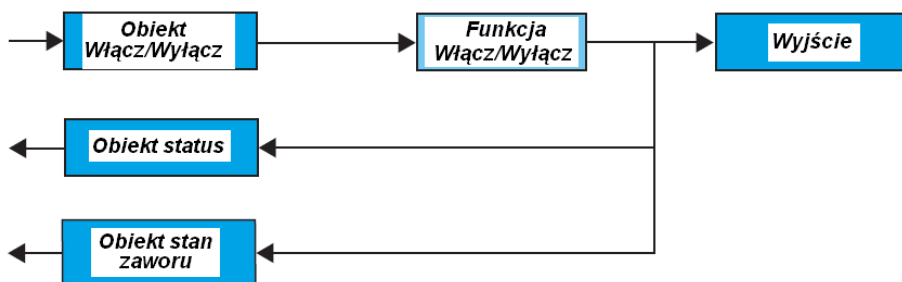
Dodatkową zaletą systemu są możliwości:

- Inteligentnego pomiar zużycia energii, co umożliwia unikanie marnotrawienia energii i zmniejszenie kosztów eksploatacji.



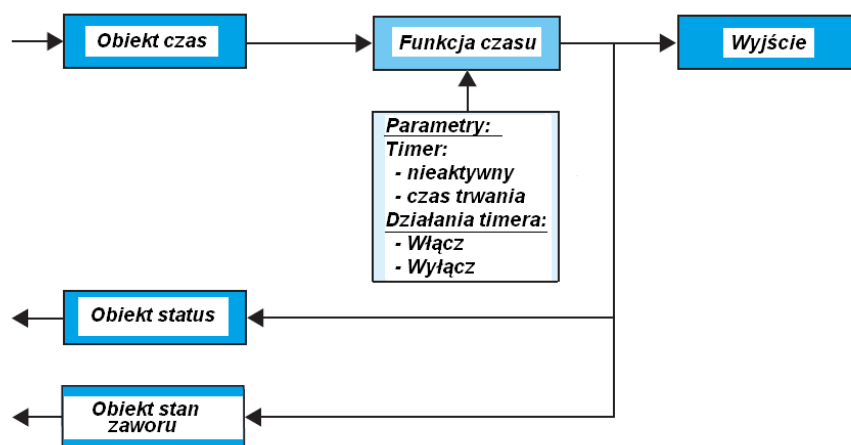
- Przeprogramowania lub nawet zatrzymania zegara sterującego systemem w celu dopasowania się do indywidualnych potrzeb użytkownika.

Przykładowe scenariusze sterowania w systemie KNX przedstawiono na rys. 10 – 12.



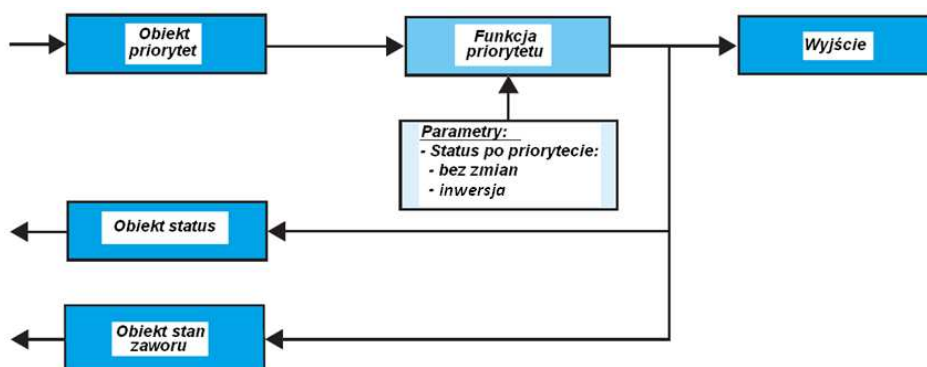
Rys. 10. Sterowanie załączaniem i wyłączaniem nawadniania za pomocą aktorów systemu KNX

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 11. Sterowanie załączaniem i wyłączaniem nawadniania z aktywowaną funkcją czasu

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 12. Sterowanie załączaniem i wyłączaniem nawadniania z funkcjami priorytetowymi

Źródło: Opracowanie własne

## PODSUMOWANIE

Podstawowym zadaniem przedstawionego w artykule systemu nawadniania jest zapewnienie optymalnego nawilżenia murawy boiska piłkarskiego. Zaproponowano dwa rozwiązania, jedno autonomiczne oparte o sterowniki programowalne PLC, drugie natomiast w zintegrowanym inteligentnym systemie KNX. Funkcjonują one w oparciu o aplikację sterującą pracą systemu nawadniania. Zastosowane w projekcie sterowniki programowalne PLC serii Easy posiadają możliwość symulacji działania oraz diagnostyki błędów. Aplikacja ma duży wpływ na efektywność systemu nawadniania, dlatego ważne jest właściwe dobranie parametrów czasu pracy sekcji nawadniających oraz godzin uruchomienia cykli nawadniania mając na uwadze warunki lokalne i charakter użytkowania boiska piłkarskiego.

Dzięki integracji w ramach systemu KNX możliwe jest powiązanie systemu nawadniającego boisko z innymi instalacjami wchodzącymi w skład jego infrastruktury. Możliwa jest rozbudowa zaprezentowanego rozwiązania o dodatkowe mechanizmy zabezpieczające poprawiające bezpieczeństwo pracy instalacji nawadniającej oraz wprowadzenie dodatkowo funkcji szybkiego zroszenia boiska bezpośrednio przez meczem oraz w czasie przerwy wykorzystując panel sterowania lub włącznik na klucz.

## INTELLIGENT BUS SYSTEMS IN CONTROL OF IRRIGATION INSTALLATIONS ON FOOTBALL FIELDS

### *Abstract*

*On modern football stadiums irrigation systems are necessary and required by both FIFA and UEFA organizations. This article presents principles of designing of irrigation systems on football fields. In addition, are discussed components of these systems and solutions in the field of automation. The study takes into account the guidelines of Federation Internationale de Football Association.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Easy, XV100 i MFD-Titan w praktyce. Eaton. Gdańsk, 2010.
2. Football Stadiums. Technical recommendations and requirements. 5 th edition, FIFA Fédération Internationale de Football Association, 2011.
3. Landscape Irrigation Design Manual. Materiały firmowe firmy Rain Bird, 2000.
4. Materiały firmowe firmy Drago, 2012.
5. Materiały firmy Hadwao, 2012.
6. Materiały firmowe firmy Moeller Eaton, 2010.
7. Materiały firmy Rectus Polska, 2012.
8. Poradnik podstawowych zasad projektowania i montażu instalacji nawadniających. Materiały firmy Tanake, 2012.

*Autor:*

**dr inż. Marek HORYŃSKI** – Politechnika Lubelska