



**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

**INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

**ZAKŁAD ZAOPATRZENIA W WODĘ I OCHRONY ŚRODOWISKA**

mgr inż. Rafał BRODZIAK

**SYNTEZA SCENARIUSZY EKSPLOATACJI I STEROWANIA  
PROCESEM UJMOWANIA WODY  
METODĄ SZTUCZNEJ INFILTRACJI**

Rozprawa doktorska

Promotor:

dr hab. inż. Andrzej URBANIAK, prof. nadzw. PP

Promotor pomocniczy:

dr inż. Tomasz SCHILLER

Poznań, 2017

# **SYNTEZA SCENARIUSZY EKSPLOATACJI I STEROWANIA PROCESEM UJMOWANIA WODY METODĄ SZTUCZNEJ INFILTRACJI**

## **STRESZCZENIE**

Niniejsza rozprawa ma na celu weryfikację tezy, iż modelowanie pracy ujęcia wody ze sztuczną infiltracją w celu syntezy scenariuszy eksploatacyjnych, wynikających ze zmiennych warunków pracy ujęcia, wraz z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi informatycznych pozwoli na jego efektywne sterowanie w świetle obowiązujących kryteriów technicznych i ekonomicznych. Tworzone scenariusze eksploatacji mają na celu zapewnienie odpowiedniego sterowania układami pompowymi w procesie ujmowania wody w ujęciach składających się z wielu studni. Układy takie są charakterystyczne dla ujęć wykorzystujących metodę sztucznej infiltracji. W pracy przedstawiono oryginalną metodykę tworzenia scenariuszy sterowania systemem ujmującym wodę infiltrowaną w ramach przyjętych kryteriów eksploatacji. Jej opracowanie poprzedzone było identyfikacją obiektów i procesów, określeniem wielkości sterujących i sterowanych, zdefiniowaniem kryteriów sterowania. Zdefiniowane reguły eksploatacji zostały wprowadzone w formie algorytmów, które uwzględniają aktualny stan obiektu oraz korzystają z utworzonej bazy wiedzy. Dla przykładowego obiektu, ujęcia wody, wykonano badania symulacyjne z wykorzystaniem zbudowanego środowiska bazującego na modelu hydraulicznym. Uzyskane wyniki potwierdziły poprawność zaproponowanej metodyki. Metoda ta może znaleźć bezpośrednie zastosowanie w Systemach Wspomagania Decyzji operatora ujęć wody wykorzystujących metodę sztucznej infiltracji. Tematyka rozprawy podejmuje problemy zarządzania infiltracyjnymi ujęciami wód, układów sterowania oraz systemów eksperckich w systemach wodociągowych.

Dysertacja składa się z 7 rozdziałów, spisu treści, wykazu literatury, spisu tabel, rysunków oraz załączników. Każdy rozdział rozpoczyna się krótkim wstępem charakteryzującym poruszane w nim zagadnienia.

We wprowadzeniu do rozdziału pierwszego przedstawiono motywy podjęcia tematu pracy. Następnie określono przedmiot pracy wskazując na problem badawczy, określając cel oraz zawartość rozprawy.

Rozdział drugi zawiera wprowadzenie do tematyki infiltracyjnych ujęć wody. Scharakteryzowano w nim ujęcia wody wykorzystujące metodę sztucznej infiltracji oraz elementy składające się na system ujmujący wodę infiltrowaną. Opisane zostało zagadnienie badawcze dotyczące problemów eksploatacji i sterowania w obiektach tego typu.

W rozdziale trzecim omówiono narzędzia informatyczne wspomagające osiągnięcie celów stawianych systemom wodociągowych. W pierwszej części opisano strukturę współczesnych systemów informatycznych. Dalej przedstawiono wybrane podstawowe informacje na temat modelowania i symulacji sieci wodociągowych wraz z rysem historycznym. Wprowadzono charakterystykę systemów nadzorowania, monitorowania i sterowania. Opisano metody zarządzania wykorzystujące systemy informatyczne w procesie eksploatacji poprzez Systemy Wspomagania Decyzji. Na końcu wprowadzono problematykę integracji narzędzi omówionych powyżej.

Rozdział czwarty został poświęcony sterowaniu systemem ujmującym wodę infiltrowaną na podstawie przykładowego obiektu. Scharakteryzowano ujęcie wody i poddano analizie strukturę systemów nadzorujących i monitorujących oraz zidentyfikowano procesy, wielkości sterujące oraz sterowane. Następnie przedstawiono wyniki analiz doświadczeń eksploatacyjnych oraz szczegółowo opisano zadania sterowania, ich ograniczenia oraz założone kryteria dodatkowe.

W rozdziale piątym przedstawiono autorską metodykę syntezy scenariuszy. Na początku opisano wymagane informacje o stanie obiektu oraz założenia. W kolejnych częściach opisano przyjęte parametry pracy systemu zasilającego ujęcie w wodę surową oraz systemu ujmującego wodę infiltrowaną. Algorytm tworzenia scenariusza

przedstawiono w rozdziale 5.4.2 poprzedzając go zdefiniowaniem kryteriów i ograniczeń, a kończąc sformułowaniem zaleceń do Systemów Wspomagania Decyzji.

Rozdział szósty rozprawy zawiera opis przeprowadzonych badań symulacyjnych. W pierwszej części omówiono zbudowane środowisko symulacyjne. Następnie opisano charakterystykę badanego obiektu: model, stan i przyjętą strukturę danych. W dalszym podrozdziale szczegółowo przedstawiono kolejne kroki algorytmu wykonywane w celu syntezy scenariusza eksploatacji systemu ujmującego wodę. Na końcu zawarto wyniki weryfikacji utworzonego scenariusza w oparciu o symulację jego pracy na modelu hydraulicznym obiekcie.

W rozdziale siódmym zamieszczono podsumowanie wyników oraz wnioski końcowe rozprawy.

# **THE SYNTHESIS OF OPERATION AND CONTROL SCENARIOS OF WATER INTAKE PROCESS WITH ARTIFICIAL RECHARGE METHOD**

## **ABSTRACT**

This dissertation aims to verify the thesis that use of modeling of water intake with artificial recharge method in order to synthesize operational scenarios, arising from changing operation terms, together with use of modern tools, will allow to effective control of the object taking into account the technical and economic criteria. Scenarios are intended to ensure adequate control of pump systems in the process of water intake in an intake consisting of multiple wells. Such systems are typical for water intakes using the method of artificial recharge. This dissertation presents the original methodic of creating control scenarios for water intake system while meeting the required set of operational criteria. Its development was preceded by the identification of objects and processes, determination of control and controlled parameters, defining the criteria of control. Defined operating rules have been introduced in the form of algorithms that take into account the current state of the object and the use of established knowledge bases. For the analyzed object of water intake, simulation research was conducted using the built environment, based on the hydraulic model. Obtained results confirmed the correctness of the proposed methodology. This method can be directly applied in decision support systems used by the operator of water intake with method of artificial recharge. The subject matter of the doctoral thesis include problems of management of water intakes systems, control systems and expert systems in water supply systems.

The thesis consists of 7 chapters, table of contents, list of literature, list of tables, figures and appendices. Each chapter begins with a brief introduction characterizing the issues addressed herein.

An introduction to the first chapter presents the motifs take up the topic of work. Subsequently, the subject of work pointing to the research problem, determining the content and purpose of the doctoral dissertation has been specified.

The second chapter contains an introduction to the subject of water artificial recharge. Water intakes using the method of management aquifer recharge and elements of infiltrated water intake system have been characterized there. A research issue pointing to problems of operation and control of objects of that type has been described.

The third chapter discusses the information technology tools to be applied in achieving the goals of water supply systems. The first section describes the structure of modern information systems. Next a selected basic information about modeling and simulation of water supply networks, together with the historical outline have been presented. Then characteristic of supervisory, monitoring and control systems has been introduced. Next management methods that use computer systems in the process of operation by Decision Support Systems have been described. At the end the issue of integration of the tools discussed above has been introduced.

The fourth chapter focuses on the issue of control system of infiltrated water intake, based on the exemplary object. The water intake has been characterized and the structure of supervisory and monitoring systems has been analyzed. Processes, control and controlled parameters have been identified. Then results of analyzes of operational experiences have been presented and in detail tasks of control, limitations and assumed additional criteria have been described.

The fifth chapter presents an original methodology for scenarios synthesis. At the beginning, the required information on the object status and assumptions has been described. The next parts describe the specific parameters of the raw water supply system and infiltrated water intake system. Algorithm for creating the scenarios has been described in section 5.4.2. Its introduction was preceded by defining of criteria and restrictions. Chapter completed the formulation of recommendations for Decision Support Systems.

The sixth chapter describes the study of performed simulation. The first part discussed created simulation environment. Then characteristics of the object: model, state and established data structure have been described. A further section presents in detail the steps taken by algorithm to synthesize scenarios. The end includes the results of verifying scenario, based on a simulation on the hydraulic model of the object.

In the seventh chapter summarizes the results and conclusions of the dissertation.