

## OTWARTE SEMINARIA IETU

# ZASTOSOWANIE MODELOWANIA MATEMATYCZNEGO I SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI DO OPTYMALIZACJI CIŚNIENIA ORAZ OBLICZENIA WYCIEKÓW W SIECIACH WODOCIĄGOWYCH

**Rafał Ułańczyk**

Instytut Ochrony Środowiska – PIB

**Piotr Cofałka**

Instytut Ekologii Terenów  
Uprzemysłowionych

**Katowice, 16 marca 2017**



- **Wstęp – o modelach i systemach wspomaganiania decyzji**
- **O projekcie EWATUS: cele, zastosowanie DSS i modeli**
- **Struktura DSS opracowanego w projekcie EWATUS**
  - baza i monitoring:
  - prognozy zapotrzebowania
  - modele hydrauliczne w DSS
  - interfejs DSS
  - narzędzia (modele) służące do walidacji
- **Podsumowanie i dyskusja**







## System wspomagania decyzji (ang. Decision Support System – DSS)

- narzędzie informatyczne opracowane w celu wspomagania procesu planowania i podejmowania decyzji
- system komputerowy oparty na bazach danych, wiedzy, informacjach i funkcjach umożliwiających dialog z użytkownikiem, zapewniający osobie podejmującej decyzje aktualną i użyteczną informację
- system, który używa dużej liczby danych wejściowych, przetwarza je, ocenia i kategoryzuje w użyteczny sposób i ostatecznie pozwala na ich prezentację w formie dostosowanej do celu podejmowanych decyzji<sup>3</sup>

## Model matematyczny

- Zbiór reguł i relacji które pozwalają opisać wycinek rzeczywistości (obiekt, proces) za pomocą języka matematycznego (często element DSS)

(definicje obu pojęć są liczne)





- **Pierwsze systemy DSS – lata 60.**
- **Pierwsze systemy DSS dla gospodarki wodnej – lata 70.**
- **Upowszechnienie systemów DSS dla gospodarki wodnej – lata 90. (rozwój komputeryzacji)**

## **Cel:**

- **Początkowo zastosowanie głównie w ekonomii**
- **Obecnie (najprawdopodobniej) wszystkie aspekty gospodarowania wodą**





## Cel:

- **Początkowo zastosowanie głównie w ekonomii**
- **Obecnie (najprawdopodobniej) wszystkie aspekty gospodarowania wodą, np.:**
  - ocena wpływu inwestycji na środowisko
  - ocena skutków potencjalnego zanieczyszczenia środowiska
  - identyfikacja przyczyn zmian w ilości i jakości zasobów wodnych
  - optymalizacja poboru wody z różnych źródeł
  - prognoza zapotrzebowania na wodę
  - prognoza zasobności źródeł zaopatrzenia w wodę
  - optymalizacja ciśnienia w sieci wodociągowej
  - prognoza i analiza scenariuszy dopływu ścieków do oczyszczalni
  - prognoza i ocena skutków przelewów z kanalizacji ogólnospławnej
  - analiza efektów i potrzeb związanych z rozbudową sieci wodociągowej (i kanalizacyjnej)
  - ( . . . )







## Systemy wspomaganie:

- ułatwiają obserwację i kontrolę zjawisk / procesów (np. przepływ i ciśnienie wody)
- ułatwiają identyfikację awarii
- przyspieszają analizę i raportowanie danych
- pozwalają na szybsze i usystematyzowane podejmowanie decyzji opartych o różne źródła informacji
- przyczyniają się do zysków finansowych (poprzez oszczędność czasu i optymalizację podejmowanych decyzji)

## Modele matematyczne:

- mogą służyć jako wirtualne sensory (np. ciśnienia, przepływu, jakości wody)
- pozwalają na wykonanie prognoz







**Systemy wspomaganie i modele matematyczne** coraz częściej są zalecane do stosowania przy zintegrowanym zarządzaniu (gospodarowaniu) zasobami wodnymi.

**Samo zintegrowane zarządzanie i gospodarowanie zasobami wodnymi** jest także w coraz większym stopniu zalecane i wymagane.

- Organizacja Narodów Zjednoczonych, w tym Europejska Komisja Gospodarcza
- Globalne Partnerstwo dla Wody (Global Water Partnership – GWP)
- Komisja Europejska
- Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
- Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej







## Komercyjne pakiety oprogramowania (przykłady):

- **WaterGEMS** (DSS, obejmuje modele i narzędzia CAD/GIS dla sieci wodociągowych i kanalizacyjnych)
  - **WaterCAD** (model i narzędzia CAD/GIS dla sieci wodociągowych)
  - **HAMMER** (model i narzędzia do zarządzania ciśnieniem w sieci, zapobiegania uderzeniom hydraulicznym itp.)
  - **SewerGEMS** (narzędzia do analizy i projektowania sieci kanalizacyjnej)
    - **SewerCAD** (model i narzędzia CAD/GIS dla kanalizacji sanitarnej i ogólnospławnej)
  - **CivilStorm** (DSS, obejmuje modele i narzędzia CAD/GIS dla kanalizacji deszczowej)
    - **StormCAD** (model i narzędzia CAD/GIS dla kanalizacji deszczowej)
- **HydrauliCAD** (narzędzia CAD do projektowania i symulacji sieci wodociągowych)
- **InfoWater** (narzędzia GIS do modelowania sieci wodociągowych)
- **InfoWaterSA** (system GIS do zarządzania i modelowania sieci wodociągowych)
- **MIKE URBAN** (system do modelowania sieci wodociągowych i kanalizacyjnych)
- **CityWater** (DSS dla sieci wodociągowych)

## Niekomercyjne modele hydrauliczne:

- **EPANET** (model hydrauliczny sieci wodociągowej)
- Liczne modele opracowane w ramach prac naukowych (często jednak używane wyłącznie przez twórców)





## **Duże firmy o zasięgu międzynarodowym, np.:**

- Bentley
- Innowyze
- DHI

**Dziesiątki firm, instytutów, uczelni.**







# Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management

[issewatus.eu](http://issewatus.eu)

[issewatus@us.edu.pl](mailto:issewatus@us.edu.pl)



This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement no 619228



PARTNERS:



Institute for Ecology of Industrial Areas



Municipal Water Company of Sosnowiec



University Pablo de Olavide Seville



Center for Research and Technology Hellas



Municipal Water Company of Skiathos



VU University Amsterdam





## Cele projektu:

- Wpływ na świadomość użytkowników wody poprzez platformę społecznościową (<http://watersocial.org>)
- Wpływ na świadomość użytkowników wody i na zużycie wody poprzez system wspomaganie decyzji w skali gospodarstw domowych
- Opracowanie adaptacyjnego systemu taryfowego opłat za wodę
- Zmniejszenie strat wody i energii w systemach dystrybucji wody poprzez system wspomaganie decyzji w skali miasta







## Cele projektu:

- Wpływ na świadomość użytkowników wody poprzez platformę społecznościową (<http://watersocial.org>)
- Wpływ na świadomość użytkowników wody i na zużycie wody poprzez system wspomaganie decyzji w skali gospodarstw domowych
- Opracowanie adaptacyjnego systemu taryfowego opłat za wodę
- Zmniejszenie strat wody i energii w systemach dystrybucji wody poprzez system wspomaganie decyzji w skali miasta







- **Obliczanie optymalnego ciśnienia w sieci wodociągowej (element systemu DSS działającego na bieżąco)**

Jakie ciśnienie powinno być zadane na dopływie do sieci aby:

- utrzymać ciśnienie na odpowiednim poziomie w określonych punktach sieci,
- sprostać określonemu zapotrzebowaniu na wodę?

- **Ocena wyniku optymalizacji ciśnienia (element narzędzi o nazwie „Leakage tools”)**

Jak optymalizacja ciśnienia wpłynie na redukcję:

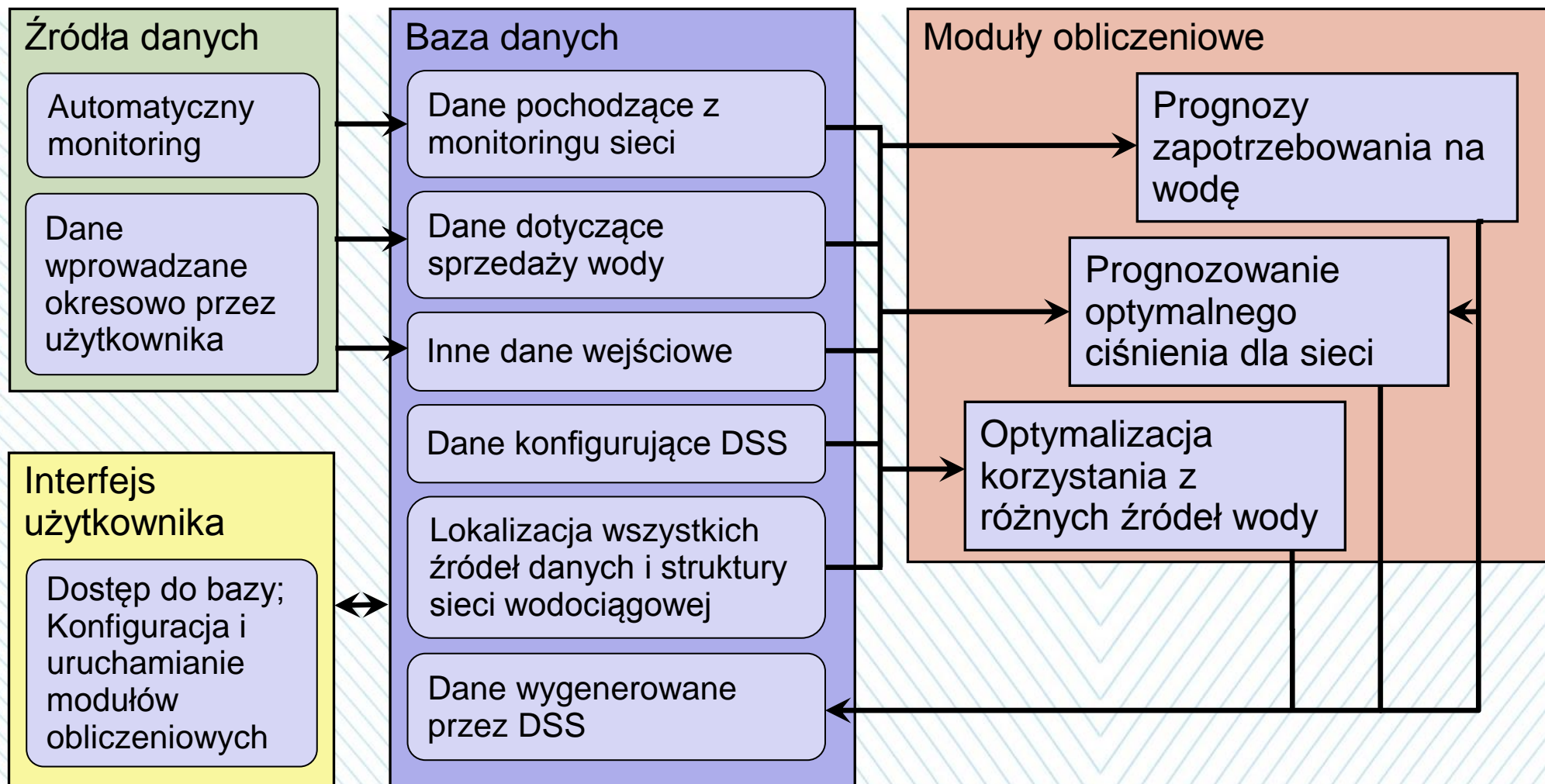
- Wycieków, ciśnienia, kosztów produkcji wody i in.?





## **Struktura systemu wspomaganie decyzji**







System wspomaganie decyzji

**- Dane i bazy danych**





**ISS-EWATUS**  
czasowo-  
przestrzenna  
baza danych

### Centralne repozytorium

- Lokalizacja wszystkich źródeł danych (kategorie, współrzędne, adresy itp.)
- Lokalizacja danych generowanych przez DSS (współrzędne)
- Zużycie wody w skali miasta (wodomierze)
- **Monitoring sieci wodociągowej:**
  - Ciśnienie w punktach krytycznych
  - Ciśnienie i przepływ w regulatorach ciśnienia
  - Dopływ do sieci wodociągowej
- **Dane meteorologiczne**
- **Dane wygenerowane przez DSS w skali miasta**
  - Prognozowane zapotrzebowanie na wodę
  - Symulowane ciśnienie w sieci wodociągowej
  - Prognoza optymalnego ciśnienia dla regulatorów

### System monitoringu w skali gospodarstw domowych

- Zużycie i temperatura wody
- Użytkownicy wody
- Cele użycia wody (system WaterDiary)
- Spersonalizowane wskazówki dotyczące zużycia wody

### Dodatkowe funkcje / cechy bazy

- System automatycznego raportowania (np. na wypadek przerwy w dostawie danych)
- Algorytmy korekcji danych
- System kopii zapasowych
- System przetwarzania danych na potrzeby DSS







## Podstawowe cechy

- obsługuje wiele sieci wodociągowych (klientów)
- współpracuje z różnymi źródłami danych przesyłających dane w sposób automatyczny
- kopia zapasowa jest tworzona co najmniej raz dziennie
- Posiada system raportowania przerwy w dostawie danych (powiadomienia e-mail dla klientów)
- znajduje się w IETU
- oparta jest o system MS SQL

## Konieczne prace utrzymaniowe

- okresowy nadzór nad systemem kopii zapasowych
- konieczność interwencji u klientów, który pomimo monitu o przerwach w dostawie danych nie usunęli usterki

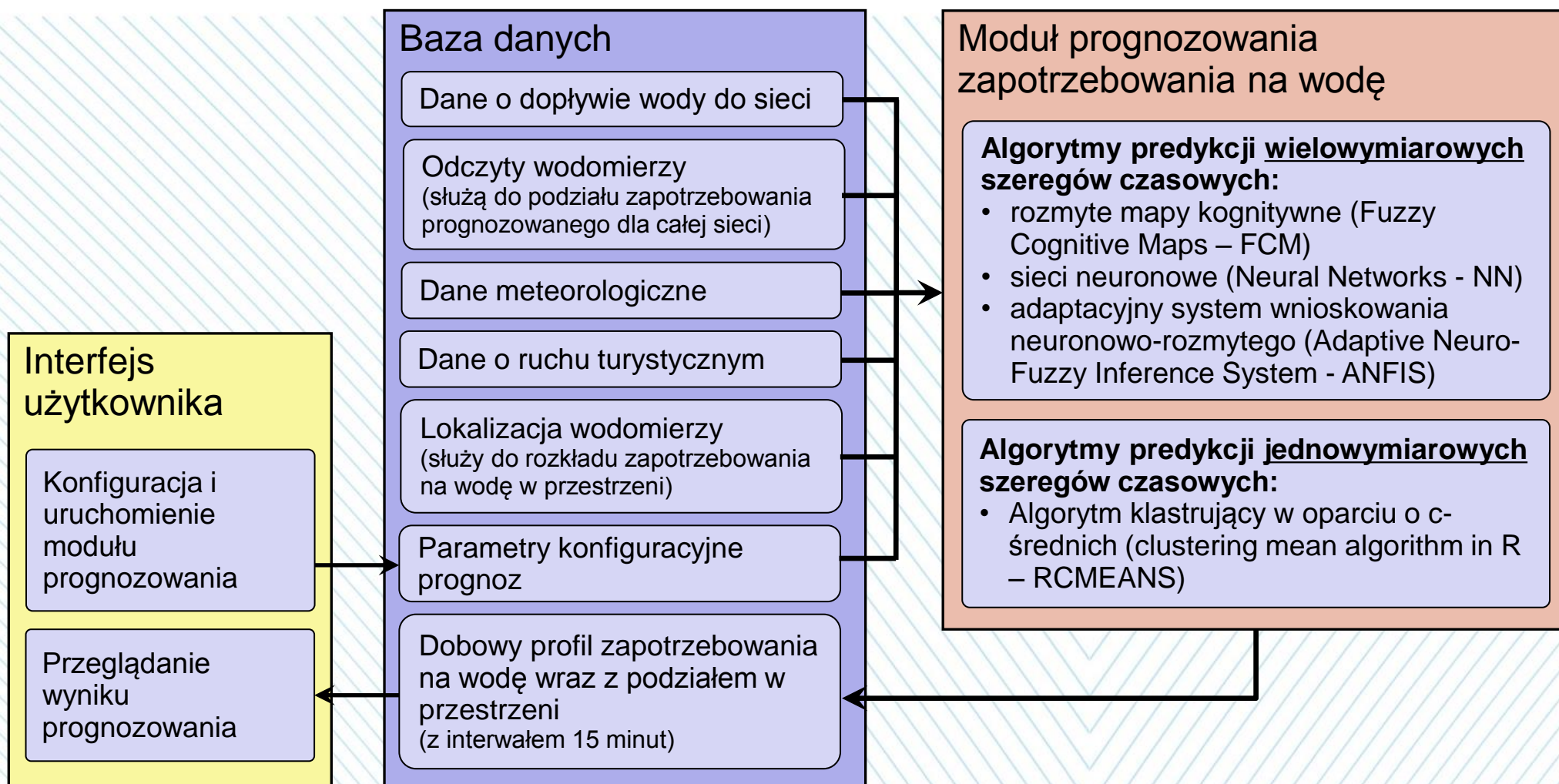




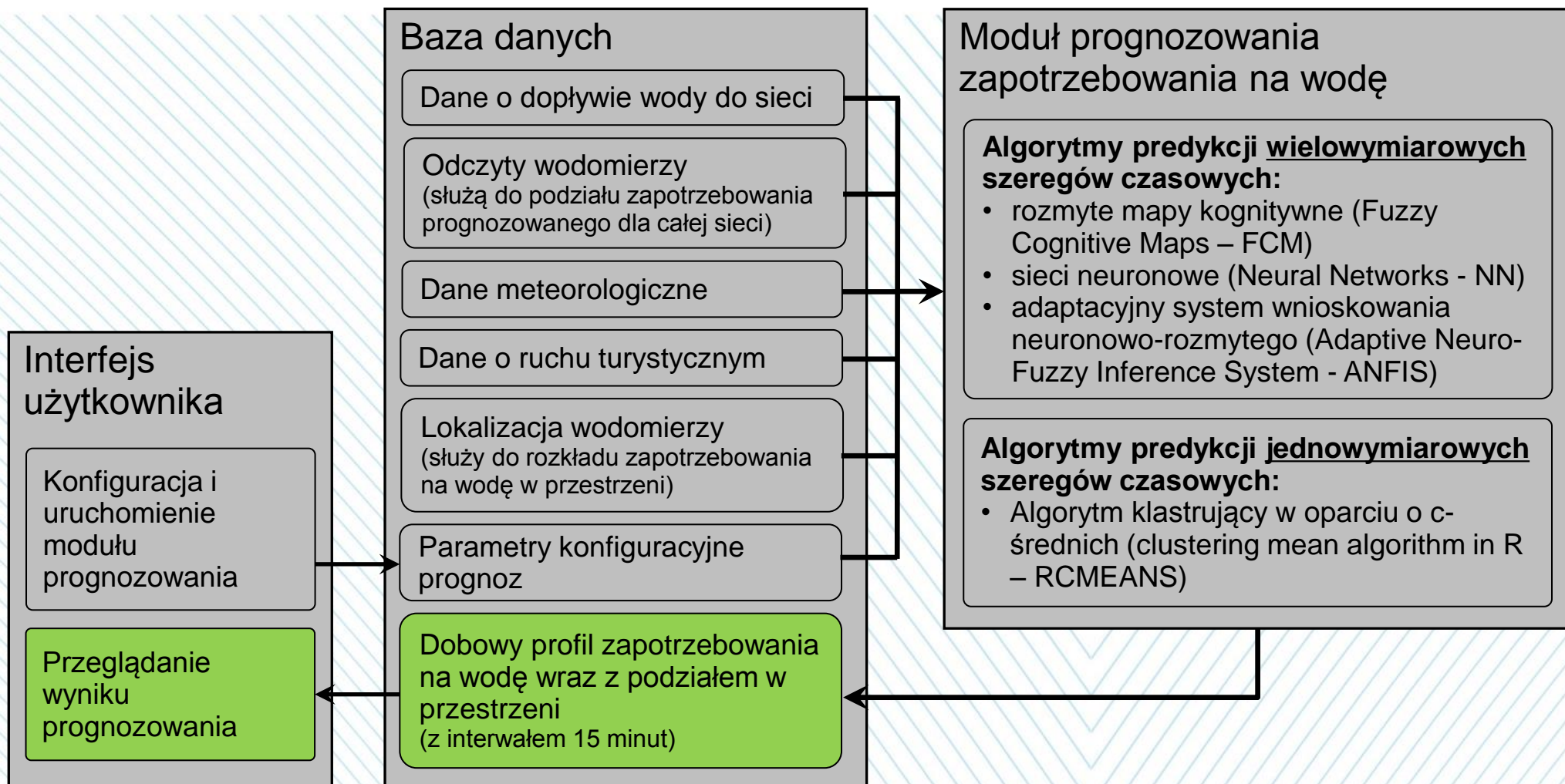
System wspomagania decyzji

**- Prognozy zapotrzebowania na wodę**





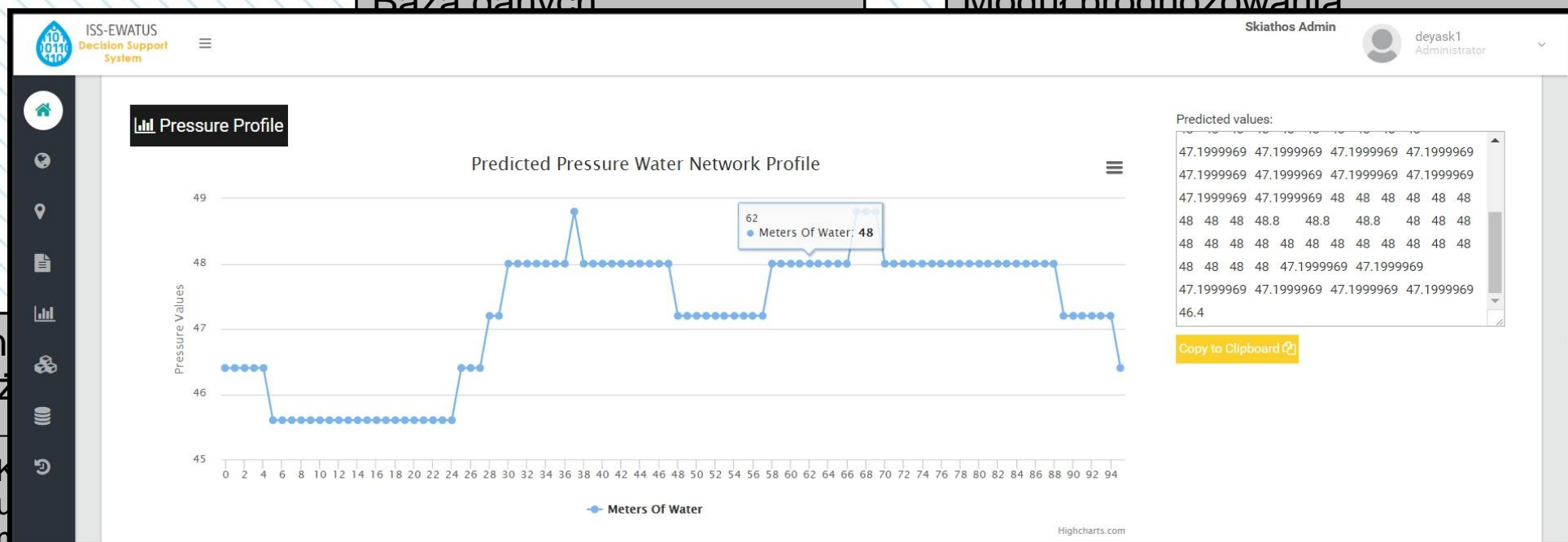






Baza danych

Moduł prognozowania



prognozowania

prognoz

– RCMEANS)

Przeglądanie  
wyniku  
prognozowania

Dobowy profil zapotrzebowania  
na wodę wraz z podziałem w  
przestrzeni  
(z interwałem 15 minut)





System wspomaganie decyzji

**- Modele hydrauliczne i optymalizacja ciśnienia**





## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)





## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Wszystkie możliwe dopływy

Q1

Q2

Q3

Q...





## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Wszystkie możliwe dopływy

Q1	= $q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{1...}$
Q2	= $q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{2...}$
Q3	= $q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{3...}$
Q...	= $q_{...1} + q_{...2} + q_{...3} + q_{...}$







## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Wszystkie możliwe dopływy

Q1	= $q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{1...}$
Q2	= $q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{2...}$
Q3	= $q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{3...}$
Q...	= $q_{...1} + q_{...2} + q_{...3} + q_{...}$

W punkcie X1 ciśnienie powinno wynosić Y1  
W punkcie X2 ciśnienie powinno wynosić Y2  
W punkcie X3 ciśnienie powinno wynosić Y3  
(...)





## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Model hydrauliczny

**Obliczanie optymalnego ciśnienia dla:**  
1) Wszystkich scenariuszy dopływu  
2) Ciśnienia wymaganego w punktach krytycznych

**Wszystkie możliwe dopływy**

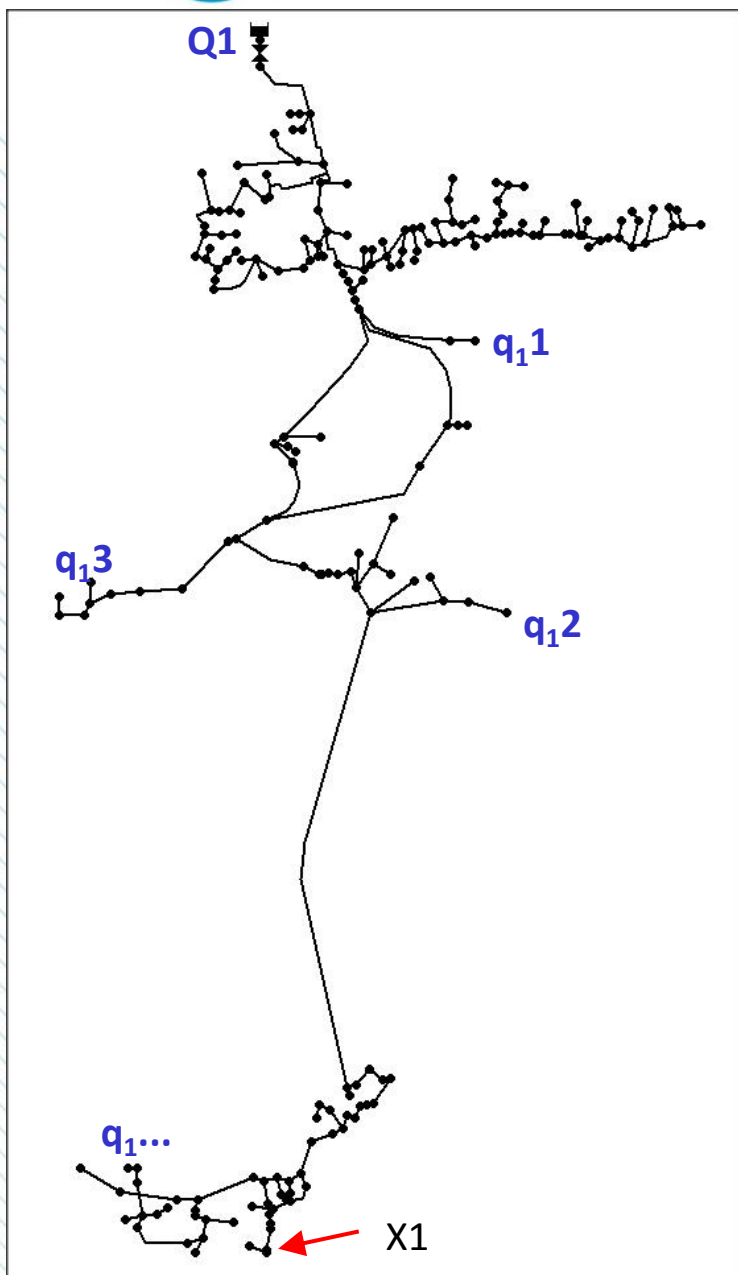
Q1

Q2

Q3

Q...





Model sieci  
wodociągowej w  
Sosnowcu  
(Dzielnica Kolonia  
Cieśle)

Wszystkie  
możliwe  
dopływy

Q1

$$= q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{1\dots}$$

Q2

$$= q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{2\dots}$$

Q3

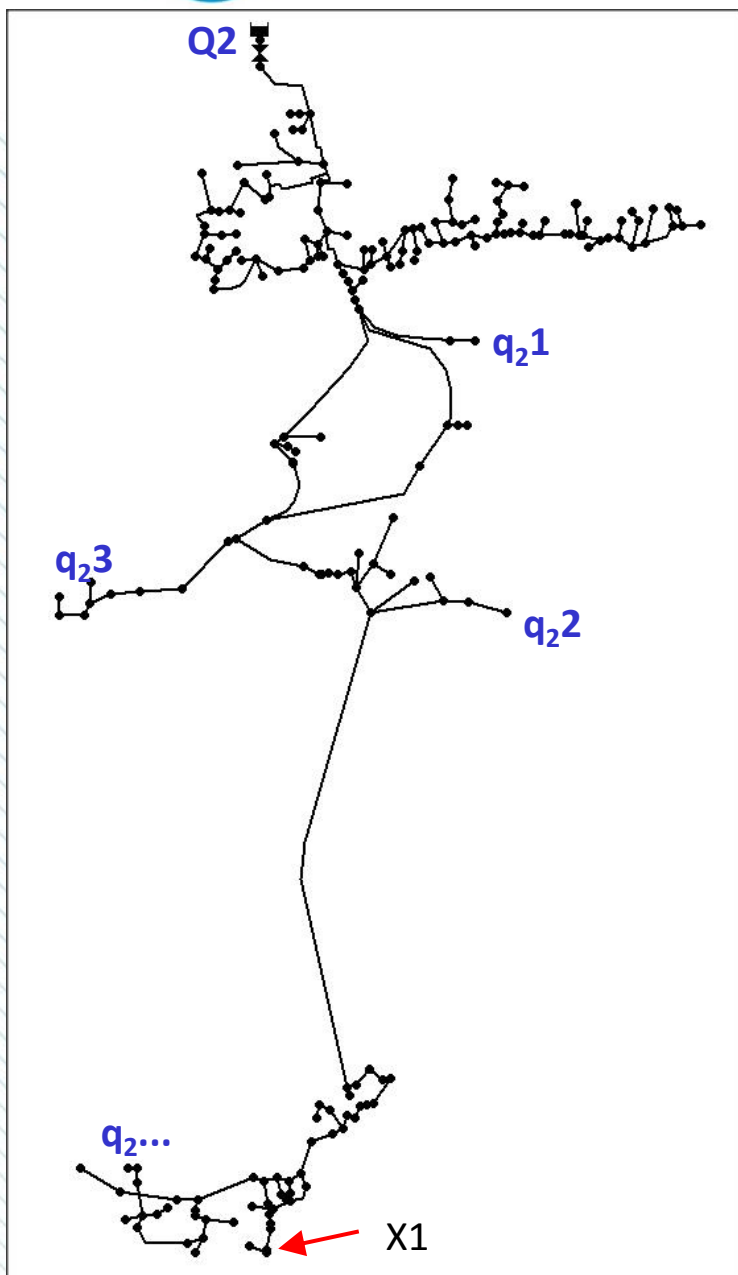
$$= q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{3\dots}$$

Q...

$$= q_{\dots 1} + q_{\dots 2} + q_{\dots 3} + q_{\dots \dots}$$

W punkcie X1 ciśnienie powinno wynosić Y1  
W punkcie X2 ciśnienie powinno wynosić Y2  
W punkcie X3 ciśnienie powinno wynosić Y3  
(...)





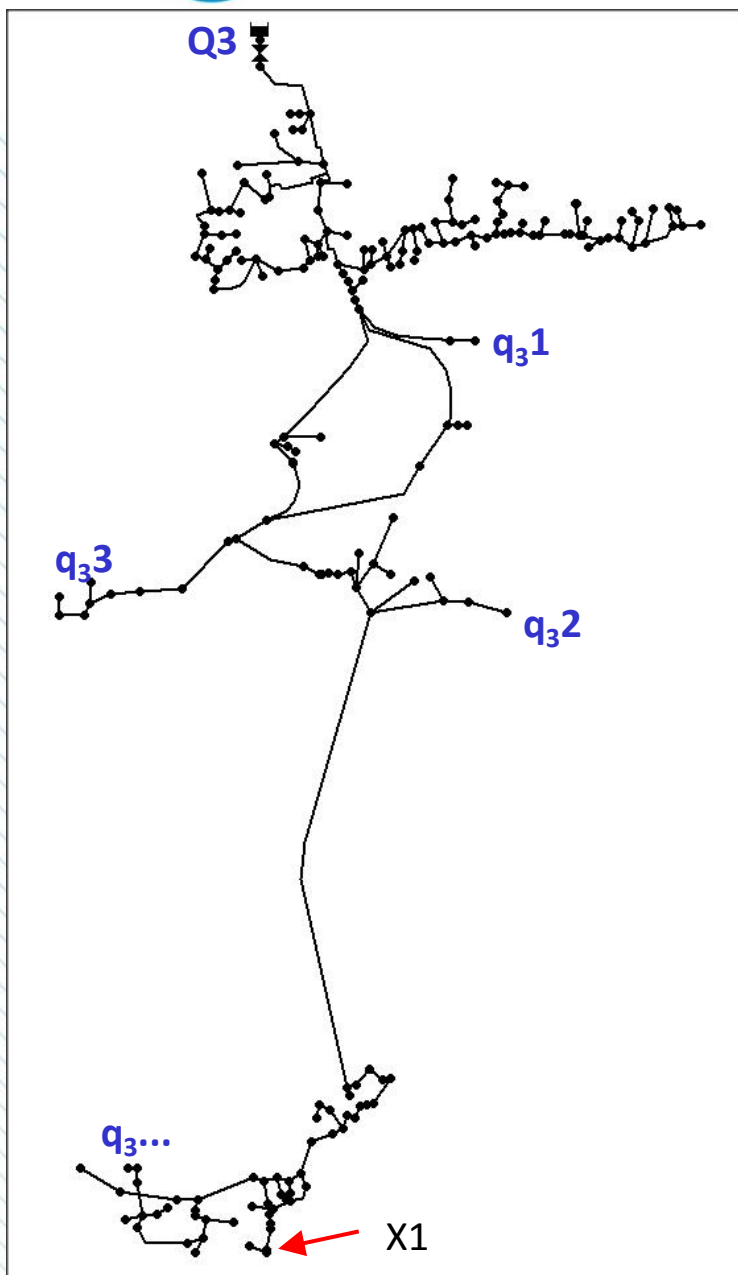
Model sieci  
wodociągowej w  
Sosnowcu  
(Dzielnica Kolonia  
Cieśle)

### Wszystkie możliwe dopływy

Q1	= $q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{1...}$
<b>Q2</b>	= $q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{2...}$
Q3	= $q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{3...}$
Q...	= $q_{...1} + q_{...2} + q_{...3} + q_{...}$

W punkcie X1 ciśnienie powinno wynosić Y1  
W punkcie X2 ciśnienie powinno wynosić Y2  
W punkcie X3 ciśnienie powinno wynosić Y3  
(...)





Model sieci  
wodociągowej w  
Sosnowcu  
(Dzielnica Kolonia  
Cieśle)

Wszystkie  
możliwe  
dopływy

Q1

$$= q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{1...}$$

Q2

$$= q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{2...}$$

Q3

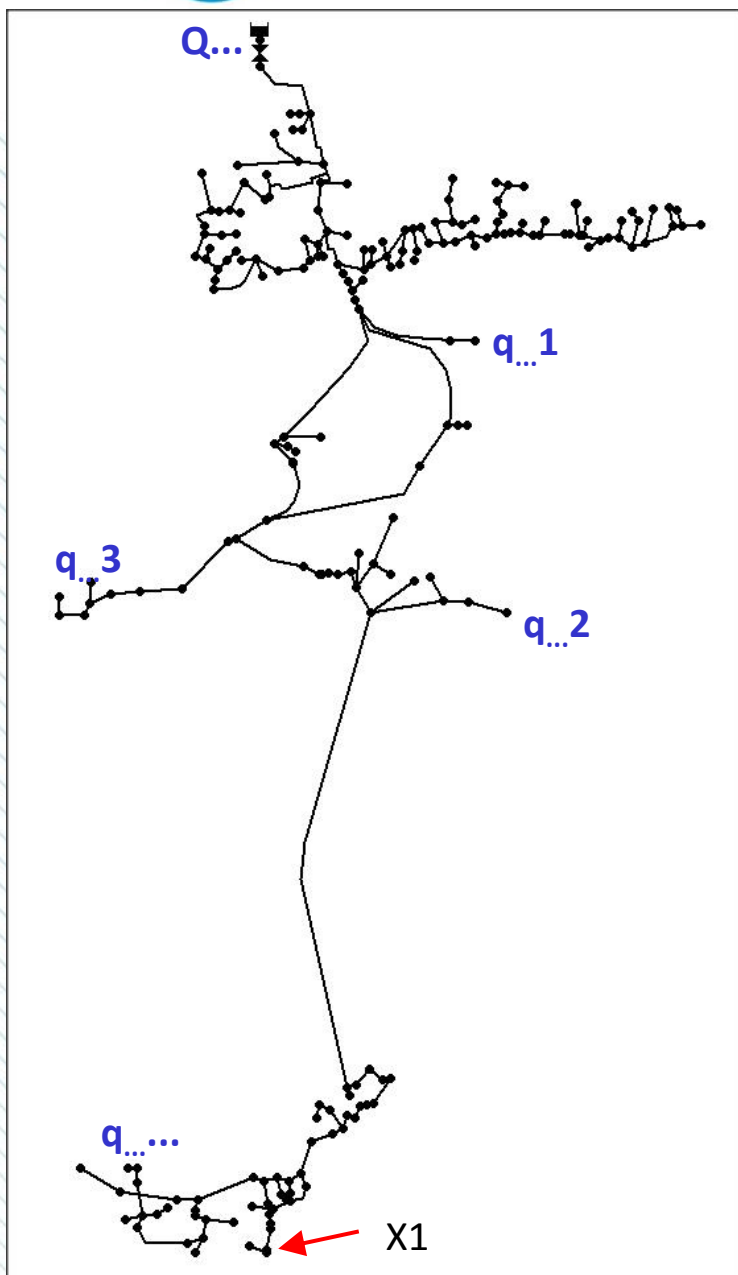
$$= q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{3...}$$

Q...

$$= q_{...1} + q_{...2} + q_{...3} + q_{...}$$

W punkcie X1 ciśnienie powinno wynosić Y1  
W punkcie X2 ciśnienie powinno wynosić Y2  
W punkcie X3 ciśnienie powinno wynosić Y3  
(...)





Model sieci  
wodociągowej w  
Sosnowcu  
(Dzielnica Kolonia  
Cieśle)

Wszystkie  
możliwe  
dopływy

Q1

$$= q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{1...}$$

Q2

$$= q_{21} + q_{22} + q_{23} + q_{2...}$$

Q3

$$= q_{31} + q_{32} + q_{33} + q_{3...}$$

Q...

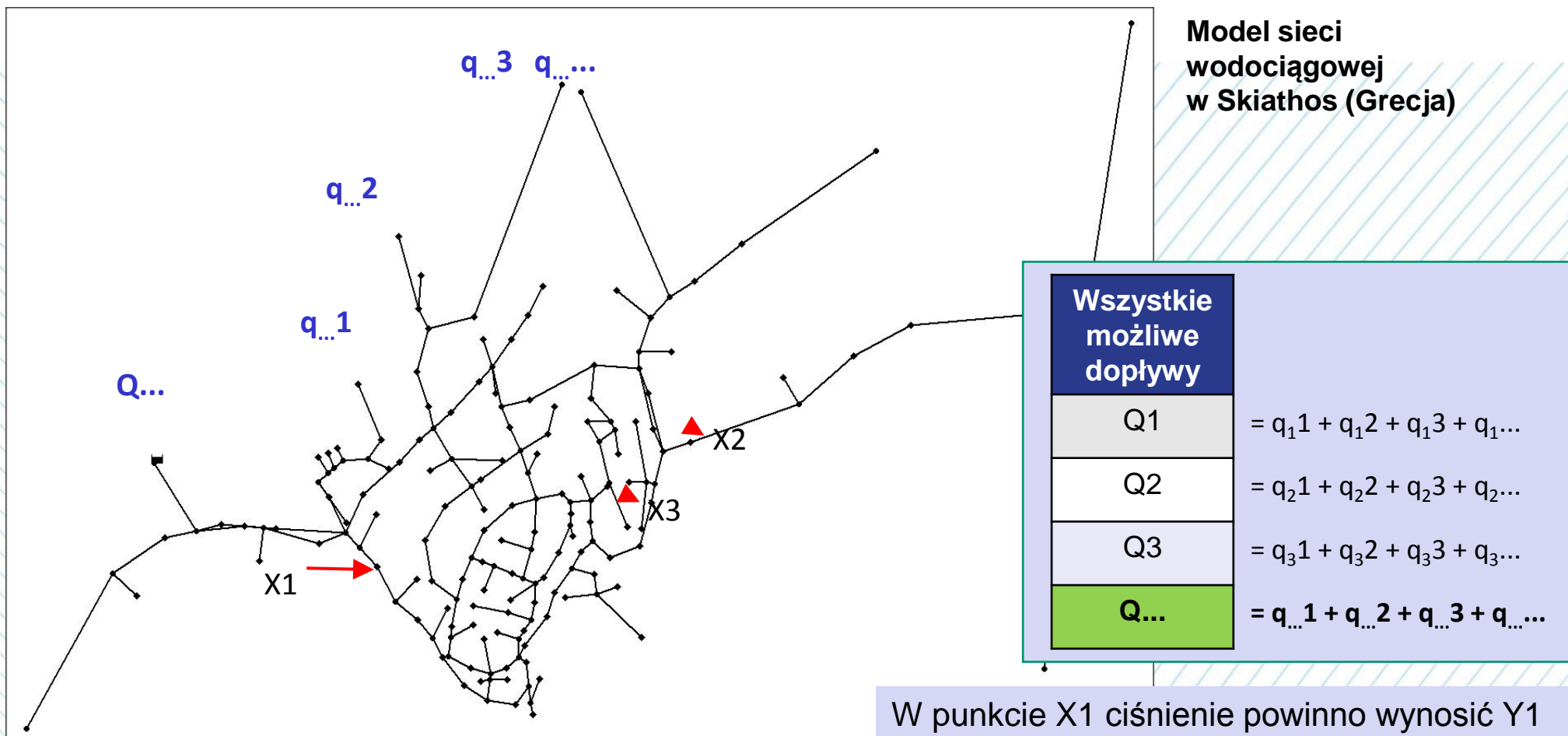
$$= q_{...1} + q_{...2} + q_{...3} + q_{...}$$

W punkcie X1 ciśnienie powinno wynosić Y1  
W punkcie X2 ciśnienie powinno wynosić Y2  
W punkcie X3 ciśnienie powinno wynosić Y3  
(...)





# Optymalizacja ciśnienia - Model hydrauliczny



W punkcie X1 ciśnienie powinno wynosić Y1  
W punkcie X2 ciśnienie powinno wynosić Y2  
W punkcie X3 ciśnienie powinno wynosić Y3  
(...)





## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Model hydrauliczny

**Obliczanie optymalnego ciśnienia dla:**  
1) Wszystkich scenariuszy dopływu  
2) Ciśnienia wymaganego w punktach krytycznych

**Wszystkie możliwe dopływy**

Q1

Q2

Q3

Q...



## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

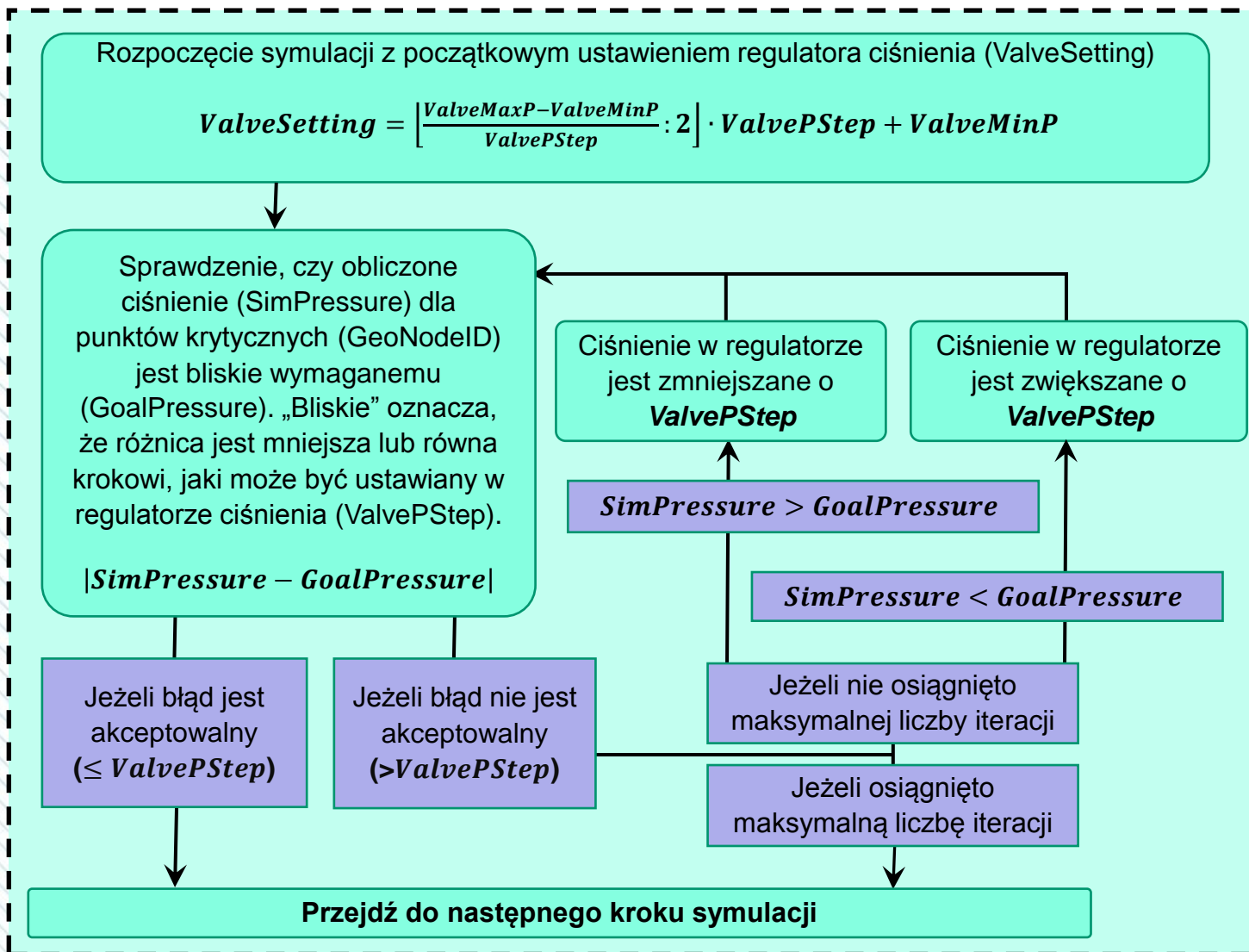
**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Model hydrauliczny

**Obliczanie optymalnego ciśnienia dla:**  
 1) Wszystkich scenariuszy dopływu  
 2) Ciśnienia wymaganego w punktach krytycznych

Wszystkie możliwe dopływy	Optymalne ciśnienie
Q1	P1
Q2	P2
Q3	P3
Q...	P...





## Reguły optimalizacji ciśnienia w modelu

**ValveSetting** – Początkowe ciśnienie w regulatorze (PRV)

**ValveMinP** – minimalne ciśnienie w regulatorze dozwolone przez użytkownika

**ValveMaxP** – maksymalne ciśnienie w regulatorze dozwolone przez użytkownika

**ValvePStep** – krok, o jaki może być zmienione ciśnienie w regulatorze

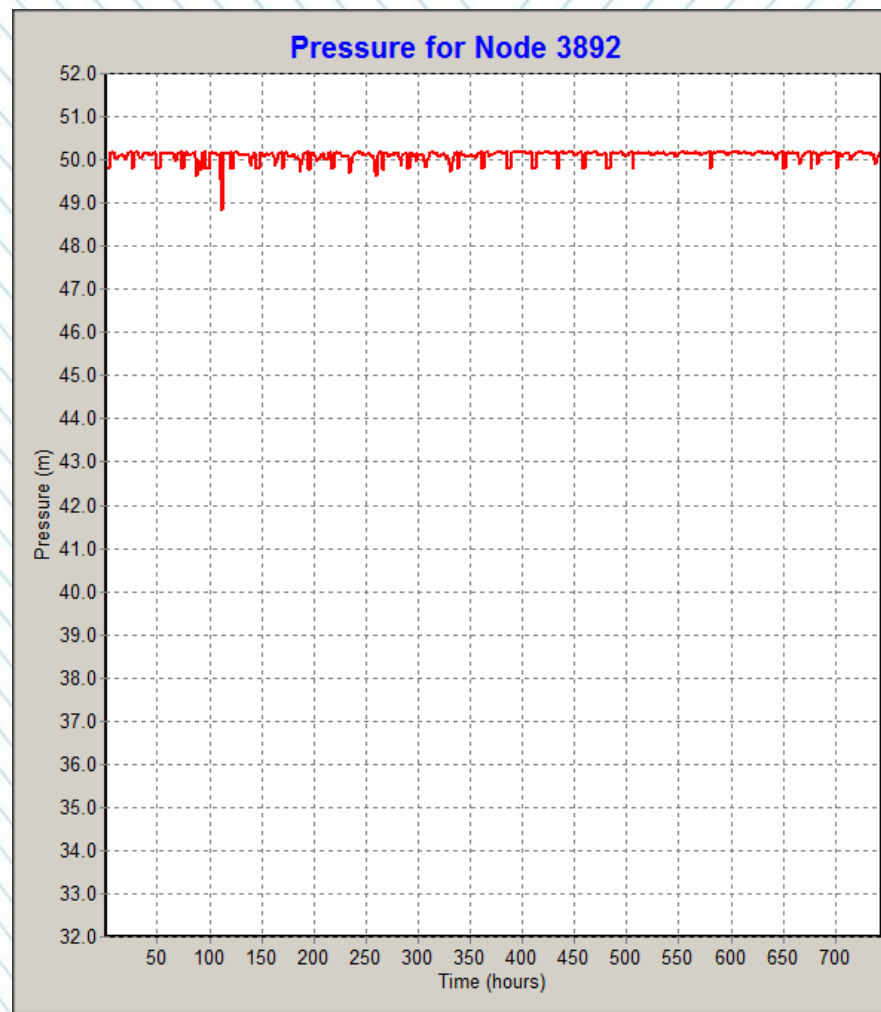
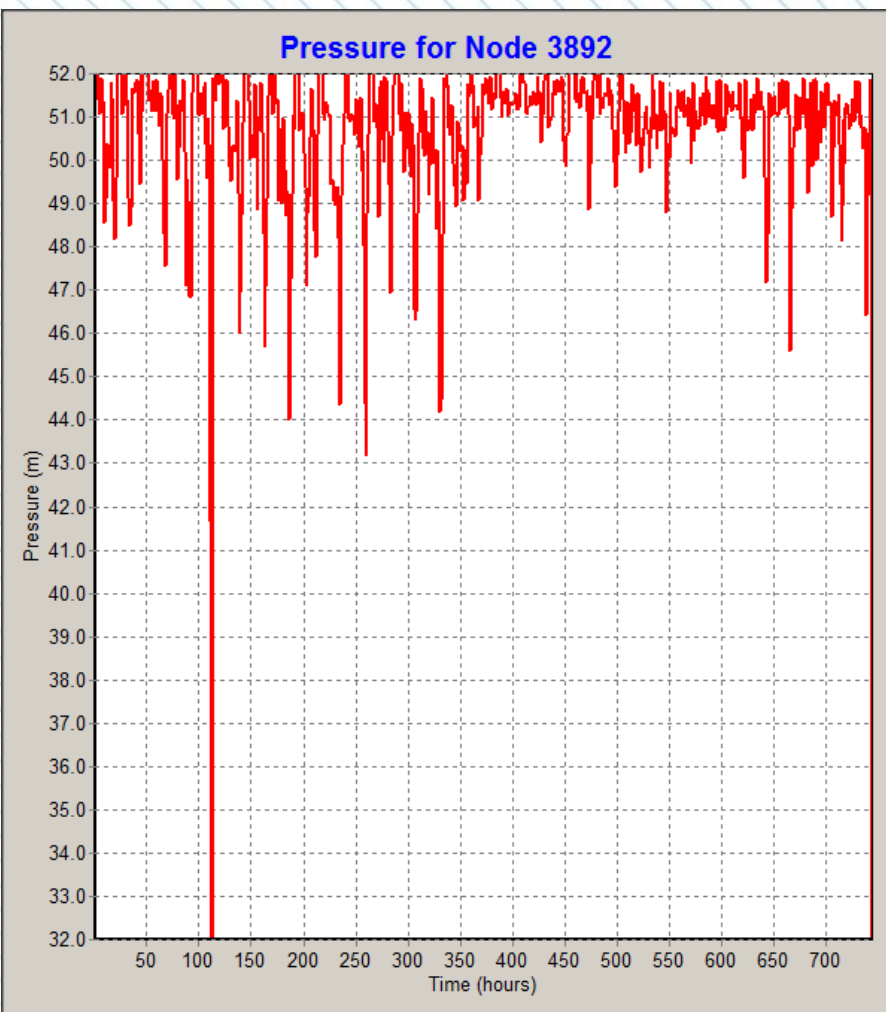
**SimPressure** – obliczone ciśnienie dla punktów krytycznych

**GoalPressure** – wymagane ciśnienie dla punktów krytycznych





## Wyniki optymalizacji ciśnienia w modelu





## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Model hydrauliczny

**Obliczanie optymalnego ciśnienia dla:**  
 1) Wszystkich scenariuszy dopływu  
 2) Ciśnienia wymaganego w punktach krytycznych

Wszystkie możliwe dopływy	Optymalne ciśnienie
Q1	P1
Q2	P2
Q3	P3
Q...	P...

## Zmienne w czasie dane wejściowe:

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci** (dane historyczne / prognozy)

**Przestrzenna dezagregacja danych** (oparta o odczyty liczników)

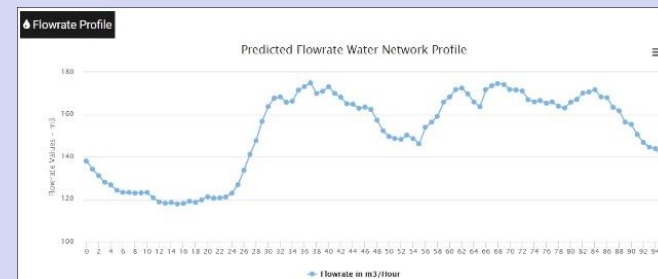
**Wymagane ciśnienie w punktach krytycznych** (wymagania prawne lub operatora sieci)

## Model hydrauliczny

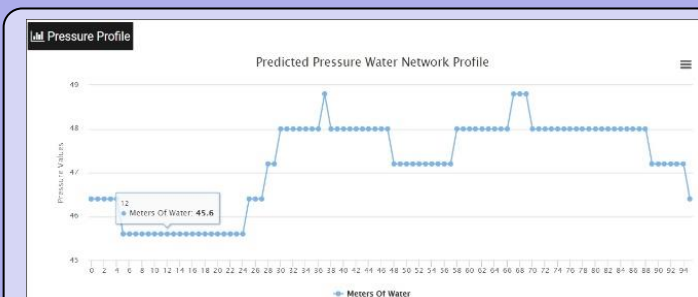
**Obliczanie optymalnego ciśnienia dla:**  
 1) Wszystkich scenariuszy dopływu  
 2) Ciśnienia wymaganego w punktach krytycznych

Wszystkie możliwe dopływy	Optymalne ciśnienie
Q1	P1
Q2	P2
Q3	P3
Q...	P...

## Prognoza zapotrzebowania na wodę dla następnego dnia [Q1,Q2,Q3,...]



## Profil ciśnienia prognozowany dla następnego dnia [P1,P2,P3...]





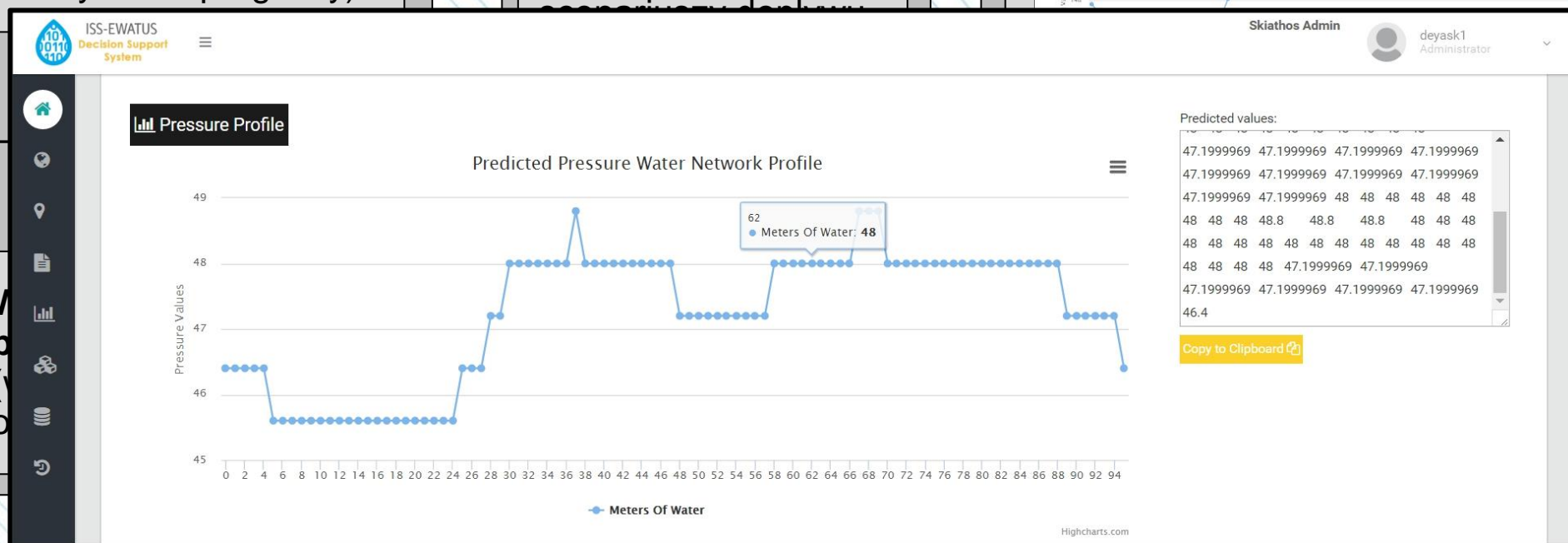
**Zmienne w czasie dane wejściowe:**

**Wszystkie możliwe dopływy do sieci (dane historyczne / prognozy)**

**Model hydrauliczny**

**Obliczanie optymalnego ciśnienia dla:**  
1) Wszystkich

**Prognoza zapotrzebowania na wodę dla następnego dnia [Q1,Q2,Q3,...]**



System wspomagania decyzji

**- Interfejs użytkownika**



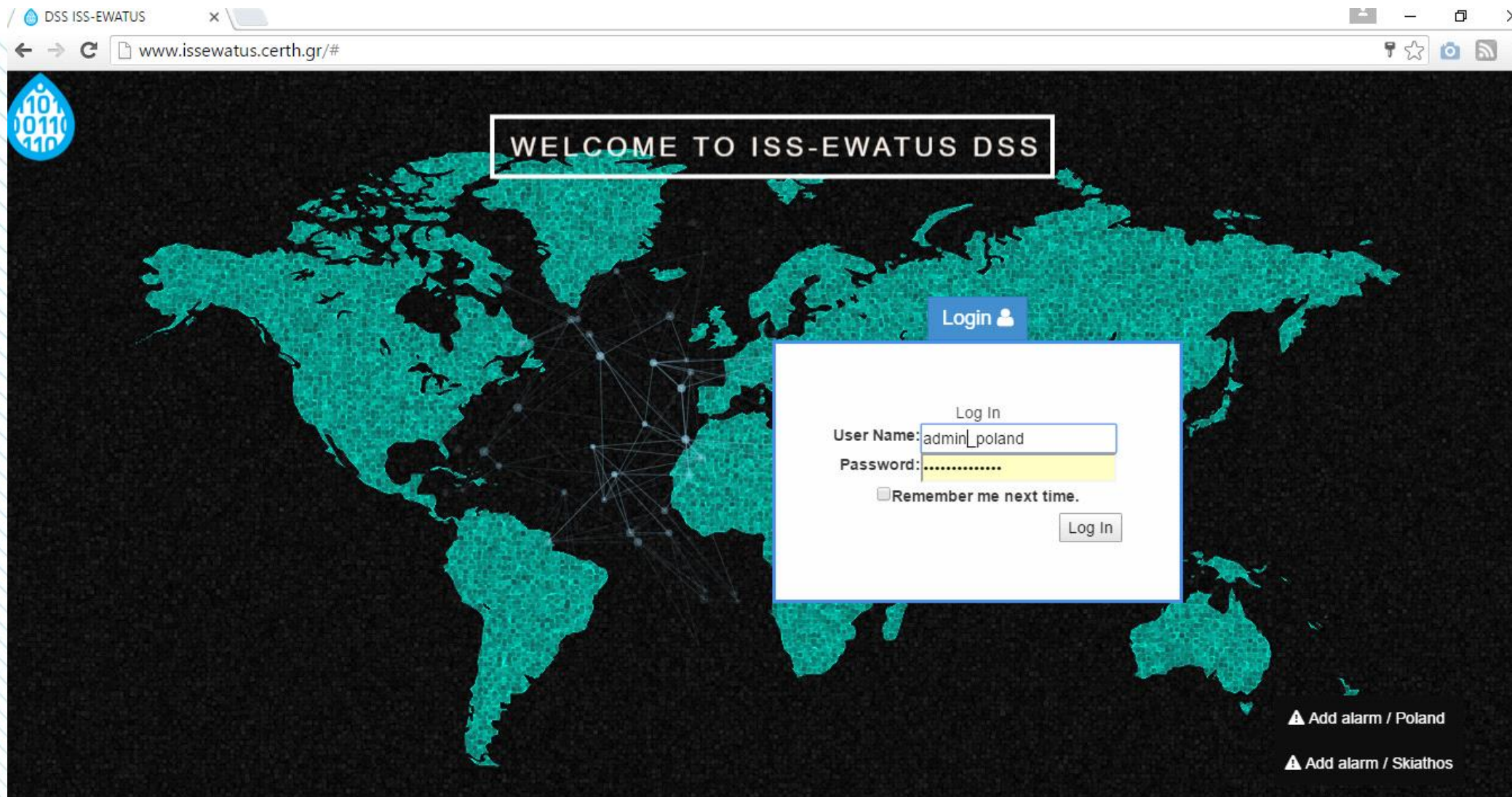


## Podstawowe cechy

- Dostępny przez przeglądarki internetowe z dowolnego miejsca (dowolny typ urządzeń)
- Pozwala na określenie uprawnień dla poszczególnych użytkowników







The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying "www.issewatus.certh.gr/#". The page content features a dark background with a glowing green world map and a network of white nodes. A white text box at the top center reads "WELCOME TO ISS-EWATUS DSS". A blue "Login" button with a user icon is positioned above a white login form. The form contains the following elements:

- A "Log In" label above the input fields.
- A "User Name:" label followed by an input field containing "admin\_poland".
- A "Password:" label followed by a masked input field (dots).
- A checkbox labeled "Remember me next time.".
- A "Log In" button at the bottom right of the form.

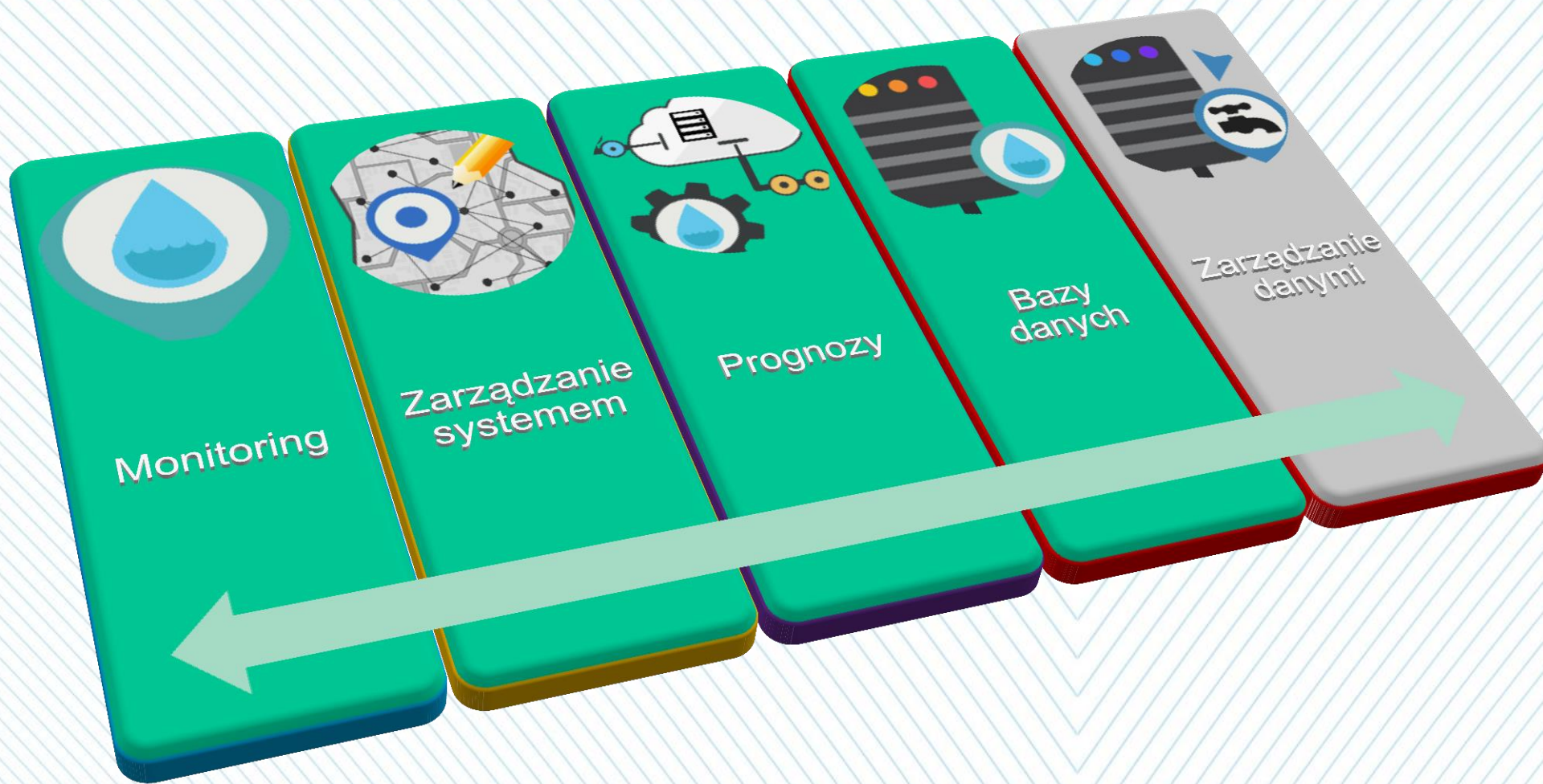
At the bottom right of the page, there are two links with warning icons: "Add alarm / Poland" and "Add alarm / Skiathos".





ISS-EWATUS

# Interfejs użytkownika - Podstawowy podział funkcji







## 1. Monitoring:

- Przeglądanie danych z monitoringu w postaci map i wykresów
- Przeglądanie danych z odczytów wodomierzy w postaci map i wykresów
- Zarządzanie alarmami dotyczącymi sieci

## 2. Zarządzanie systemem

- Dodawanie i edycja punktów reprezentujących źródła danych
- Dodawanie i edycja obszarów, dla których mają być agregowane dane

## 3. Prognozy

- Prognoza zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja ciśnienia dla prognozowanego zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja korzystania ze źródeł wody

## 4. Bazy danych

- Przeglądanie i edycja danych w bazie

## 5. Zarządzanie danymi

- Kontrola ciągłości danych (identyfikacja braków)
- Uzupełnianie brakujących danych w bazie







## 1. Monitoring:

- Przeglądanie danych z monitoringu w postaci map i wykresów
- Przeglądanie danych z odczytów wodomierzy w postaci map i wykresów
- Zarządzanie alarmami dotyczącymi sieci

## 2. Zarządzanie systemem

- Dodawanie i edycja punktów reprezentujących źródła danych
- Dodawanie i edycja obszarów, dla których mają być agregowane dane

## 3. Prognozy

- Prognoza zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja ciśnienia dla prognozowanego zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja korzystania ze źródeł wody

## 4. Bazy danych

- Przeglądanie i edycja danych w bazie

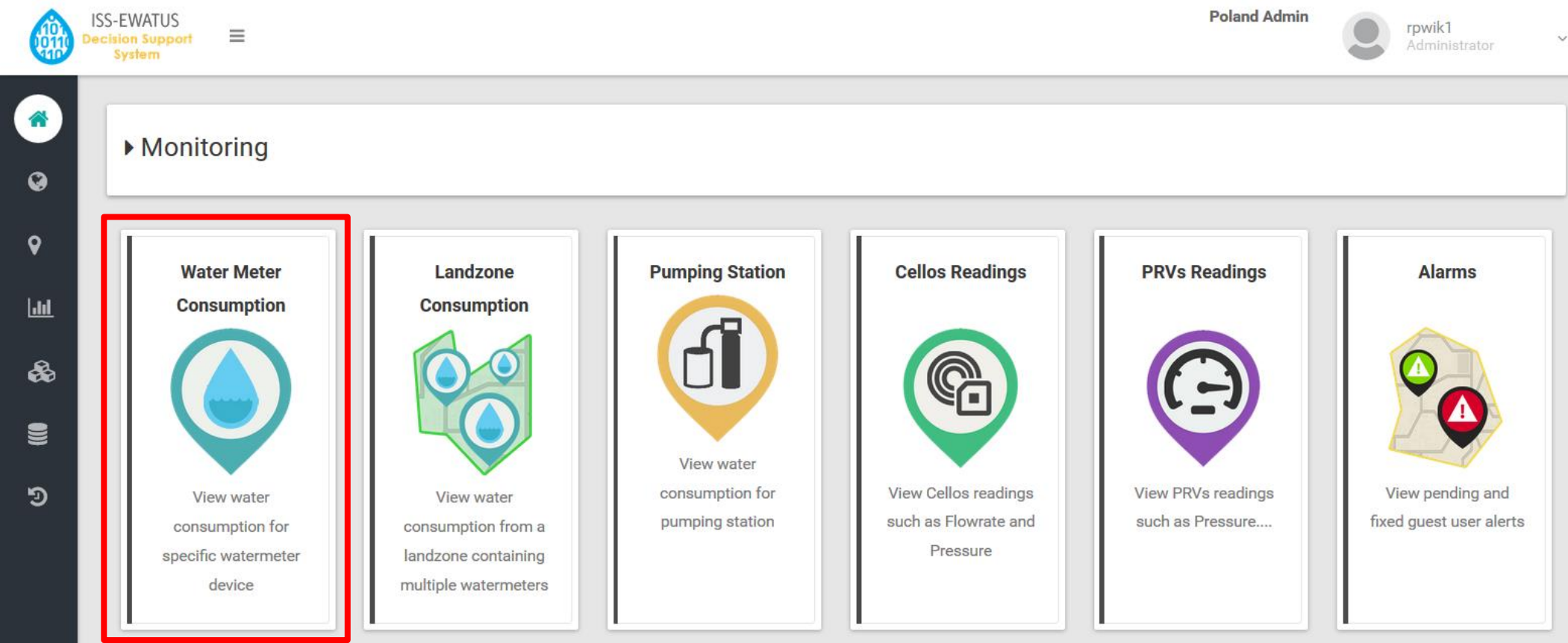
## 5. Zarządzanie danymi

- Kontrola ciągłości danych (identyfikacja braków)
- Uzupełnianie brakujących danych w bazie





## Przykład wizualizacji danych z odczytów wodomierzy (uruchomienie funkcji)



The screenshot shows the ISS-EWATUS Decision Support System interface. The top navigation bar includes the system logo, the text "ISS-EWATUS Decision Support System", a hamburger menu icon, the user name "Poland Admin", and a profile icon for "rpwik1 Administrator". A left sidebar contains navigation icons for home, monitoring, location, charts, and other functions. The main content area is titled "Monitoring" and features six data visualization cards. The first card, "Water Meter Consumption", is highlighted with a red border. It contains a water drop icon and the text "View water consumption for specific watermeter device". The other cards are: "Landzone Consumption" (multiple watermeters), "Pumping Station" (pumping station icon), "Cellos Readings" (cellos icon), "PRVs Readings" (pressure gauge icon), and "Alarms" (map with alert icons).

ISS-EWATUS Decision Support System

Poland Admin

rpwik1 Administrator

Monitoring

**Water Meter Consumption**

View water consumption for specific watermeter device

**Landzone Consumption**

View water consumption from a landzone containing multiple watermeters

**Pumping Station**

View water consumption for pumping station

**Cellos Readings**

View Cellos readings such as Flowrate and Pressure

**PRVs Readings**

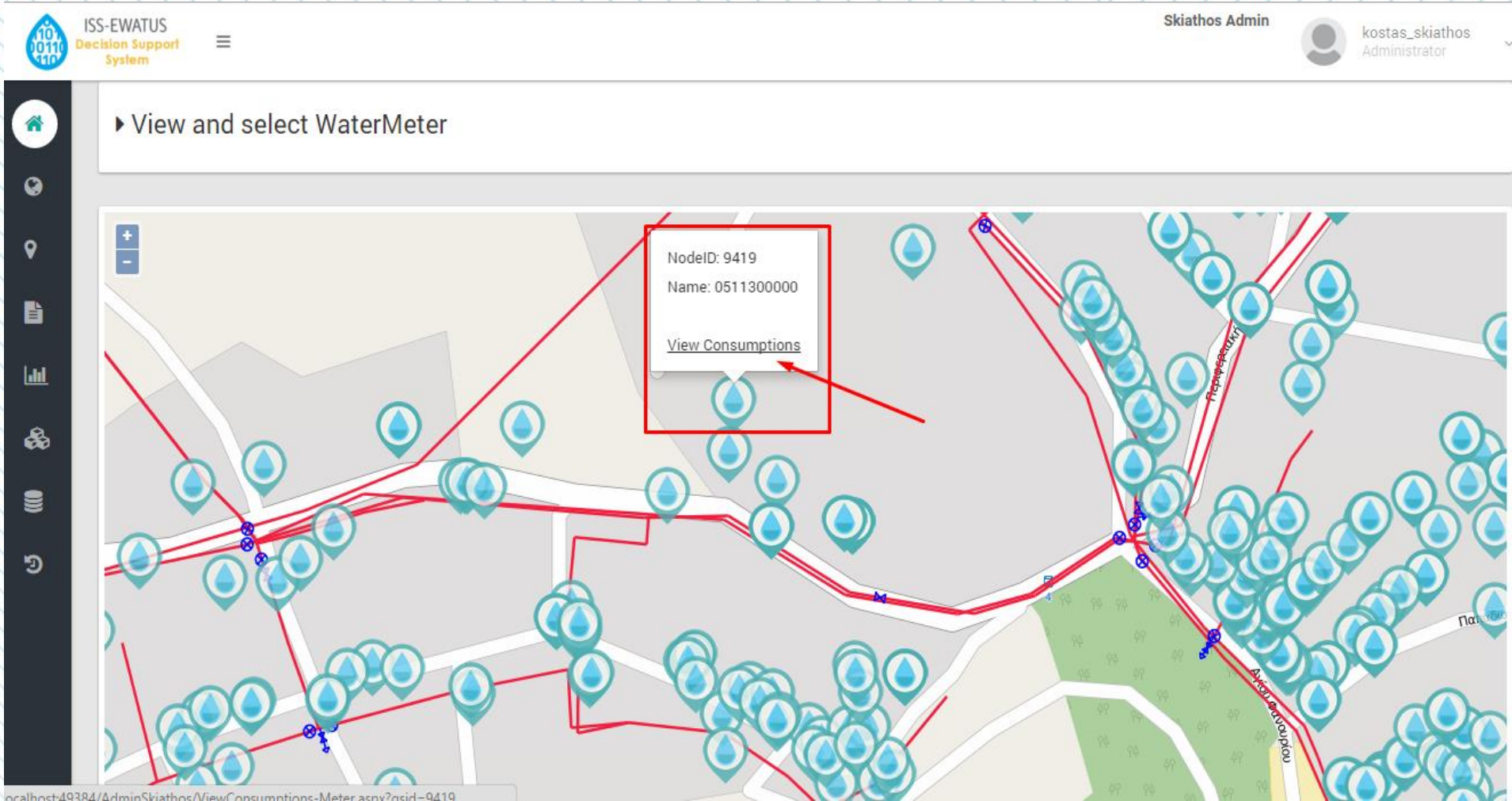
View PRVs readings such as Pressure....

**Alarms**

View pending and fixed guest user alerts



## Przykład wizualizacji danych z odczytów wodomierzy (wybór wodomierza)



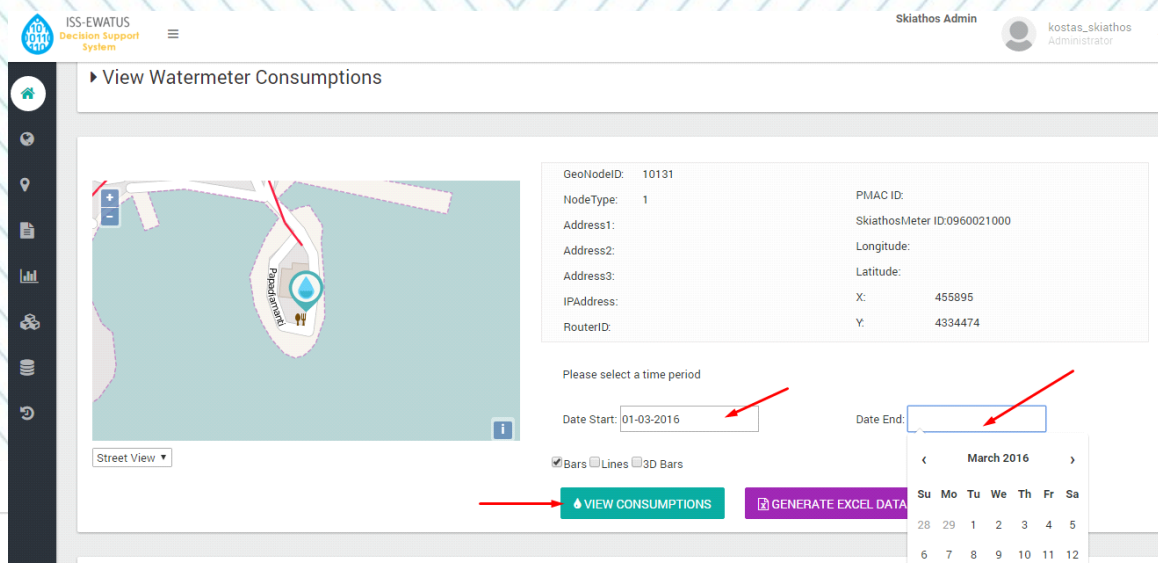
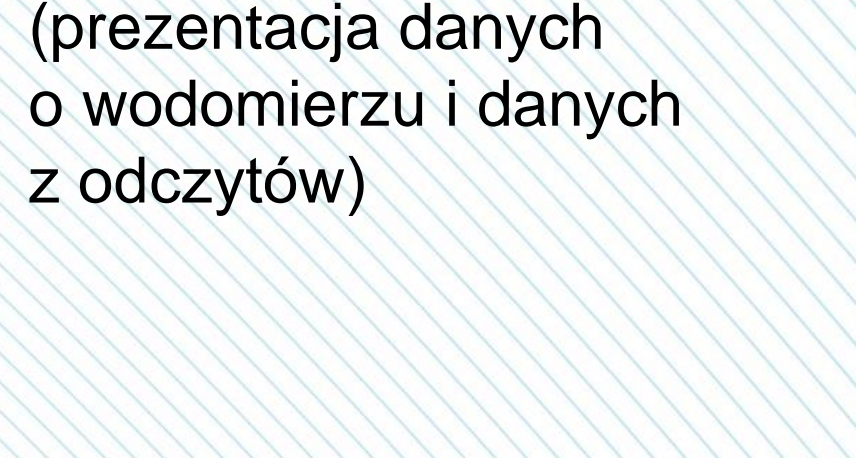
The screenshot displays the ISS-EWATUS user interface. At the top left, the logo and name "ISS-EWATUS Decision Support System" are visible. On the top right, the user is identified as "Skiathos Admin" with the profile "kostas\_skiathos Administrator". The main content area is titled "View and select WaterMeter" and features a map with numerous blue water drop icons representing meters. A red box highlights a specific meter, showing a tooltip with the following information:

- NodeID: 9419
- Name: 0511300000
- [View Consumptions](#)

The map also shows red lines representing water pipes and a green area representing a field. A sidebar on the left contains navigation icons for home, location, and data visualization. The URL at the bottom left is "localhost:49384/Admin/Skiathos/ViewConsumptions-Meter.aspx?nodeid=9419". The European Union flag is visible in the bottom right corner.



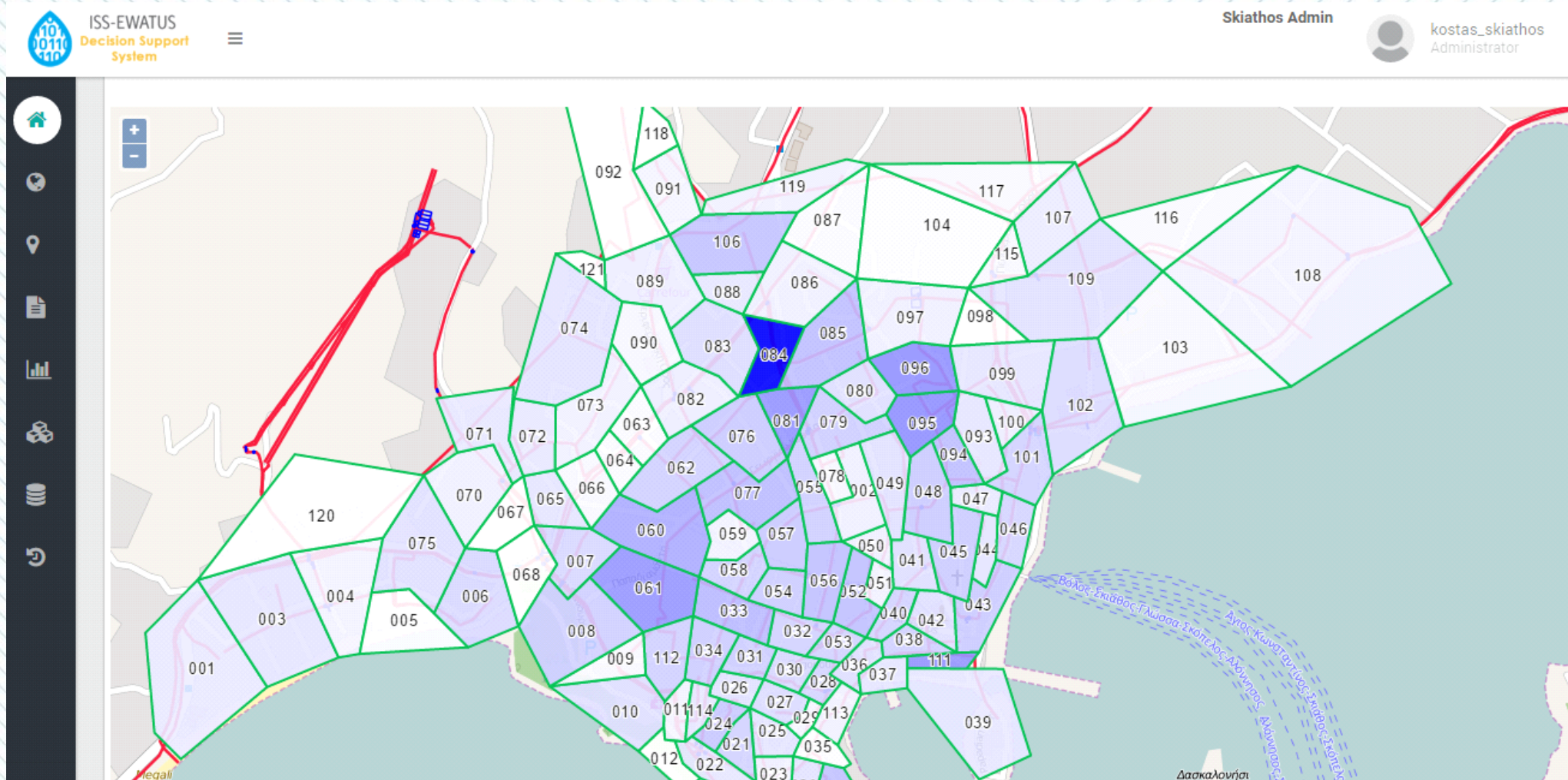
## Przykład wizualizacji danych z odczytów wodomierzy (prezentacja danych o wodomierzu i danych z odczytów)





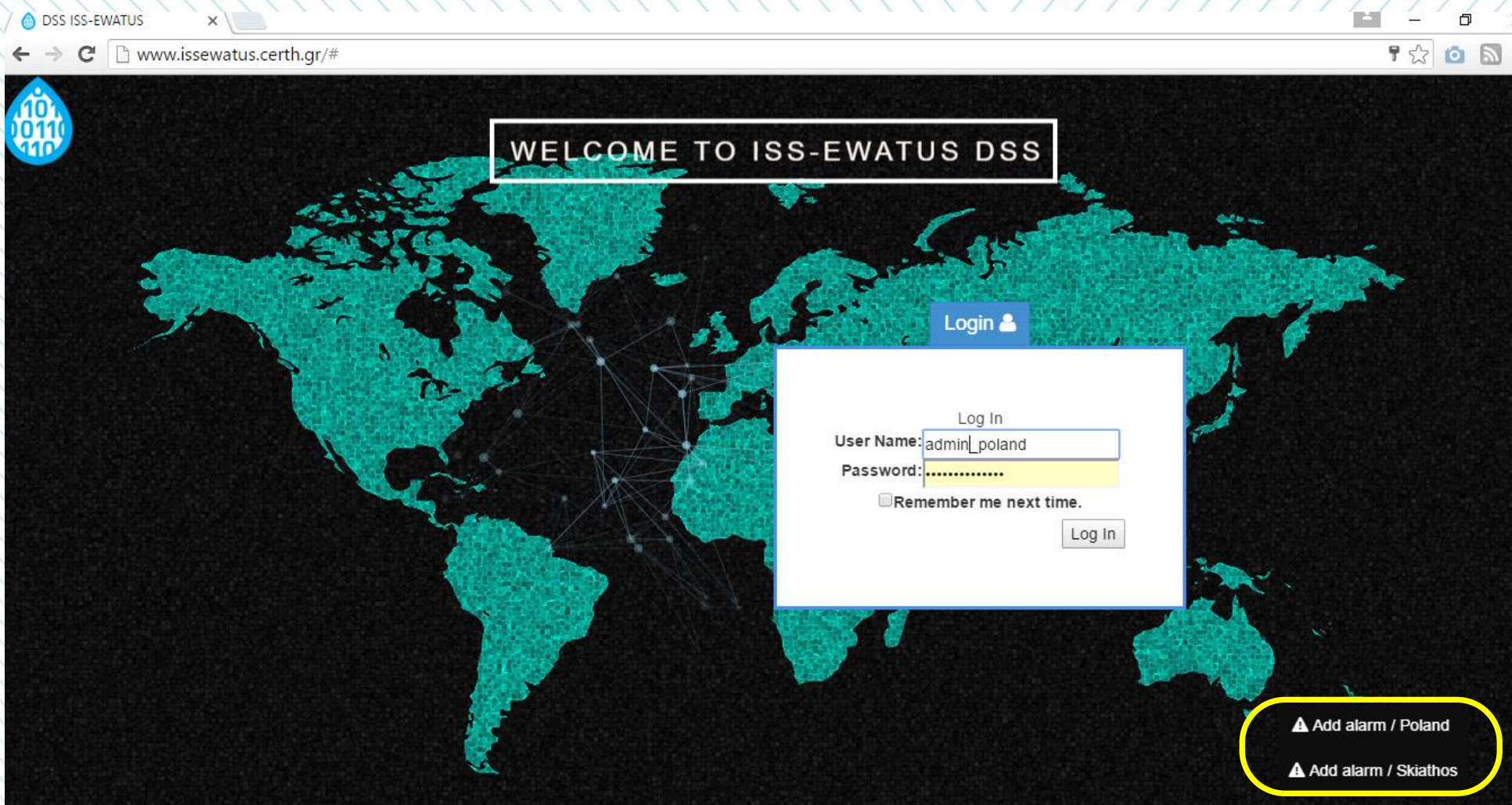


## Przykład wizualizacji danych z odczytów wodomierzy (mapa porównująca zużycie wody w strefach)





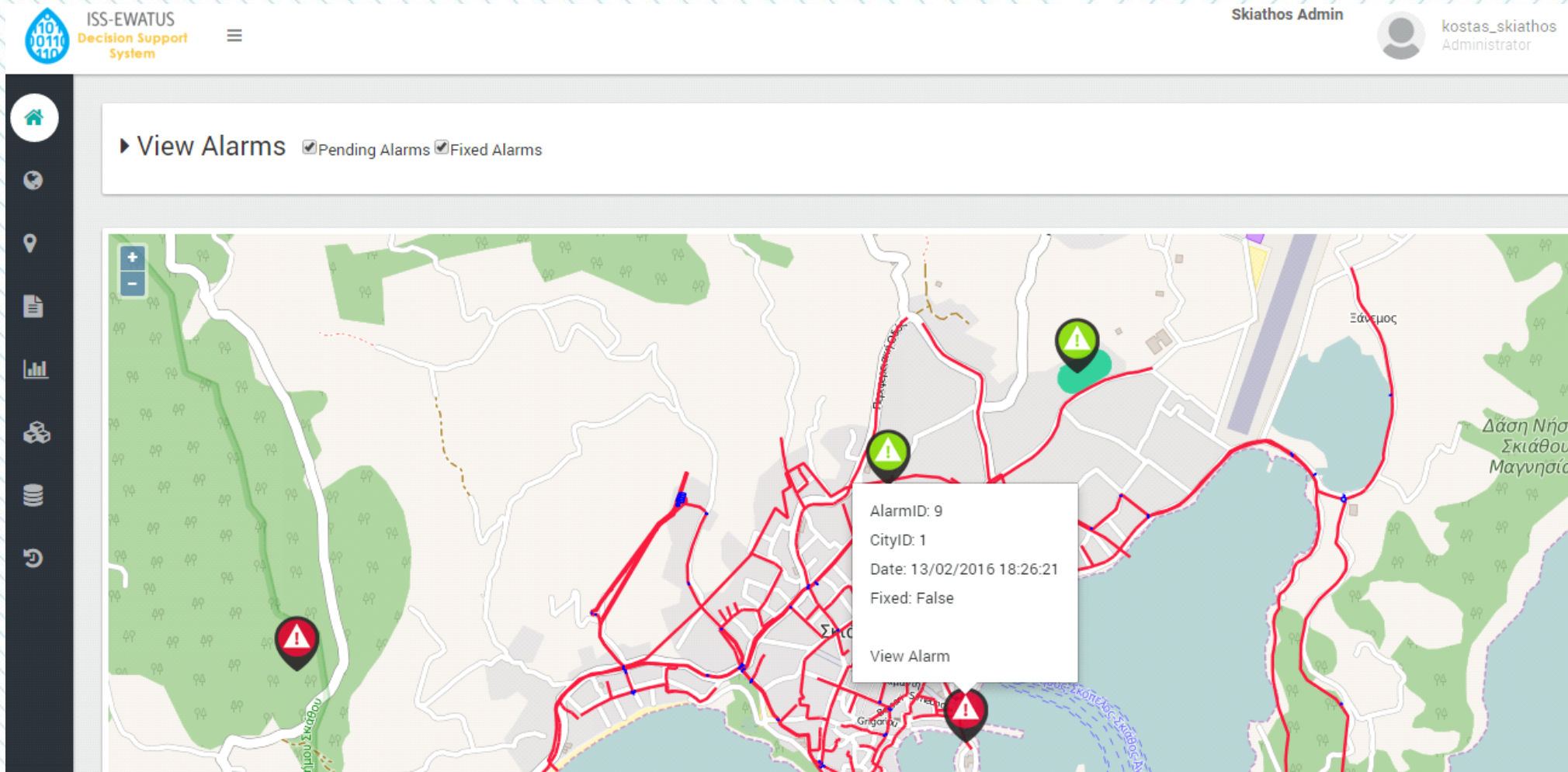
## Wizualizacja danych o zgłoszonych awariach (logowanie się w celu zgłoszenia awarii)



The screenshot displays the user interface of the ISS-EWATUS DSS monitoring system. The browser address bar shows the URL `www.issewatus.certh.gr/#`. The main content area features a dark background with a world map where landmasses are highlighted in teal. A network diagram is overlaid on the map. A white box at the top center contains the text "WELCOME TO ISS-EWATUS DSS". A blue "Login" button with a user icon is positioned above a white login form. The form includes fields for "User Name" (containing "admin\_poland") and "Password" (masked with dots), a "Remember me next time." checkbox, and a "Log In" button. In the bottom right corner, a yellow rounded rectangle highlights two alarm buttons: "Add alarm / Poland" and "Add alarm / Skiathos".



## Wizualizacja danych o zgłoszonych awariach (problemy rozwiązane: zielone, nierozwiązane: czerwone)



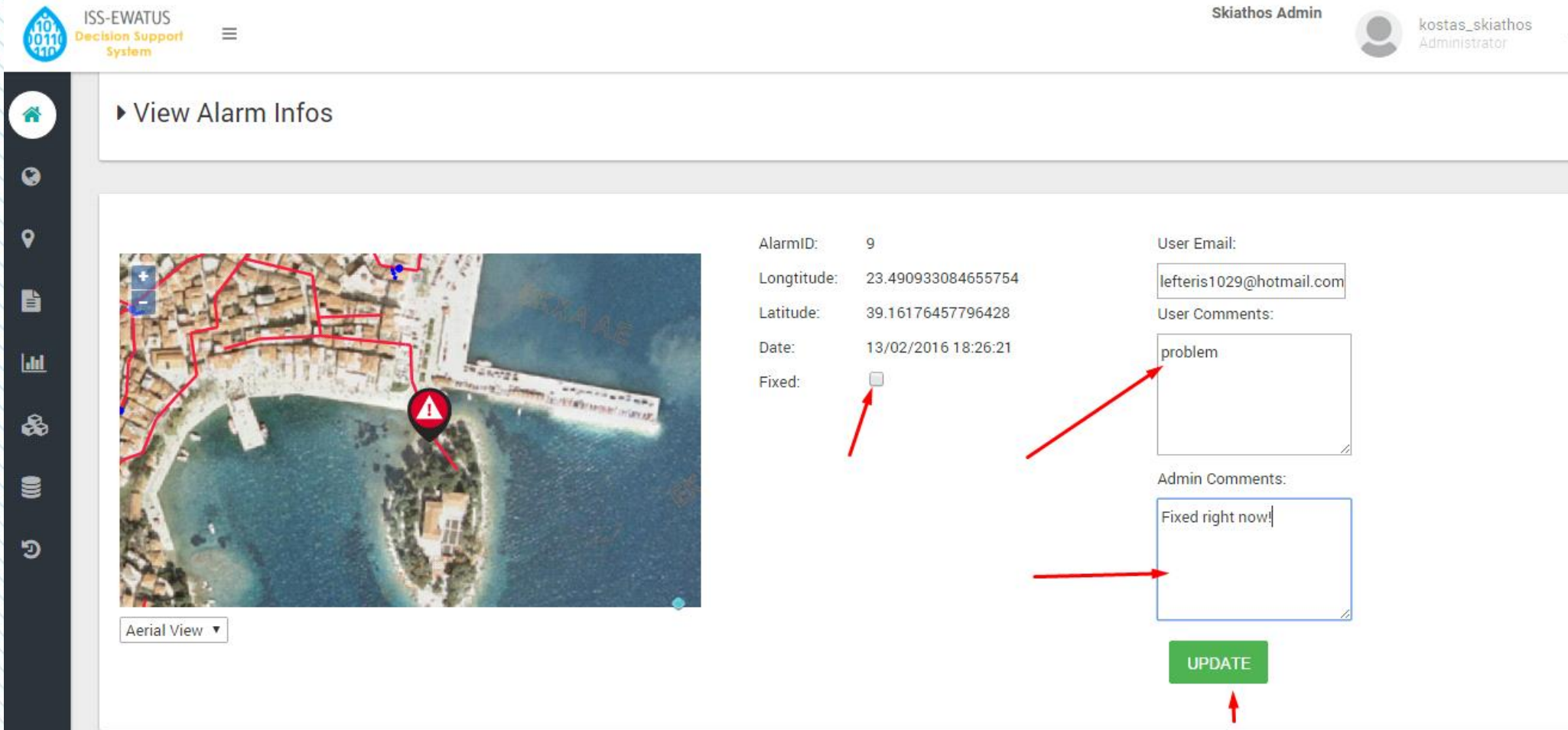
The screenshot displays the ISS-EWATUS Decision Support System interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. On the top right, the user is identified as 'Skiathos Admin' (kostas\_skiathos Administrator). The main content area features a 'View Alarms' section with checkboxes for 'Pending Alarms' and 'Fixed Alarms'. Below this is a map of Skiathos, Greece, showing a network of roads. A pop-up window for a specific alarm is open, displaying the following details:

- AlarmID: 9
- CityID: 1
- Date: 13/02/2016 18:26:21
- Fixed: False
- View Alarm

The map shows several alarm markers: a red triangle with a white exclamation mark (indicating an unresolved issue) and a green triangle with a white exclamation mark (indicating a resolved issue). The map also shows geographical features like 'ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ' and 'Δάση Νήσου Σκιάθου Μαγνησία'.



## Wizualizacja danych o zgłoszonych awariach (Szczegóły dotyczące zgłoszenia i zarządzanie zgłoszeniem)



The screenshot displays the ISS-EWATUS user interface. At the top left is the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System'. At the top right, the user is identified as 'Skiathos Admin' with a profile icon for 'kostas\_skiathos Administrator'. A navigation sidebar on the left contains icons for home, location, and other functions. The main content area is titled 'View Alarm Infos' and features an aerial map of a coastal town with a red warning icon. To the right of the map, the following alarm details are listed:

- AlarmID: 9
- Longitude: 23.490933084655754
- Latitude: 39.16176457796428
- Date: 13/02/2016 18:26:21
- Fixed:

Below the details are two text input fields for comments:

- User Email: lefteris1029@hotmail.com
- User Comments: problem
- Admin Comments: Fixed right now!

A green 'UPDATE' button is located at the bottom right. Red arrows point to the 'Fixed' checkbox, the 'User Comments' field, the 'Admin Comments' field, and the 'UPDATE' button.





## 1. Monitoring:

- Przeglądanie danych z monitoringu w postaci map i wykresów
- Przeglądanie danych z odczytów wodomierzy w postaci map i wykresów
- Zarządzanie alarmami dotyczącymi sieci

## 2. Zarządzanie systemem

- Dodawanie i edycja punktów reprezentujących źródła danych
- Dodawanie i edycja obszarów, dla których mają być agregowane dane

## 3. Prognozy

- Prognoza zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja ciśnienia dla prognozowanego zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja korzystania ze źródeł wody

## 4. Bazy danych

- Przeglądanie i edycja danych w bazie

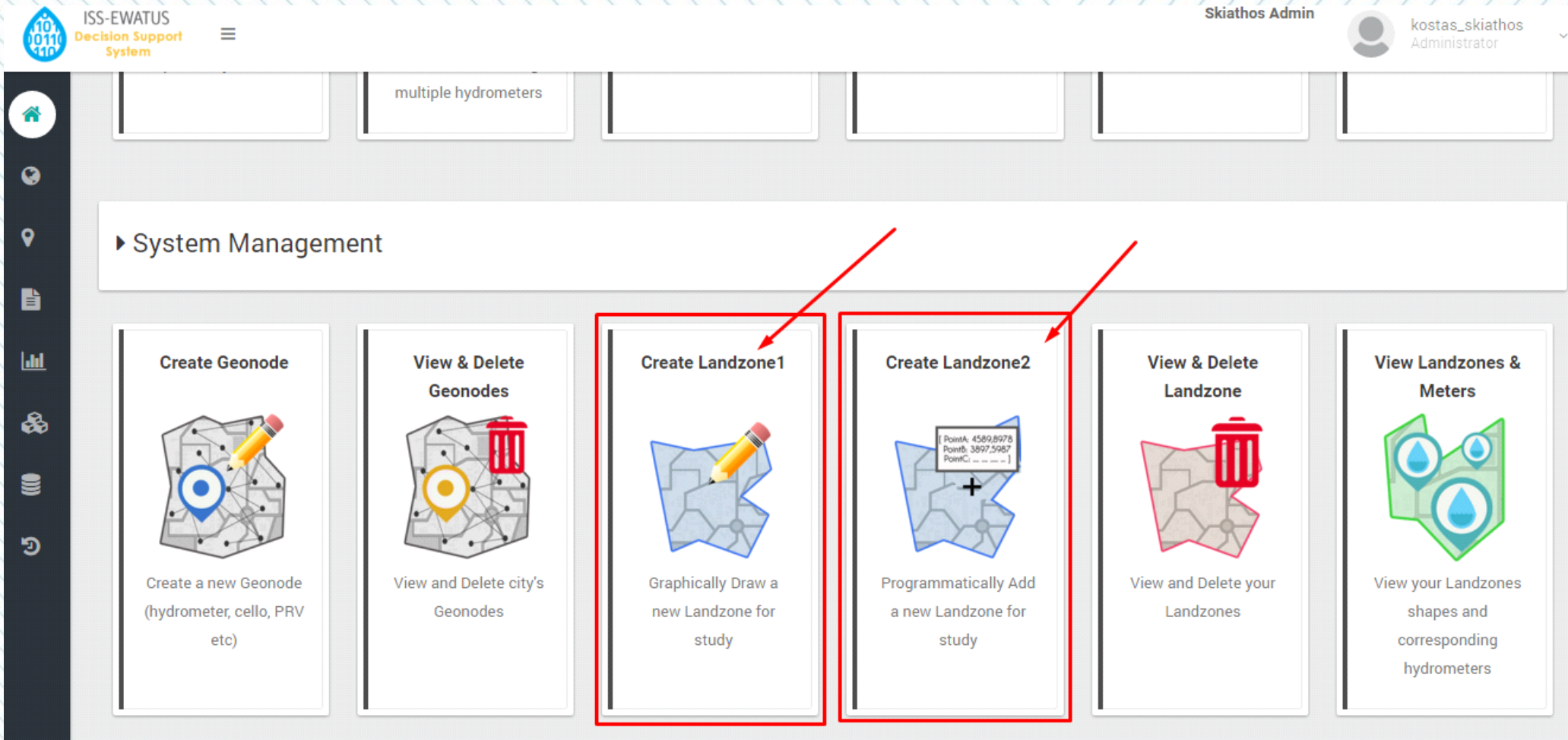
## 5. Zarządzanie danymi

- Kontrola ciągłości danych (identyfikacja braków)
- Uzupełnianie brakujących danych w bazie





## Przykład edycji stref, dla których analizowane są dane (uruchomienie funkcji)



The screenshot displays the ISS-EWATUS Decision Support System interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. The top right shows the user 'Skiathos Admin' with a profile icon and the name 'kostas\_skiathos Administrator'. Below the header, a navigation bar contains several menu items, with 'multiple hydrometers' currently selected. The main content area is titled 'System Management' and features six functional cards. Two cards, 'Create Landzone1' and 'Create Landzone2', are highlighted with red boxes and red arrows pointing to them. The 'Create Landzone1' card includes an icon of a map with a pencil and the description 'Graphically Draw a new Landzone for study'. The 'Create Landzone2' card includes an icon of a map with a plus sign and a data box containing 'PointA: 4589,8978', 'PointB: 3897,5987', and 'PointC: --- --', with the description 'Programmatically Add a new Landzone for study'. Other cards include 'Create Geonode', 'View & Delete Geonodes', 'View & Delete Landzone', and 'View Landzones & Meters'.

ISS-EWATUS Decision Support System

Skiathos Admin  
kostas\_skiathos Administrator

multiple hydrometers

► System Management

**Create Geonode**  
Create a new Geonode (hydrometer, cello, PRV etc)

**View & Delete Geonodes**  
View and Delete city's Geonodes

**Create Landzone1**  
Graphically Draw a new Landzone for study

**Create Landzone2**  
Programmatically Add a new Landzone for study

**View & Delete Landzone**  
View and Delete your Landzones

**View Landzones & Meters**  
View your Landzones shapes and corresponding hydrometers



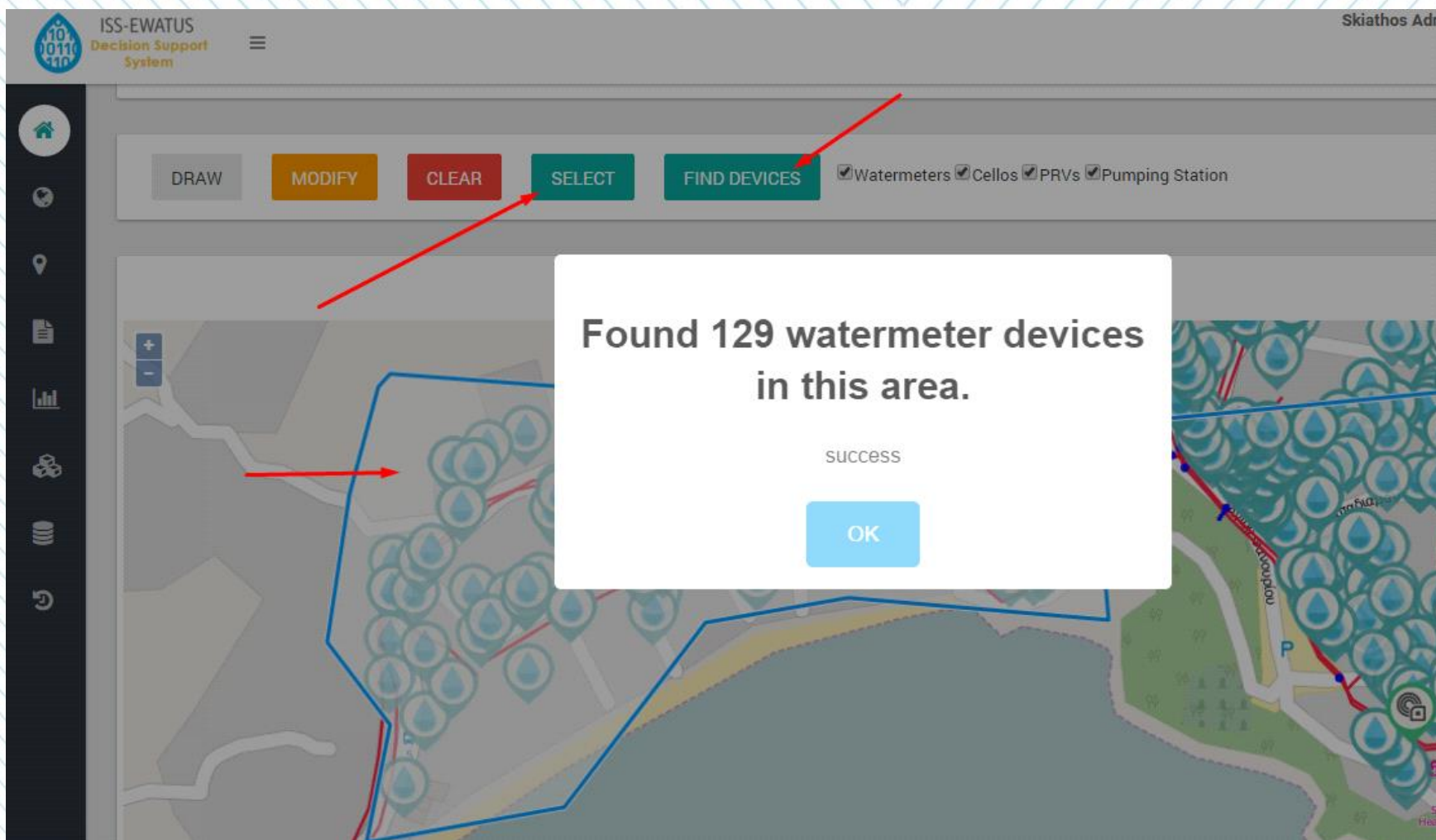


## Przykład edycji stref, dla których analizowane są dane (rysowanie i edycja stref)

The screenshot displays the ISS-EWATUS web interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. On the top right, the user is identified as 'Skiathos Admin' with a profile icon and the name 'kostas\_sl Administr'. Below the header is a control panel with buttons: 'DRAW' (grey), 'MODIFY' (orange), 'CLEAR' (red), 'SELECT' (teal), and 'FIND DEVICES' (teal). To the right of these buttons are four checked checkboxes: 'Watermeters', 'Cellos', 'PRVs', and 'Pumping Station'. The main area is a map showing a water network with numerous blue water drop icons representing devices. A yellow boundary outlines a specific area on the map. A red arrow points to the 'MODIFY' button. The map also shows a coastline, a green area labeled 'Skiathos Health Centre', and various street names like 'Skiathos' and 'P'. A vertical sidebar on the left contains navigation icons for home, location, documents, charts, and other functions.



**Przykład edycji stref, dla których analizowane są dane**  
(rysowanie i edycja stref)



The screenshot displays the ISS-EWATUS Decision Support System interface. The top navigation bar includes the system logo, the text "ISS-EWATUS Decision Support System", and the user name "Skiathos Adm". Below the navigation bar is a toolbar with buttons for "DRAW", "MODIFY", "CLEAR", "SELECT", and "FIND DEVICES". To the right of the "FIND DEVICES" button are checkboxes for "Watermeters", "Cellos", "PRVs", and "Pumping Station". The main area shows a map with a blue polygon highlighting a specific region. A notification dialog box is overlaid on the map, displaying the message "Found 129 watermeter devices in this area." with a "success" status and an "OK" button. Red arrows point from the "FIND DEVICES" button to the notification dialog and from the "SELECT" button to the highlighted area on the map.





## 1. Monitoring:

- Przeglądanie danych z monitoringu w postaci map i wykresów
- Przeglądanie danych z odczytów wodomierzy w postaci map i wykresów
- Zarządzanie alarmami dotyczącymi sieci

## 2. Zarządzanie systemem

- Dodawanie i edycja punktów reprezentujących źródła danych
- Dodawanie i edycja obszarów, dla których mają być agregowane dane

## 3. Prognozy

- Prognoza zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja ciśnienia dla prognozowanego zapotrzebowania na wodę
- Optymalizacja korzystania ze źródeł wody

## 4. Bazy danych

- Przeglądanie i edycja danych w bazie

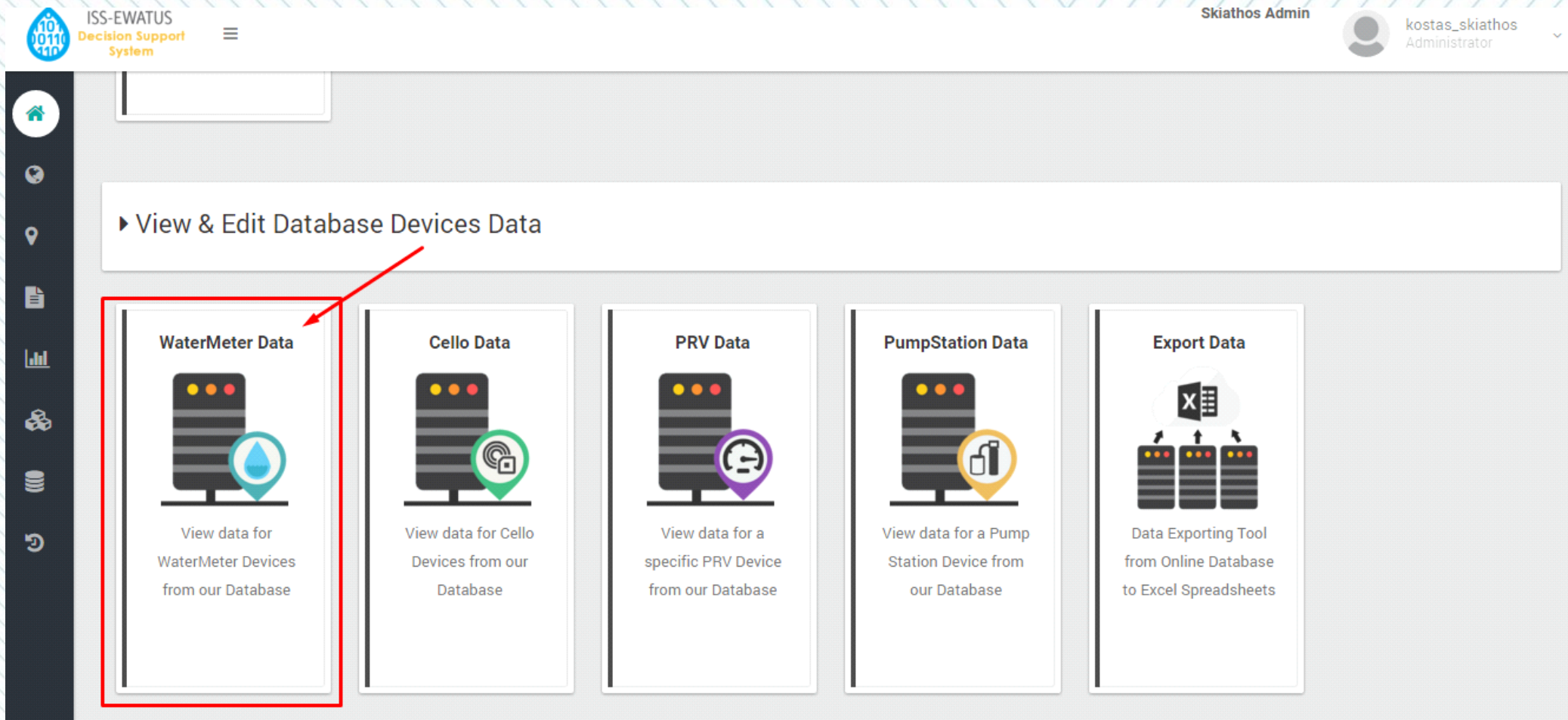
## 5. Zarządzanie danymi

- Kontrola ciągłości danych (identyfikacja braków)
- Uzupełnianie brakujących danych w bazie





## Przykład przeglądania danych nt. zużycia wody w sieci (uruchomienie funkcji)

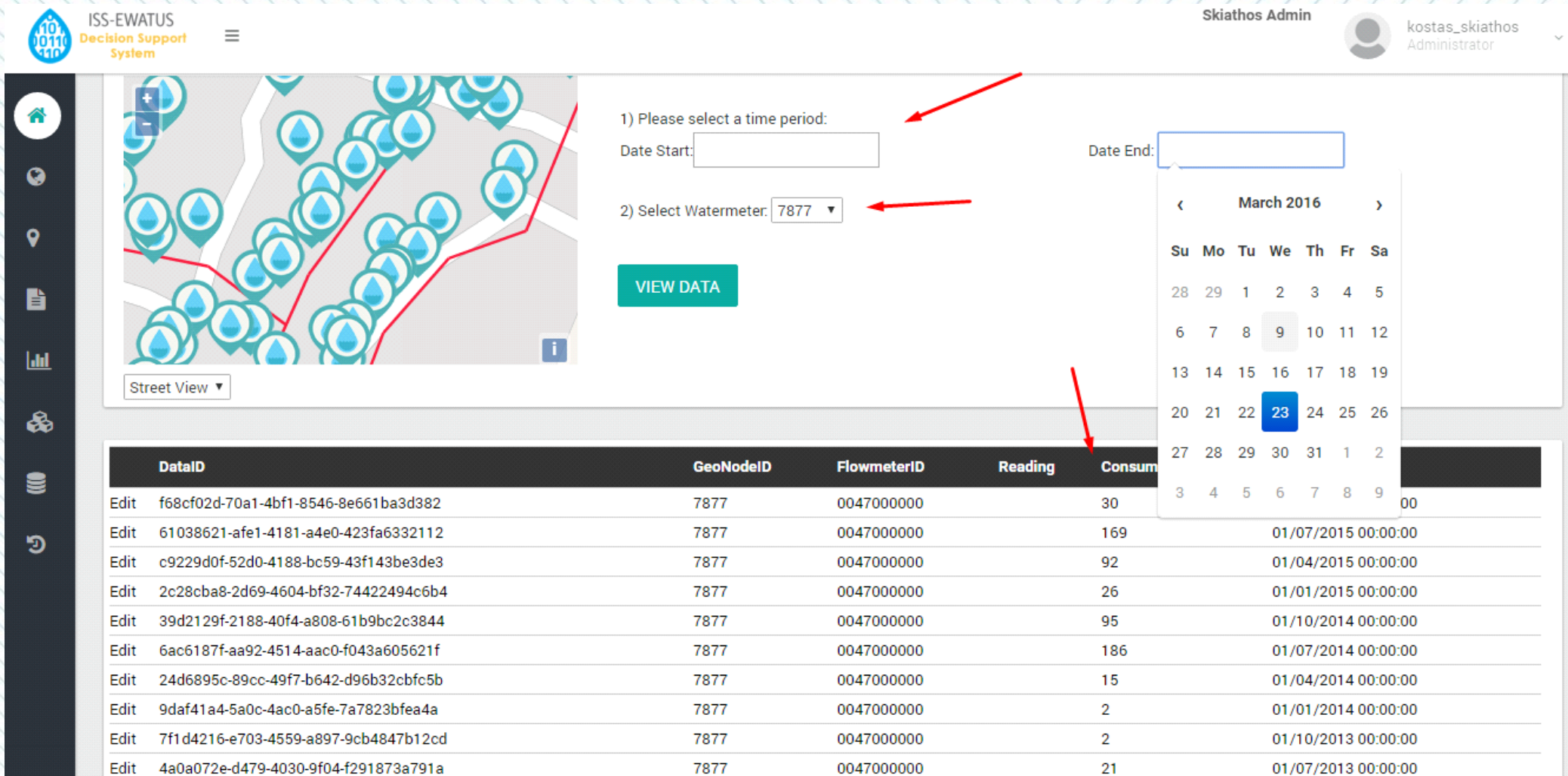


The screenshot displays the ISS-EWATUS user interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. On the top right, the user is identified as 'Skiathos Admin' with a profile icon and the name 'kostas\_skiathos Administrator'. A central navigation bar contains the text 'View & Edit Database Devices Data'. Below this, five data viewing options are presented as cards:

- WaterMeter Data**: View data for WaterMeter Devices from our Database. This card is highlighted with a red border and a red arrow pointing to it.
- Cello Data**: View data for Cello Devices from our Database.
- PRV Data**: View data for a specific PRV Device from our Database.
- PumpStation Data**: View data for a Pump Station Device from our Database.
- Export Data**: Data Exporting Tool from Online Database to Excel Spreadsheets.



## Przykład przeglądania danych nt. zużycia wody w sieci (przeoglądanie danych)



The screenshot displays the ISS-EWATUS Decision Support System interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. The top right shows the user 'Skiathos Admin' and 'kostas\_skiathos Administrator'. A sidebar on the left contains navigation icons for home, location, documents, charts, and settings.

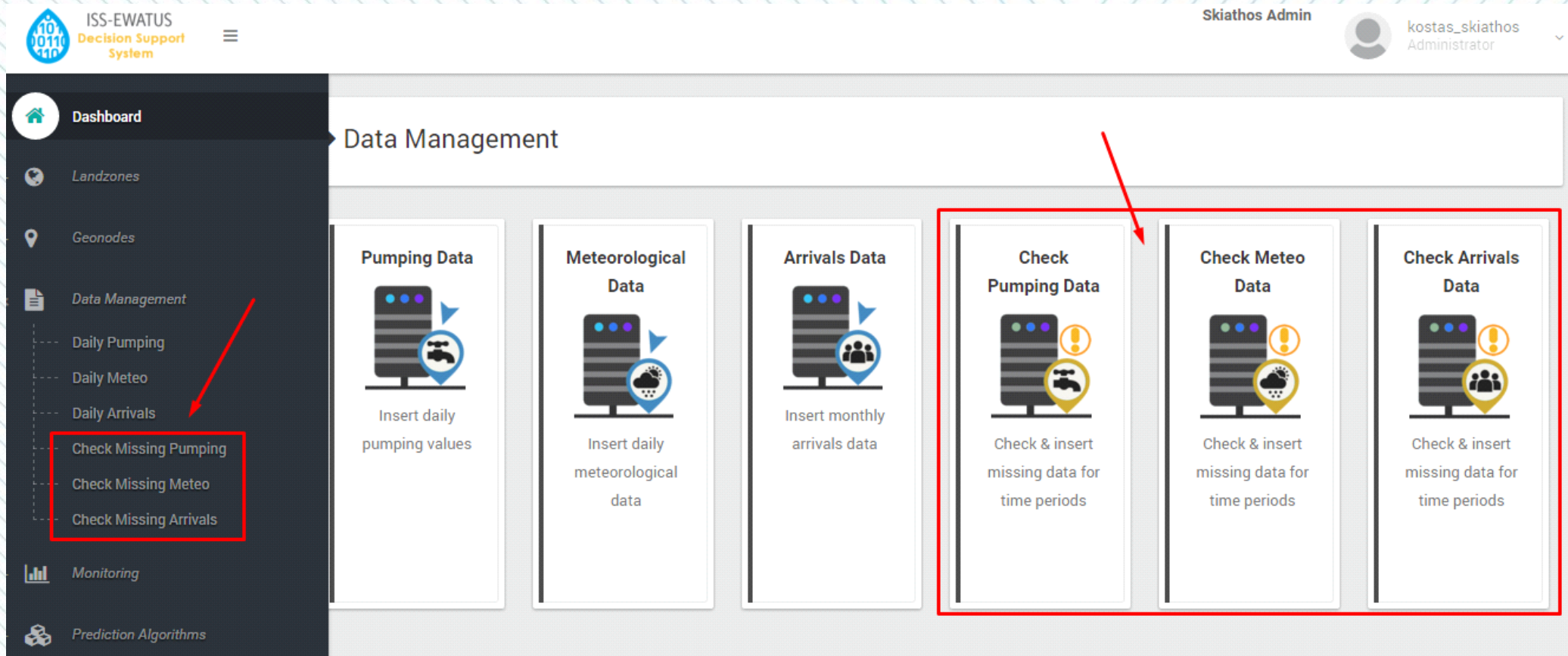
The main interface is divided into several sections:

- Map:** A map on the left shows a network of pipes with blue water drop icons indicating data points. A 'Street View' dropdown is located below the map.
- Filters:**
  - 1) Please select a time period: Date Start:  Date End:
  - 2) Select Watermeter:
- Action:** A green 'VIEW DATA' button is positioned below the filters.
- Calendar:** A calendar for March 2016 is open, showing the date 23 selected.
- Data Table:** A table with the following columns: DataID, GeoNodeID, FlowmeterID, Reading, and Consum. The table contains 10 rows of data.

	DataID	GeoNodeID	FlowmeterID	Reading	Consum
Edit	f68cf02d-70a1-4bf1-8546-8e661ba3d382	7877	0047000000	30	
Edit	61038621-afe1-4181-a4e0-423fa6332112	7877	0047000000	169	01/07/2015 00:00:00
Edit	c9229d0f-52d0-4188-bc59-43f143be3de3	7877	0047000000	92	01/04/2015 00:00:00
Edit	2c28cba8-2d69-4604-bf32-74422494c6b4	7877	0047000000	26	01/01/2015 00:00:00
Edit	39d2129f-2188-40f4-a808-61b9bc2c3844	7877	0047000000	95	01/10/2014 00:00:00
Edit	6ac6187f-aa92-4514-aac0-f043a605621f	7877	0047000000	186	01/07/2014 00:00:00
Edit	24d6895c-89cc-49f7-b642-d96b32cbfc5b	7877	0047000000	15	01/04/2014 00:00:00
Edit	9daf41a4-5a0c-4ac0-a5fe-7a7823bfea4a	7877	0047000000	2	01/01/2014 00:00:00
Edit	7f1d4216-e703-4559-a897-9cb4847b12cd	7877	0047000000	2	01/10/2013 00:00:00
Edit	4a0a072e-d479-4030-9f04-f291873a791a	7877	0047000000	21	01/07/2013 00:00:00



## Przykład kontroli ciągłości danych (Uruchomienie funkcji)



ISS-EWATUS Decision Support System

Skiathos Admin kostas\_skiathos Administrator

Dashboard

Landzones

Geonodes

Data Management

Daily Pumping

Daily Meteo

Daily Arrivals

Check Missing Pumping

Check Missing Meteo

Check Missing Arrivals

Monitoring

Prediction Algorithms

Data Management

Pumping Data

Insert daily pumping values

Meteorological Data

Insert daily meteorological data

Arrivals Data

Insert monthly arrivals data

Check Pumping Data

Check & insert missing data for time periods

Check Meteo Data

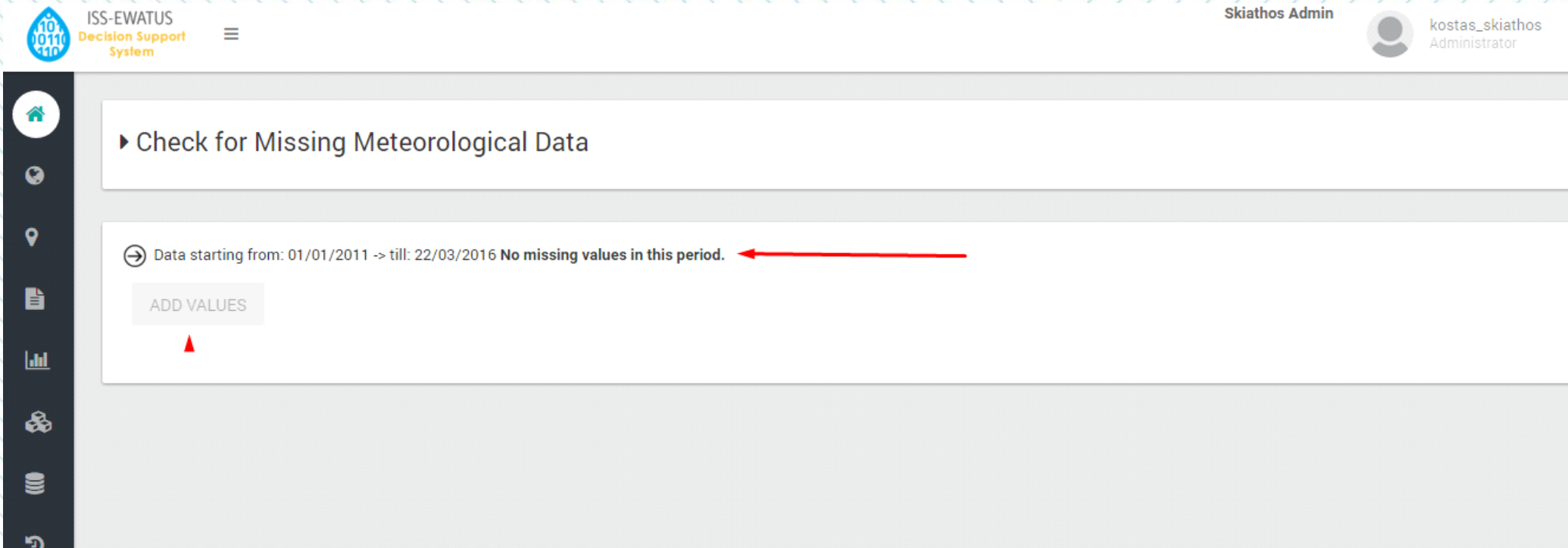
Check & insert missing data for time periods

Check Arrivals Data

Check & insert missing data for time periods



## Przykład kontroli ciągłości danych (komunikat o braku luk w serii danych)



The screenshot displays the ISS-EWATUS Decision Support System interface. The top navigation bar includes the system logo, the text "ISS-EWATUS Decision Support System", and a user profile for "Skiathos Admin" (kostas\_skiathos Administrator). A sidebar on the left contains various navigation icons. The main content area features a section titled "Check for Missing Meteorological Data". Below this title, a message states: "Data starting from: 01/01/2011 -> till: 22/03/2016 No missing values in this period." A red arrow points to this message. Below the message is a button labeled "ADD VALUES" with a red upward-pointing triangle icon underneath it.





## 1. Monitoring:

- Przeglądanie danych z monitoringu w postaci map i wykresów
- Przeglądanie danych z odczytów wodomierzy w postaci map i wykresów
- Zarządzanie alarmami dotyczącymi sieci

## 2. Zarządzanie systemem

- Dodawanie i edycja punktów reprezentujących źródła danych
- Dodawanie i edycja obszarów, dla których mają być agregowane dane

## 3. Prognozy

- Prognoza zapotrzebowania na wodę
- **Optymalizacja ciśnienia dla prognozowanego zapotrzebowania na wodę**
- Optymalizacja korzystania ze źródeł wody

## 4. Bazy danych

- Przeglądanie i edycja danych w bazie

## 5. Zarządzanie danymi

- Kontrola ciągłości danych (identyfikacja braków)
- Uzupełnianie brakujących danych w bazie





## Przygotowanie danych do modeli EPANET



### ▶ Prediction Algorithms for Water Demand

#### ▶ ANFIS



Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems.  
Anfis constructs a fuzzy inference system (FIS) whose membership function parameters are tuned (adjusted) using either a back propagation algorithm alone or in combination with a least squares type of method. This adjustment allows your fuzzy systems to learn from the data they are modeling. Furthermore, the shape of the membership functions depends on parameters, and changing these parameters change the shape of the membership function.

#### ▶ FCM



Fuzzy Cognitive Maps.  
Anfis constructs a fuzzy inference system (FIS) whose membership function parameters are tuned (adjusted) using either a back propagation algorithm alone or in combination with a least squares type of method. This adjustment allows your fuzzy systems to learn from the data they are modeling. Furthermore, the shape of the membership functions depends on parameters, and changing these parameters change the shape of the membership function.

#### ▶ NNs



Neural Nets.  
[more info goes here....](#)

Run new Epanet Simulation



## Przygotowanie danych do modeli EPANET

### ▶ Prediction Algorithms for Water Demand

#### ▶ ANFIS



Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems.  
Anfis constructs a fuzzy inference system (FIS) whose membership function parameters are tuned (adjusted) using either a back propagation algorithm alone or in combination with a least squares type of method. This adjustment allows your fuzzy systems to learn from the data they are modeling. Furthermore, the shape of the membership functions depends on parameters, and changing these parameters change the shape of the membership function.

#### ▶ FCM



Fuzzy Cognitive Maps.  
Anfis constructs a fuzzy inference system (FIS) whose membership function parameters are tuned (adjusted) using either a back propagation algorithm alone or in combination with a least squares type of method. This adjustment allows your fuzzy systems to learn from the data they are modeling. Furthermore, the shape of the membership functions depends on parameters, and changing these parameters change the shape of the membership function.

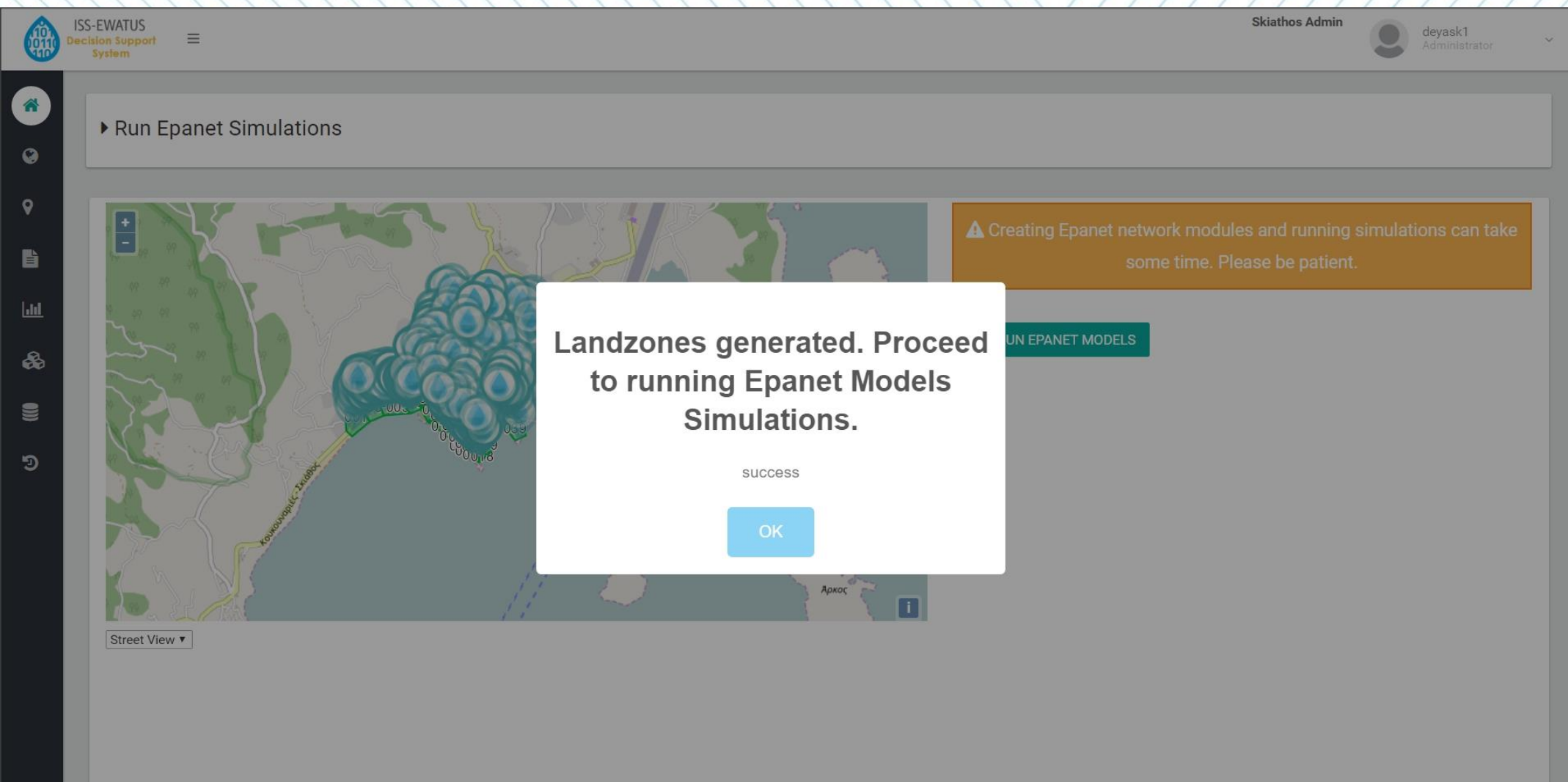
#### ▶ NNs



Neural Nets.  
[more info goes here....](#)

Run new Epanet Simulation

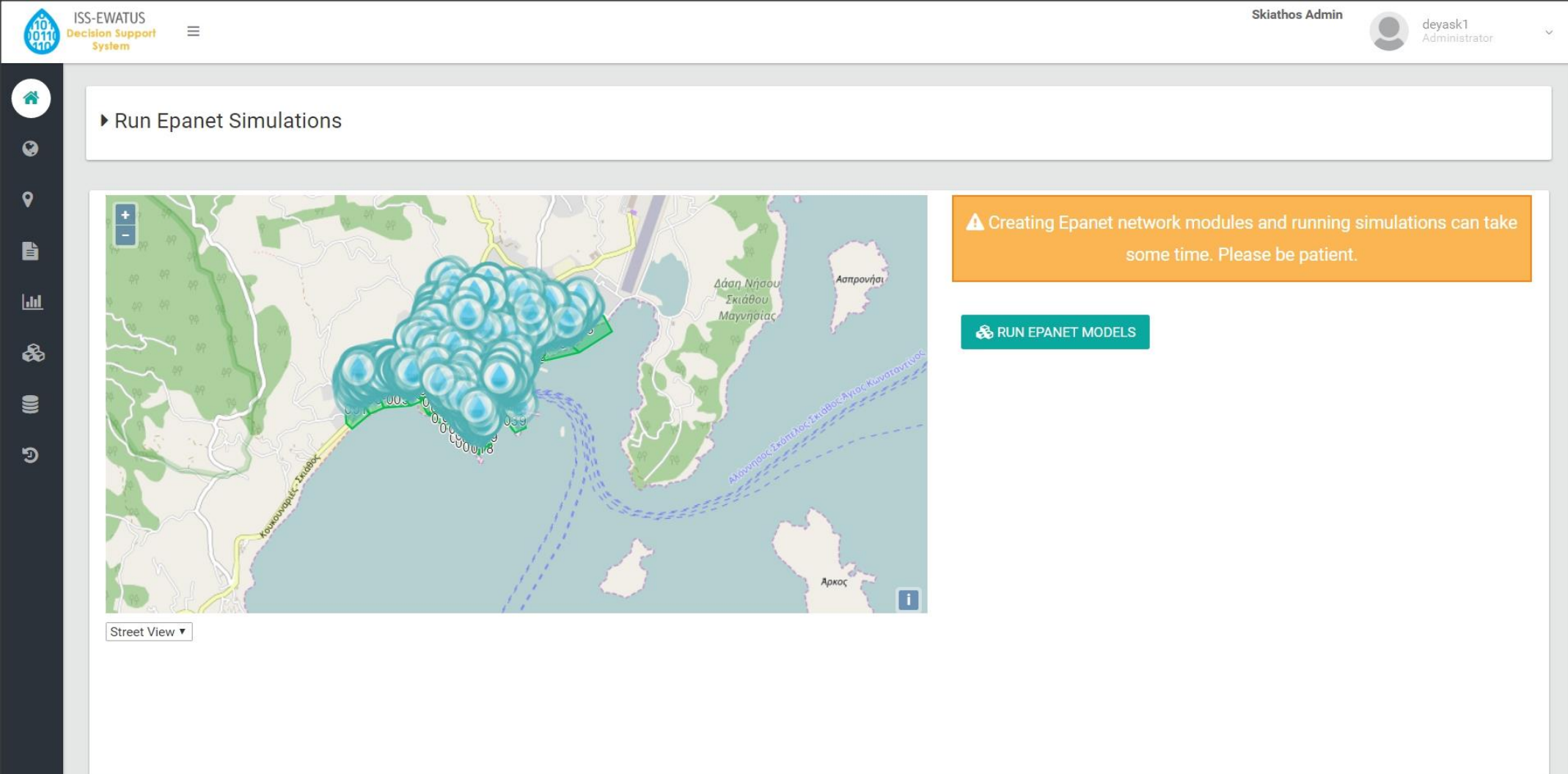
## Przygotowanie danych do modeli EPANET



The screenshot displays the ISS-EWATUS web interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. The top right shows the user 'Skiathos Admin' and 'deyask1 Administrator'. A navigation menu on the left includes icons for home, location, documents, charts, and settings. The main content area features a map with a blue overlay representing a simulation. A white modal dialog box is centered on the screen, displaying the message: 'Landzones generated. Proceed to running Epanet Models Simulations.' Below the message, it says 'success' and has an 'OK' button. In the background, an orange warning banner reads: 'Creating Epanet network modules and running simulations can take some time. Please be patient.' A green button labeled 'RUN EPANET MODELS' is also visible.



## Uruchomienie modeli EPANET dla scenariuszy zasilania sieci



ISS-EWATUS  
Decision Support System

Skiathos Admin  
deyask1  
Administrator

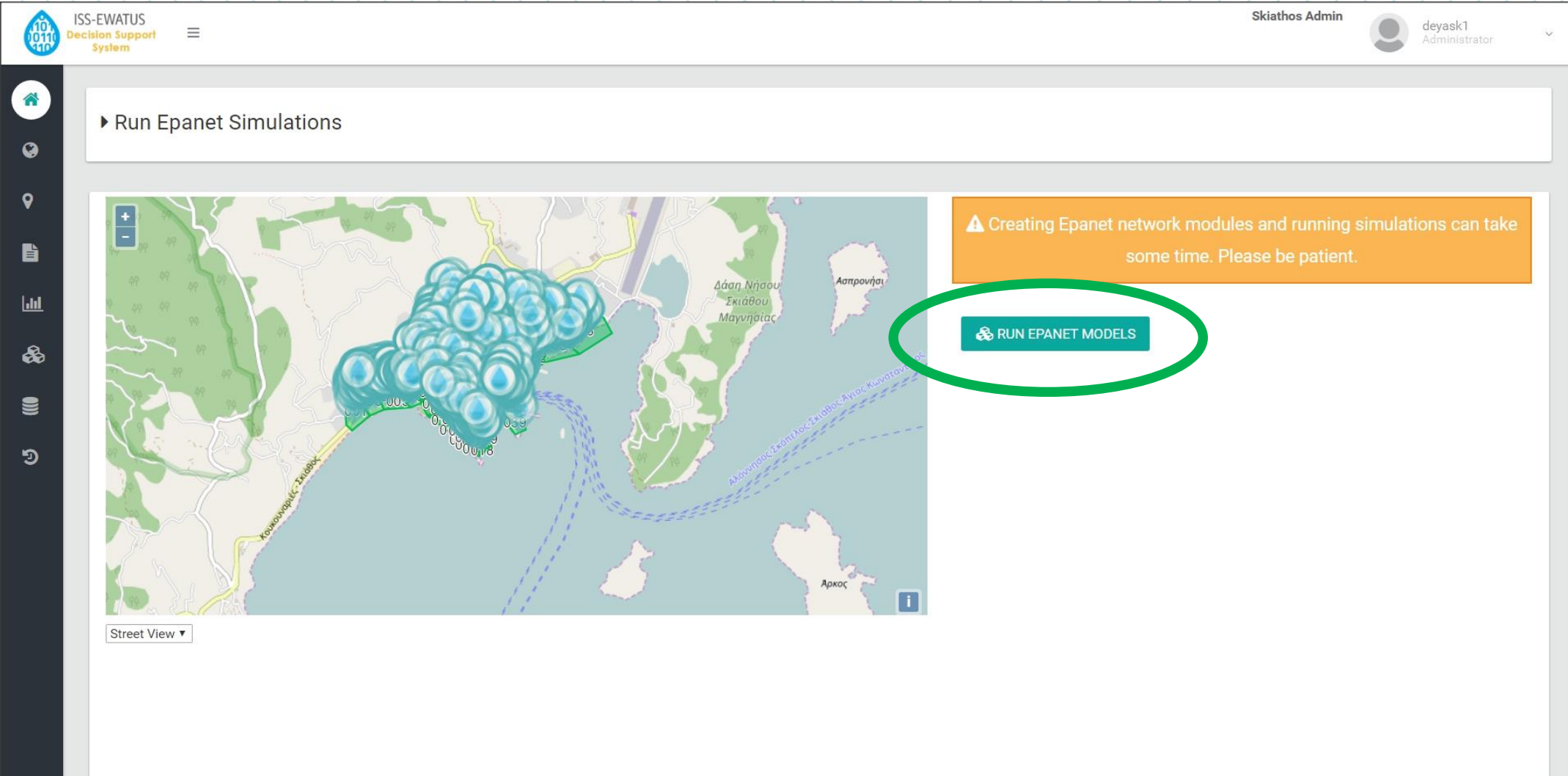
► Run Epanet Simulations

Δ Creating Epanet network modules and running simulations can take some time. Please be patient.

RUN EPANET MODELS

Street View ▾

## Uruchomienie modeli EPANET dla scenariuszy zasilania sieci



ISS-EWATUS  
Decision Support System

Skiathos Admin  
deyask1  
Administrator

► Run Epanet Simulations

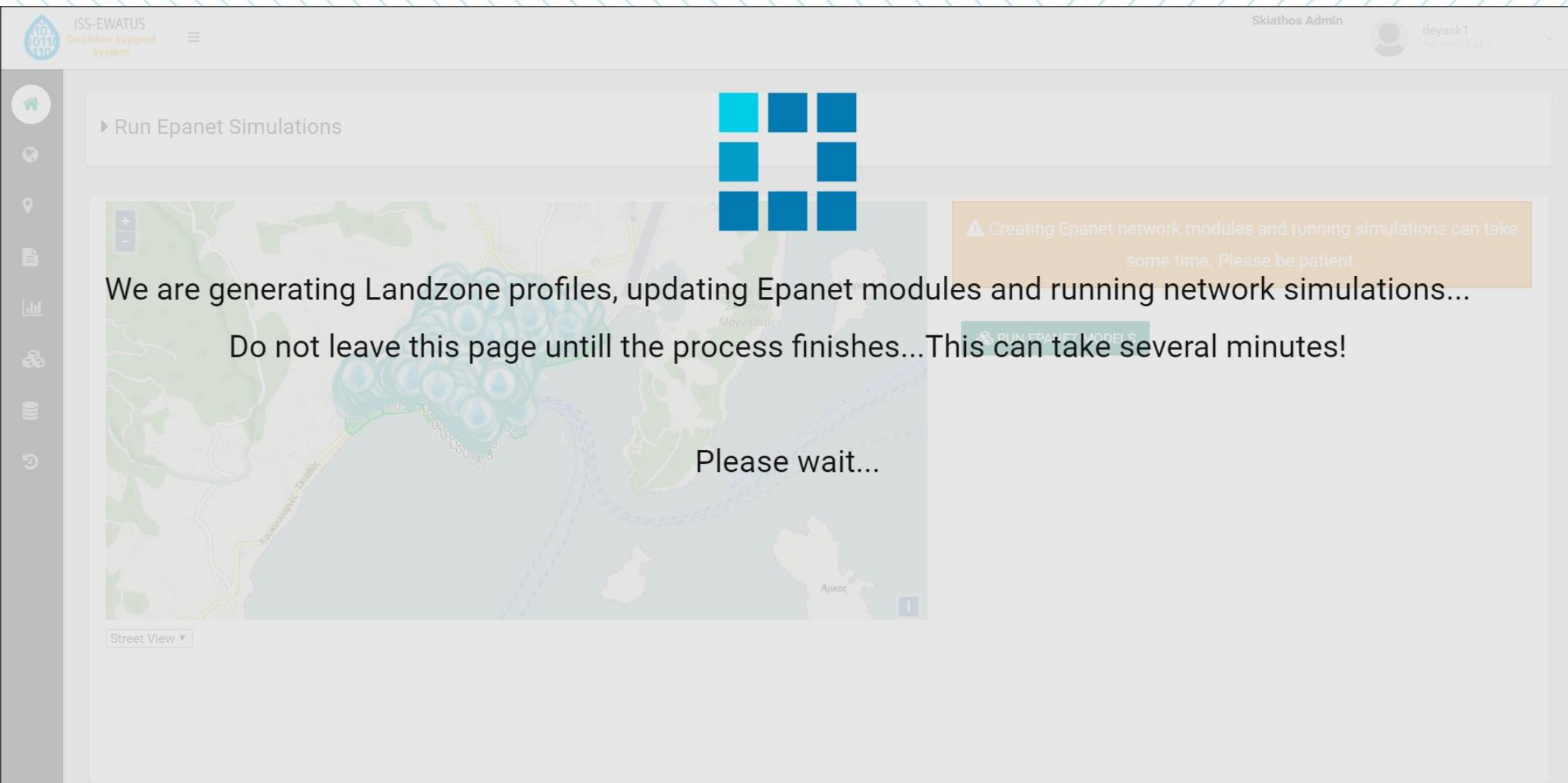
⚠ Creating Epanet network modules and running simulations can take some time. Please be patient.

**RUN EPANET MODELS**

Street View ▾



## Uruchomienie modeli EPANET dla scenariuszy zasilania sieci



The screenshot shows the ISS-EWATUS web interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. The top right shows the user 'Skiathos Admin' and 'deyask1 Administrator'. A navigation menu on the left includes icons for home, search, location, documents, charts, and settings. The main content area has a header 'Run Epanet Simulations' with a blue grid icon. Below this is a map of a coastal area with a network overlay. A large orange warning box states: 'Creating Epanet network modules and running simulations can take some time. Please be patient.' Below the map, text reads: 'We are generating Landzone profiles, updating Epanet modules and running network simulations... Do not leave this page until the process finishes... This can take several minutes!' and 'Please wait...'. A 'RUN EPANET MODELS' button is visible on the map.



ISS-EWATUS

# Interfejs użytkownika - Uruchomienie modeli

## Uruchomienie modeli EPANET dla scenariuszy zasilania sieci

The screenshot displays the ISS-EWATUS web application interface. At the top left, the logo and name 'ISS-EWATUS Decision Support System' are visible. The top right shows the user 'Skiathos Admin' with the email 'deyask1 Administrator'. A navigation menu on the left includes icons for home, location, documents, charts, and settings. The main content area is titled 'Run Epanet Simulations'. A map of a coastal area is shown with a blue water network overlay. A white dialog box with a blue border is centered on the screen, displaying the text 'Epanet Modules and Simulations finished.' followed by 'success' and an 'OK' button. To the right of the map, there is a warning message: 'Creating Epanet network modules and running simulations can take some time. Please be patient.' Below this, there are two buttons: 'RUN EPANET MODELS' (green) and 'RUN FORECASTING ALGORITHMS' (blue). The bottom left of the map area has a 'Street View' dropdown menu.





ISS-EWATUS

# Interfejs użytkownika - Uruchomienie modeli

## Uruchomienie prognozy zapotrzebowania na wodę

ISS-EWATUS  
Decision Support System

Skiathos Admin  
deyask1  
Administrator

► Run Epanet Simulations

Creating Epanet network modules and running simulations can take some time. Please be patient.

RUN EPANET MODELS

RUN FORECASTING ALGORITHMS

Street View

## Konfiguracja prognozy zapotrzebowania na wodę



### ► Prediction Algorithms - ANFIS

Online DataBase latest Values:

Date	MeanTemp	High Temp	Rain	Arrivals	Water Consumption
21/07/2016	26	28.8	0	1.51935317419355	3862
22/07/2016	26.4	31.2	0	1.51935317419355	3893
23/07/2016	27.2	32.7	0	1.51935317419355	3863
24/07/2016	28.2	32.7	0	1.51935317419355	3926
25/07/2016	28.1	31.1	0	1.51935317419355	3871

#### -> Step 1: Verify Last Day Values

MeanTemp:

High Temp:

Rain:

Arrivals:

Water Consumption:

#### -> Step 2: Enter Next Day Estimated Values

Mean Temp:

High Temp:

Rain:

Arrivals:

#### -> Step 3: Enter Period Start

Date Start:

*\* Leave empty for entire DataSet*

**PREPARE DATASET**






ISS-EWATUS

# Interfejs użytkownika - Uruchomienie modeli

## Obliczenia algorytmu prognozującego


The screenshot displays the user interface of the ISS-EWATUS Decision Support System. The top navigation bar includes the system logo, the text "ISS-EWATUS Decision Support System", and the user's name "Skiathos Admin" with a profile icon. A sidebar on the left contains various navigation icons. The main content area is titled "Skiathos Predicted Profiles" and features a 3x3 grid of blue squares. Below the grid, the text "Predicted Water Demand for Whole Network: 2370.943 m<sup>3</sup>" is displayed. A large message in the center reads "We are generating your profiles... This may take some time..." followed by "Please wait..."

## Zapotrzebowanie na wodę prognozowane dla następnego dnia



ISS-EWATUS  
Decision Support  
System

Skiathos Admin



deyask1  
Administrator

► Skiathos Predicted Profiles

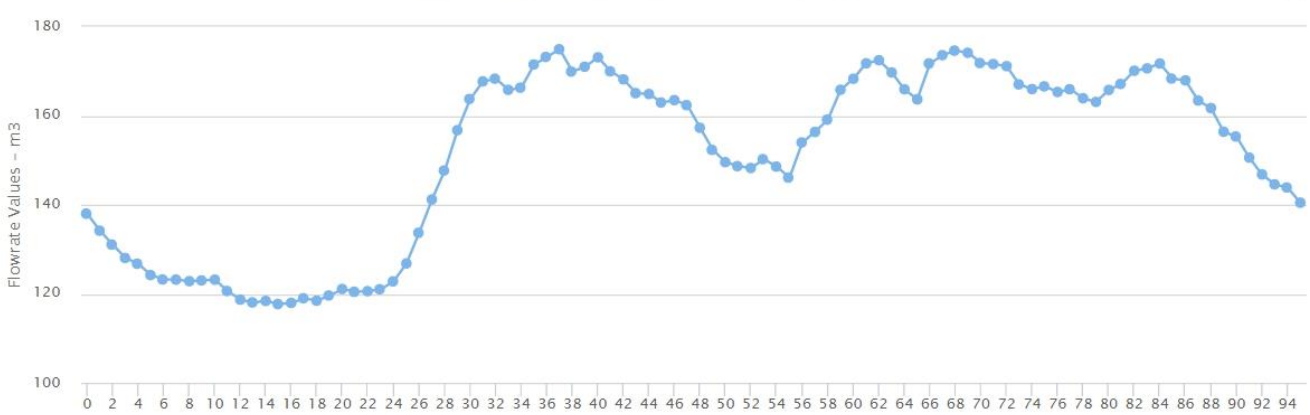
Predicted Water Demand for Whole Network: 3639.586 m<sup>3</sup>

📄 GENERATE EXCEL DATA

🔗 VIEW ALL EPANET FLOW & PRESSURE RELATIONSHIPS

💧 Flowrate Profile

### Predicted Flowrate Water Network Profile



— Flowrate in m3/Hour

Predicted values:

137.9917	134.164444	131.048874	128.031342
126.739777	124.194542	123.211769	123.174164
122.823753	122.9969	123.161057	120.626244
118.677895	118.053818	118.391716	117.682861
117.940193	118.990387	118.446991	119.618782
121.069206	120.442154	120.57872	121.015579
122.784927	126.809166	133.682068	141.167908
147.66452	156.7201	163.732315	167.685333
166.000000	165.705000	166.071400	171.470000

📄 Copy to Clipboard

Highcharts.com





Narzędzia (modele) służące do walidacji

- **Obliczanie:**
  - **wycieków**
  - **redukcji wycieków**
  - **redukcji kosztów**



## „Leakage Tools” – narzędzia do walidacji DSS:

- Obliczenia wycieków z sieci wodociągowej
- Kalibracja modelu sieci wodociągowej
- Obliczenia efektów optymalizacji ciśnienia:
  - Redukcja wycieków
  - Redukcja wycieków w odniesieniu do długości sieci
  - Obniżenie ciśnienia w sieci
  - Obniżenie wahań ciśnienia
  - Redukcja odcinków, na których przekroczone jest określone ciśnienie
  - Redukcja energii (potrzebnej do pompowania wody, oczyszczania itp.)
  - Redukcja kosztów produkcji wody

(wszystko obliczane jest dla całej sieci i dla jej odcinków)



## „Leakage Tools” – interfejs (MS Excel)



**Purpose of this tool is to enable calculation of leakage in the EPANET**

### Steps:

1 Ensure that all white cells in this spreadsheet are filled in with input data. All models will be created and calibrated for periods listed in the column B of table

**initial run**

2 Run the initial EPANET models in order to calculate the network leakage coefficient. It may take about 5-10 minutes per analysed period.

3 Run iterations of the EPANET model in which the leakage coefficients for all land zones are calibrated.

It may take about 1 minute per analysed period.

**iterations**

4 Calibrated models for all billing periods analysed in previous 2 steps can be rerun. Pressure Reduction Valve (PRV) located at the inflow to water distribution system. As a result the leakage before pressure optimisation and after the optimisation will be compared.

**optimisation**

5 Hourly outputs from models excluding and including pressure optimisation are stored for each analysed period. Files are stored in directory: "epanet\_hourly".

**Analyse hourly**

6 All outputs can be found in the "Output.xlsx" file.

	A	B	C	D
1	<b>Parameters: general and used for the calibration of leakage</b>	<b>Symbol</b>	<b>Unit</b>	<b>Value</b>
2	City to be analysed (name of the EPANET file in the main folder)			Skiathos
3	Pressure exponent (constant for all nodes / land zones)	N		1.1
4	Threshold value for the EPANET to stop iterations.			
5	The acceptable difference between observed total leakage in the WDS in analysed period and the calculated leakage.	Qnet_E	%	0.1
6	Threshold value for the Knet to be modified if EPANET iterations are not stopped (optimal KJ values not found).	Knet_E	%	0.1
7	Maximal number of iterations allowed to calibrate the leakage calculation.	max_iter		100
8	<b>Parameters used for the optimisation of pressure in hydraulic model</b>			
9	Using these parameters the pressure in the inflow to the WDS will be increased or decreased in order to keep desired pressure in the critical point.			
10	<b>Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Unit</b>	<b>Value</b>
11	Identification number of node in EPANET model which serves as a Critical Point. Critical Point is a point in the water distribution system where the desired pressure has to be kept (in Skiathos 7849, in Sosnowiec 3992)	GeoNodeID		7849
12	Desired pressure in Critical Point (5 for Skiathos, 53 for Sosnowiec)	GoalPressure	m	5
13	Node in EPANET where Pressure Reduction Valve (PRV) is located (158 in Skiathos, 67 in Sosnowiec)	ValveID		158
14	Minimal allowed pressure in PRV (38 in Skiathos, 30 in Sosnowiec)	ValveMinP	m	38
15	Maximal allowed pressure in PRV (60 in Skiathos, 50 in Sosnowiec)	ValveMaxP	m	60
16	Pressure step by which the setting of PRV will be changed (0.4 in Skiathos 0.1 in Sosnowiec)	ValvePStep	m	0.05
17				
18	<b>Parameters used for the calculation of energy and economic efficiency and for other performance indicators</b>	<b>Symbol</b>	<b>Unit</b>	<b>Value</b>
19	Energy used for the production of water (e.g. pumping energy, treatment etc.)	Energy	kWh/m3	0.423
20	Production cost of the water (e.g. energy for pumping, energy for treatment, chemicals for treatment etc.)	Cost	EUR/m3	0.11199
21	Max. pressure which should not be exceeded in the water distribution network	WDSmaxP	m	55
22	Hour at which the reduction of pressure at night should be calculated	NightH	(0-23)	2
23				
24	<b>Parameters used as reference status (before the pressure optimisation)</b>	<b>Symbol</b>	<b>Unit</b>	<b>Value</b>
25	Elevation of the pressure regulation valve (16 in Skiathos, 276 in Sosnowiec)	PRVelev	m a.b.l.	16
26	Fixed pressure in PRV in winter (X-III)	PRV_Pm	m	48.95
27	Fixed pressure in PRV in summer (IV-IX)	PRV_Pm	m	54.55
28				





## „Leakage Tools” vs „DSS” (różnice w modelach hydraulicznych)

DSS	Leakage Tools
Każdy węzeł modelu (lub strefa w modelu) ma przypisane <b>zapotrzebowanie na wodę łącznie z wyciekami</b> (obliczone na podstawie dezagregacji całkowitej produkcji wody)	Każdy węzeł modelu (lub strefa w modelu) ma przypisane <b>zapotrzebowanie na wodę bez wycieków</b> (obliczone na podstawie odczytów wodomierzy)
<b>Wycieki nie są obliczane</b>	<b>Wycieki są obliczane</b> jako funkcja ciśnienia
Model jest uruchamiany dla każdego z możliwych scenariuszy dopływu do sieci	Model jest uruchamiany dla okresu określonego przez użytkownika (zazwyczaj zgodny z okresami rozliczeniowymi)
<b>Wynikiem</b> jednej symulacji <b>jest jedna wartość:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Optymalne ciśnienie</b>, które powinno być ustawione w regulatorze w przypadku pojawienia się określonego dopływu do sieci</li> </ul>	<b>Wyniki</b> obejmują: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciśnienie</b> w każdym punkcie, w każdej godzinie objętej symulacją</li> <li>• <b>Wycieki</b> w każdym punkcie, w każdej godzinie objętej symulacją</li> </ul>

## „Leakage Tools” vs „DSS” (różnice w modelach hydraulicznych)

DSS	Leakage Tools
Każdy węzeł modelu (lub strefa w modelu) ma przypisane <b>zapotrzebowanie na wodę łącznie z wyciekami</b> (obliczone na podstawie dezagregacji całkowitej produkcji wody)	Każdy węzeł modelu (lub strefa w modelu) ma przypisane <b>zapotrzebowanie na wodę bez wycieków</b> (obliczone na podstawie odczytów wodomierzy)
<b>Wycieki nie są obliczane</b>	<b>Wycieki są obliczane</b> jako funkcja ciśnienia
Model jest uruchamiany dla każdego z możliwych scenariuszy dopływu do sieci	Model jest uruchamiany dla okresu określonego przez użytkownika (zazwyczaj zgodny z okresami rozliczeniowymi)
<b>Wynikiem</b> jednej symulacji <b>jest jedna wartość:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Optymalne ciśnienie</b>, które powinno być ustawione w regulatorze w przypadku pojawienia się określonego dopływu do sieci</li> </ul>	<b>Wyniki</b> obejmują: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciśnienie</b> w każdym punkcie, w każdej godzinie objętej symulacją</li> <li>• <b>Wycieki</b> w każdym punkcie, w każdej godzinie objętej symulacją</li> </ul>





## Leakage Tools – podstawowe kroki obliczeń:

- 1) Pierwsze uruchomienie EPANET w celu obliczenia współczynnika wycieków dla całej sieci (network leakage coefficient).
- 2) Uruchomienie serii modeli w celu kalibracji współczynnika wycieków i przypisania różnych jego wartości do poszczególnych węzłów modelu (kalibracja)
- 3) Powtórne uruchomienie skalibrowanego modelu ale z uruchomioną optymalizacją ciśnienia
- 4) Analiza porównawcza wyników dla modelu bez optymalizacji i z optymalizacją







## Leakage Tools – podstawowe kroki obliczeń:

- 1) Pierwsze uruchomienie EPANET w celu obliczenia współczynnika wycieków dla całej sieci (network leakage coefficient).
- 2) Uruchomienie serii modeli w celu kalibracji współczynnika wycieków i przypisania różnych jego wartości do poszczególnych węzłów modelu (kalibracja)
- 3) Powtórne uruchomienie skalibrowanego modelu ale z uruchomioną optymalizacją ciśnienia
- 4) Analiza porównawcza wyników dla modelu bez optymalizacji i z optymalizacją







## Leakage Tools – wycieki jako funkcja ciśnienia:

Dopływ do sieci



Znany  
(dane  
monitoringowe)



Wycieki



$$Q_j = K_j \cdot P_j^N$$

Gdzie:

- $Q_j$  Wyciek w węzle  $j$  modelu
- $K_j$  Współczynnik wycieków w węzle  $j$  modelu
- $P_j$  Ciśnienie w węzle  $j$  modelu
- $N$  Współczynnik stały dla całej sieci



Odpływ z sieci



Znany  
(dane z  
wodomierzy)

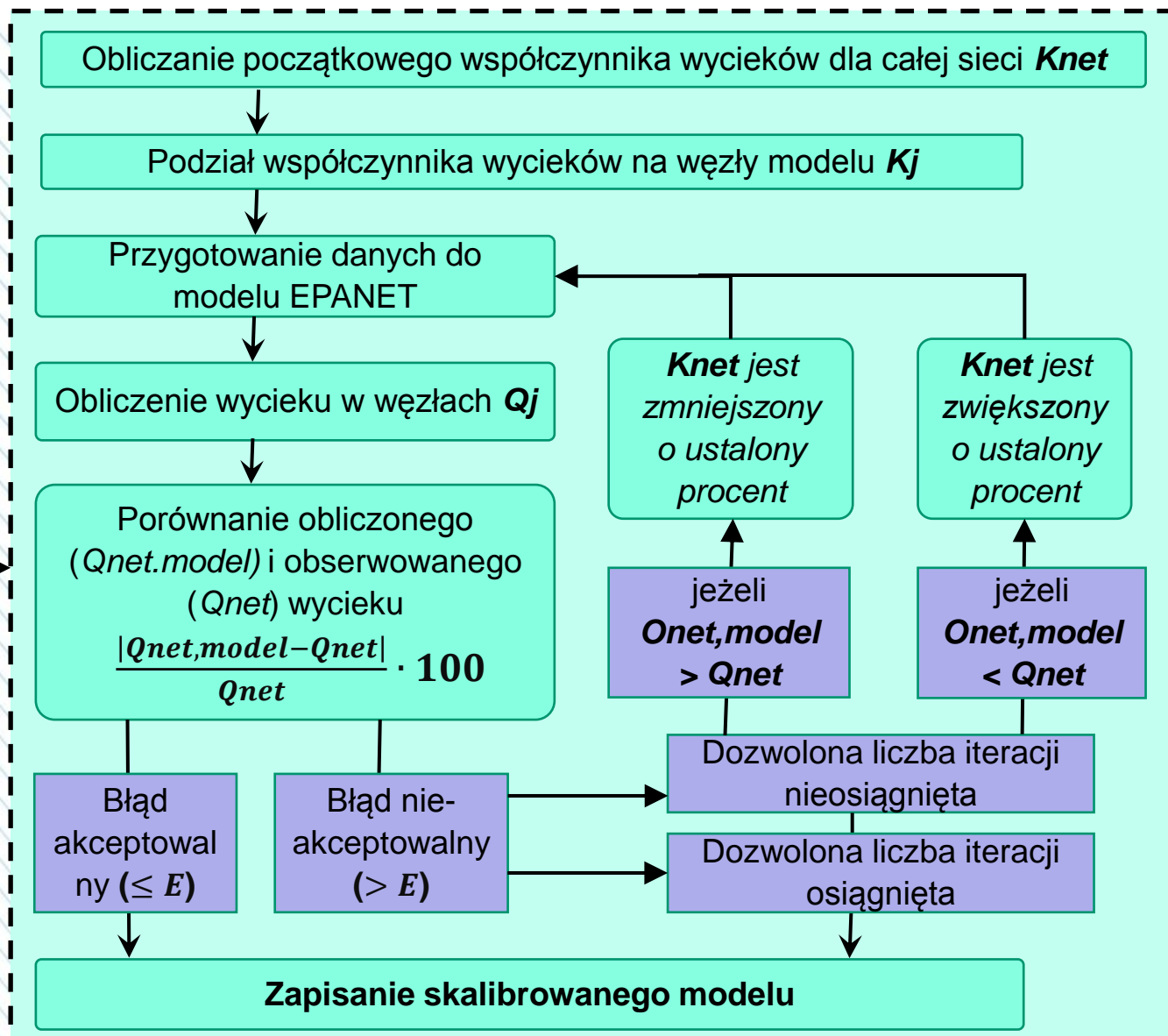




## Leakage Tools – współczynniki wycieku

### Przygotowanie danych wejściowych

- Dopływy do sieci
- Odczyty wodomierzy
- Identyfikatory wodomierzy
- Charakterystyka odcinków sieci (wiek, długość, przyłącza, średnica itp.)
- Model EPANET
- Akceptowalny błąd obliczenia wycieków
- Dozwolona procentowa zmiana współczynnika wycieków w trakcie kalibracji
- Dozwolona liczba iteracji w czasie kalibracji modelu
- Godzinowy rozkład zużycia wody w sieci







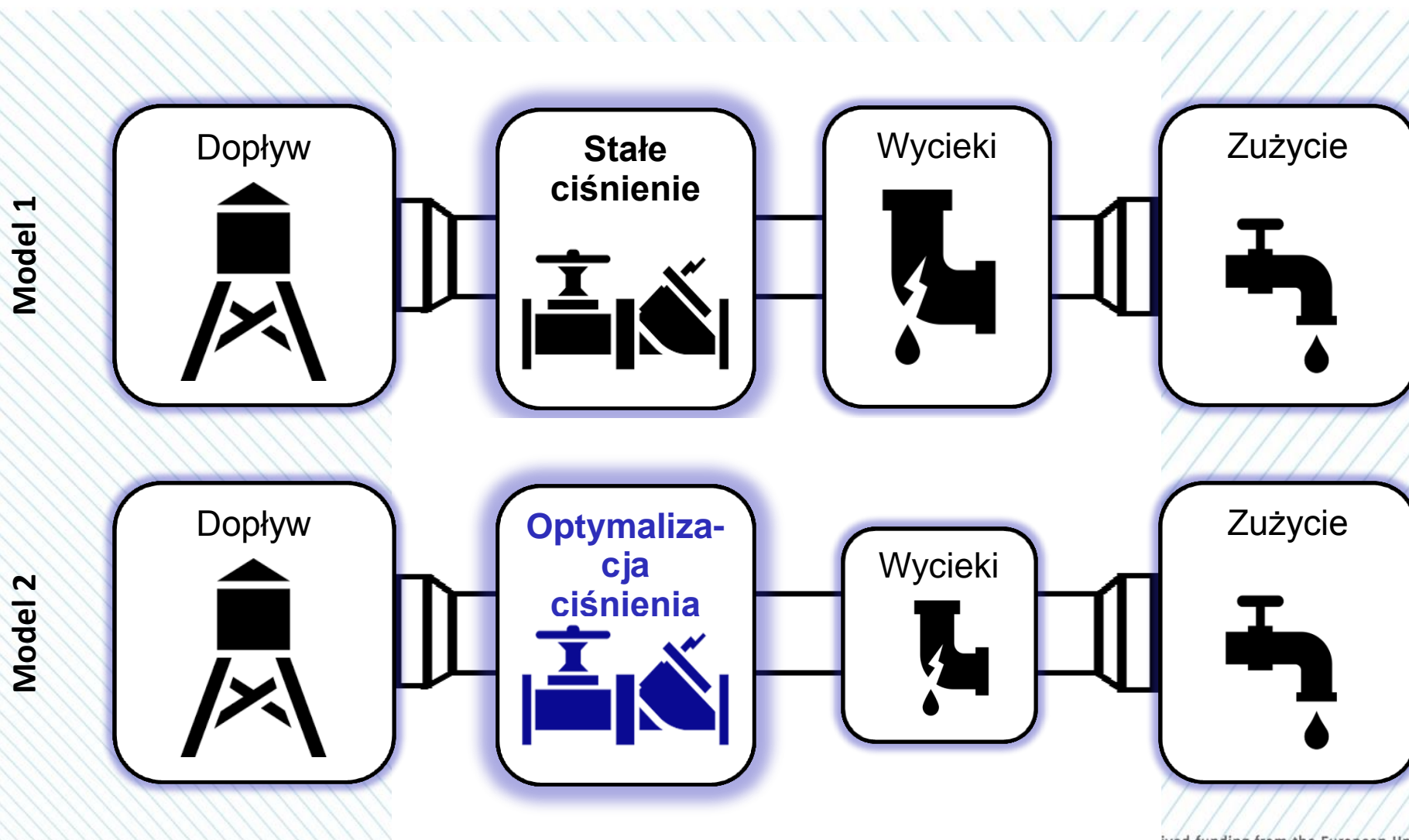
## Leakage Tools – podstawowe kroki obliczeń:

- 1) Pierwsze uruchomienie EPANET w celu obliczenia współczynnika wycieków dla całej sieci (network leakage coefficient).
- 2) Uruchomienie serii modeli w celu kalibracji współczynnika wycieków i przypisania różnych jego wartości do poszczególnych węzłów modelu (kalibracja)
- 3) Powtórne uruchomienie skalibrowanego modelu ale z uruchomioną optymalizacją ciśnienia
- 4) Analiza porównawcza wyników dla modelu bez optymalizacji i z optymalizacją





## Leakage Tools – uruchomienie i porównanie 2 modeli

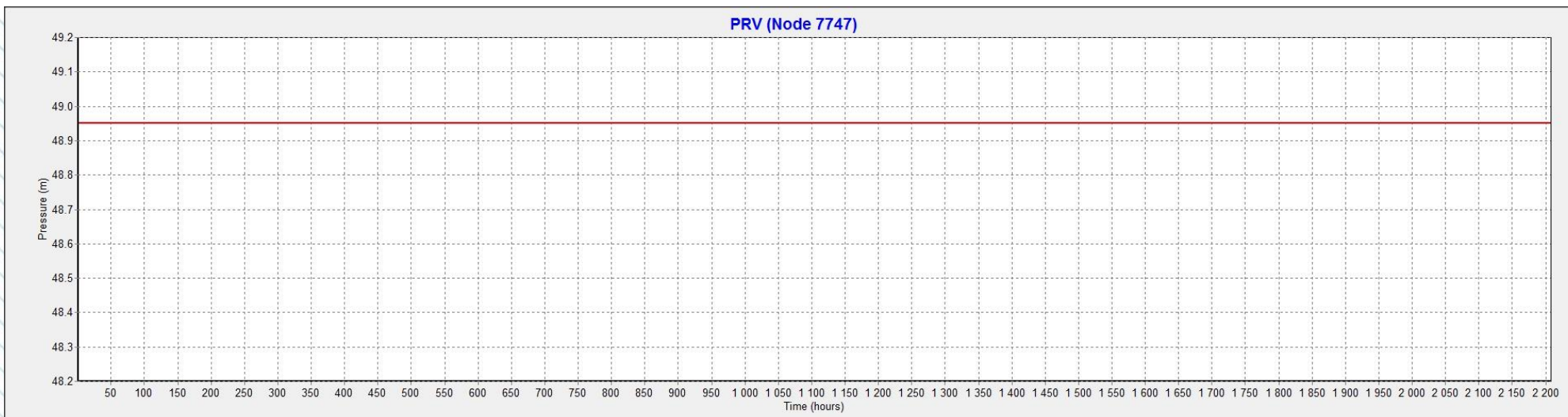




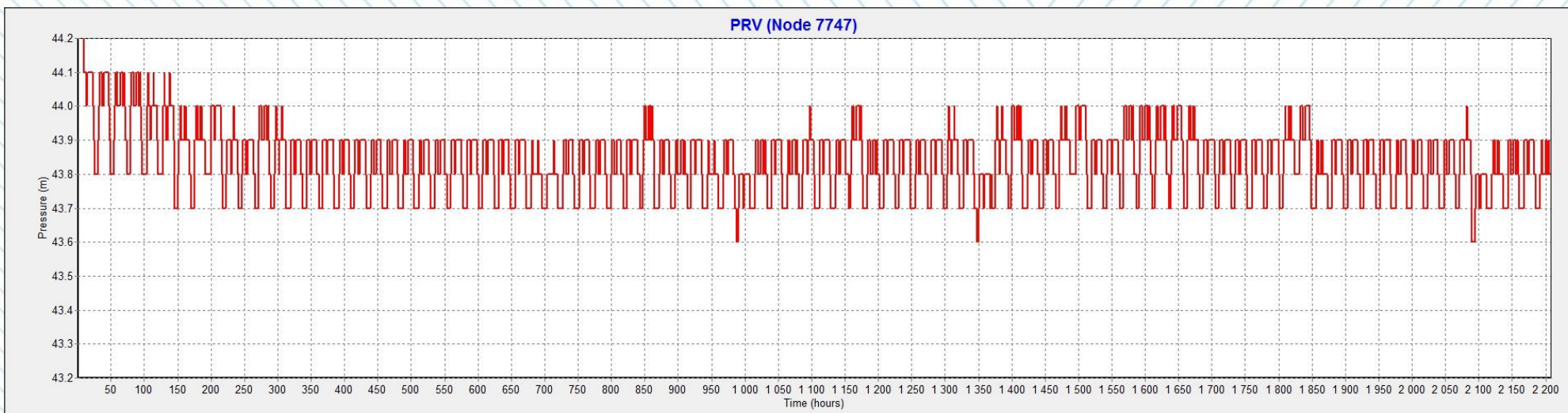


## Leakage Tools – ciśnienie w regulatorze (dopływ do sieci)

Model 1  
BEZ OPTYZMALIZACJI



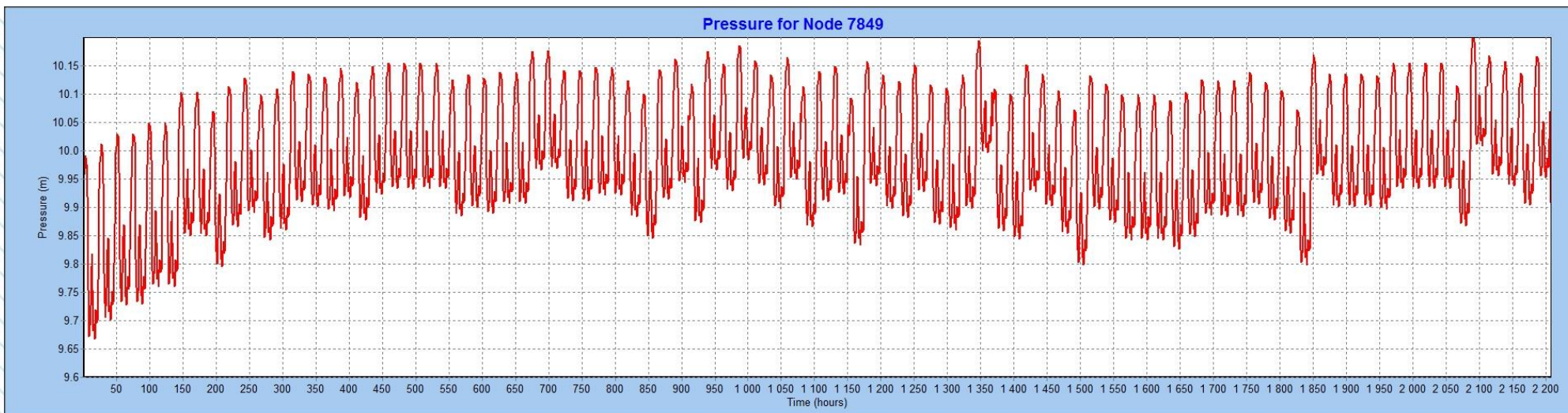
Model 2  
OPTYZMALIZACJA



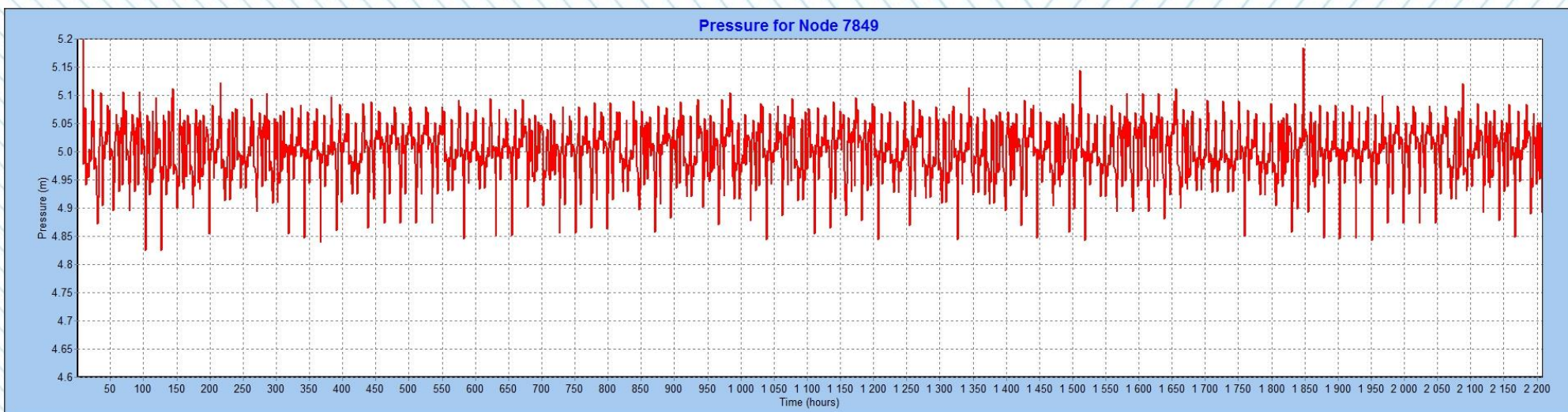


## Leakage Tools – Ciśnienie w punkcie krytycznym

Model 1  
BEZ OPTYZMALIZACJI



Model 2  
OPTYZMALIZACJA

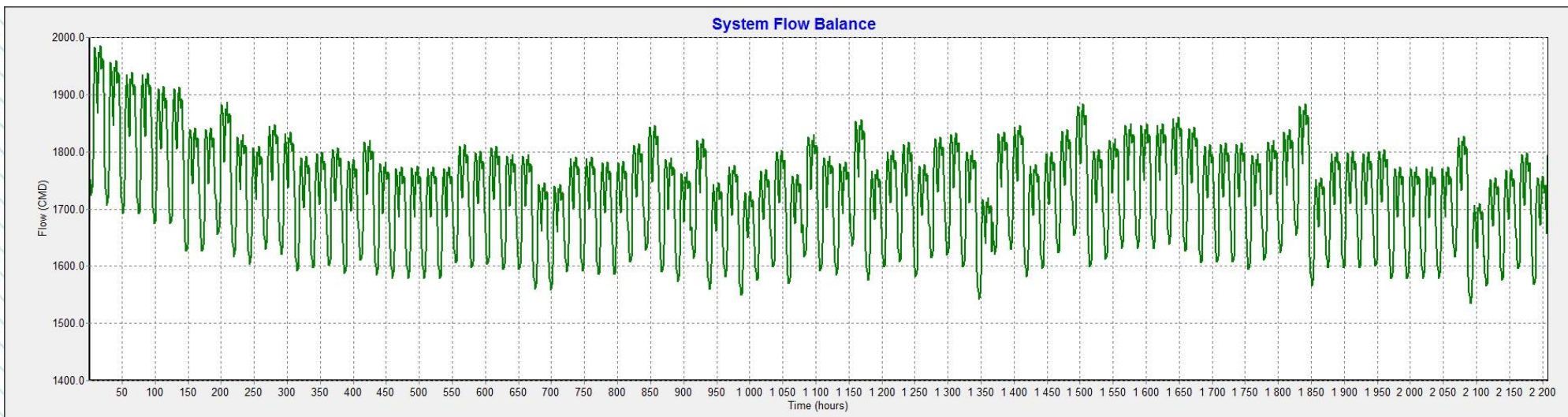




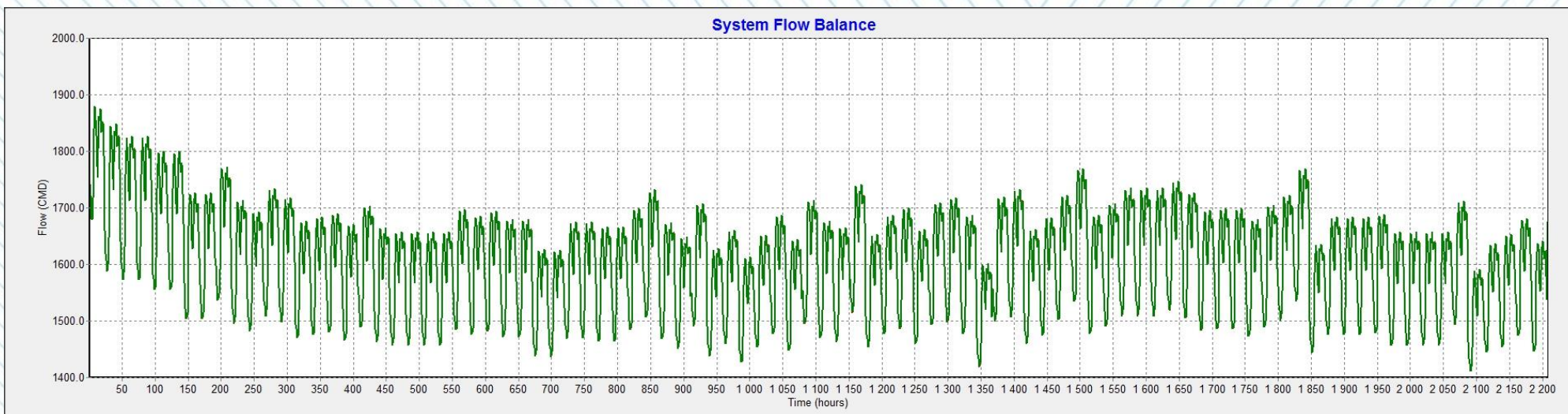


## Leakage Tools – Całkowita produkcja wody

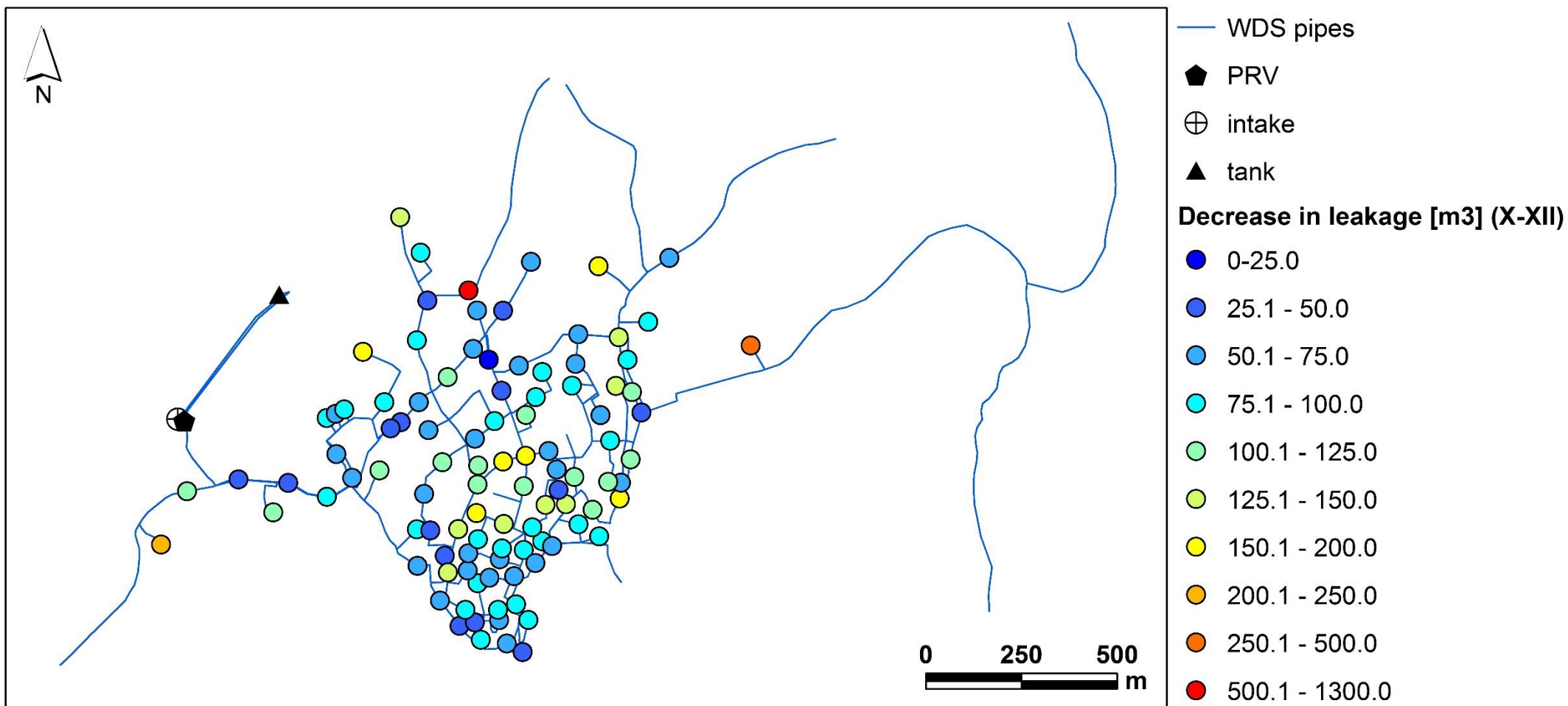
**Model 1**  
**BEZ OPTYZMALIZACJI**



**Model 2**  
**OPTYZMALIZACJA**

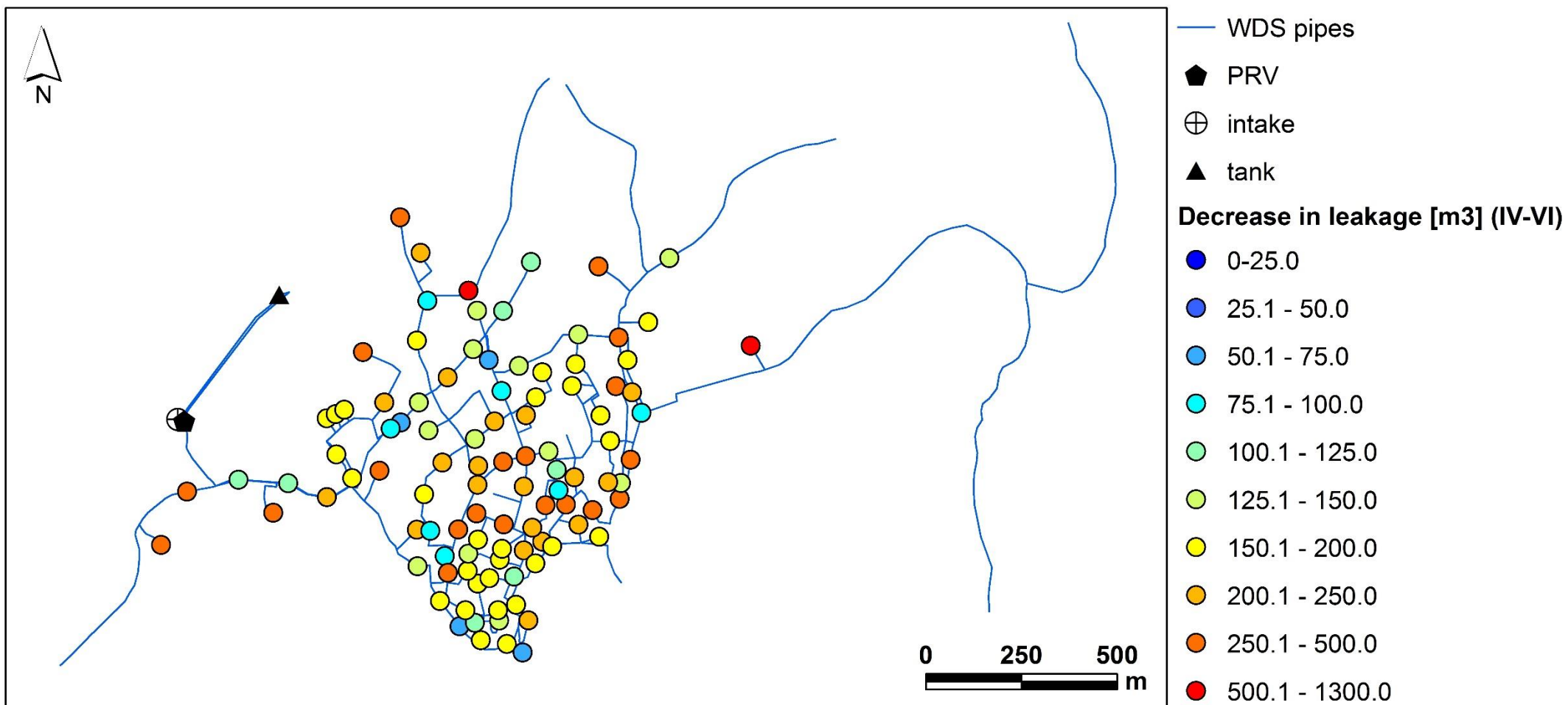


## Wizualizacja wyników obliczeń - Redukcja wycieków, Skiathos, X-XII



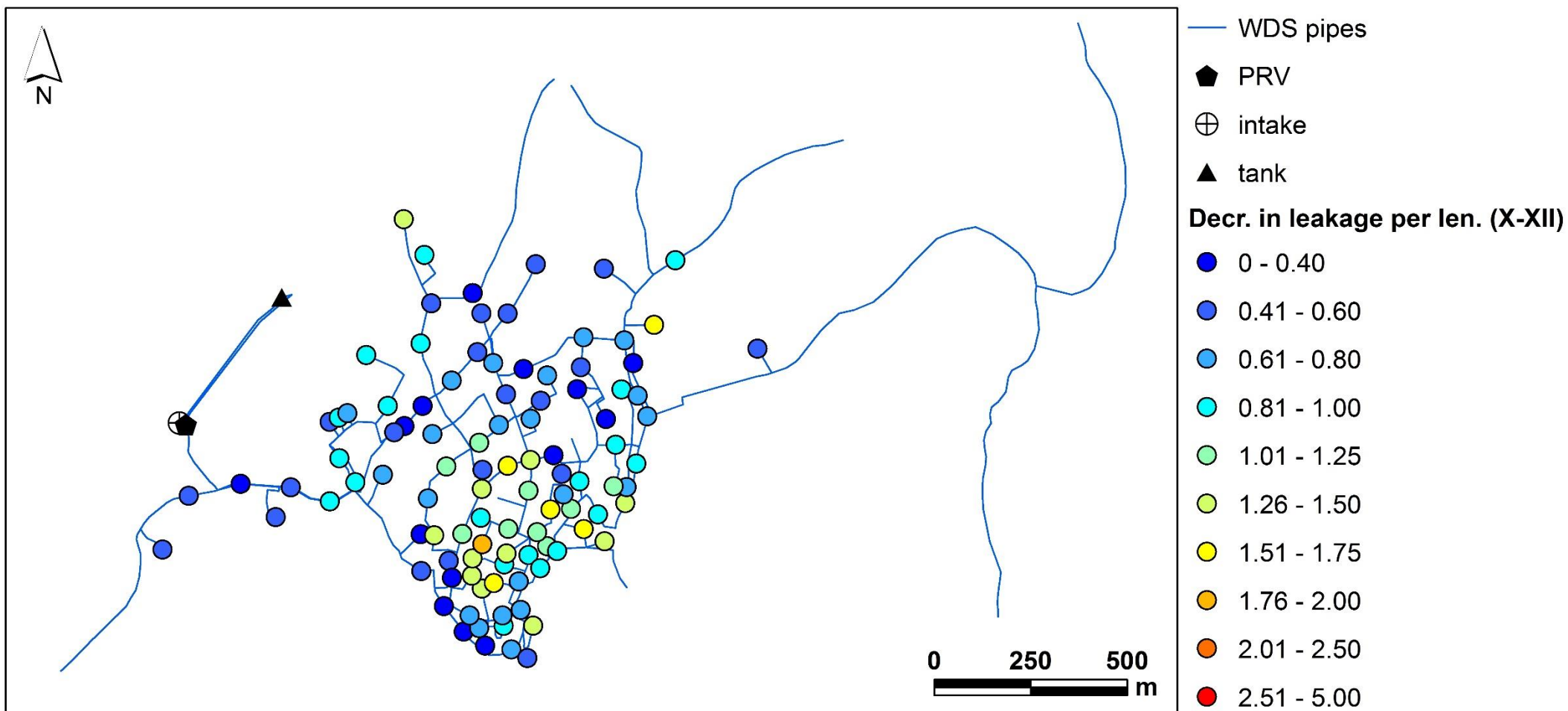


## Wizualizacja wyników obliczeń - Redukcja wycieków, Skiathos, IV-VI



Wizualizacja wyników obliczeń

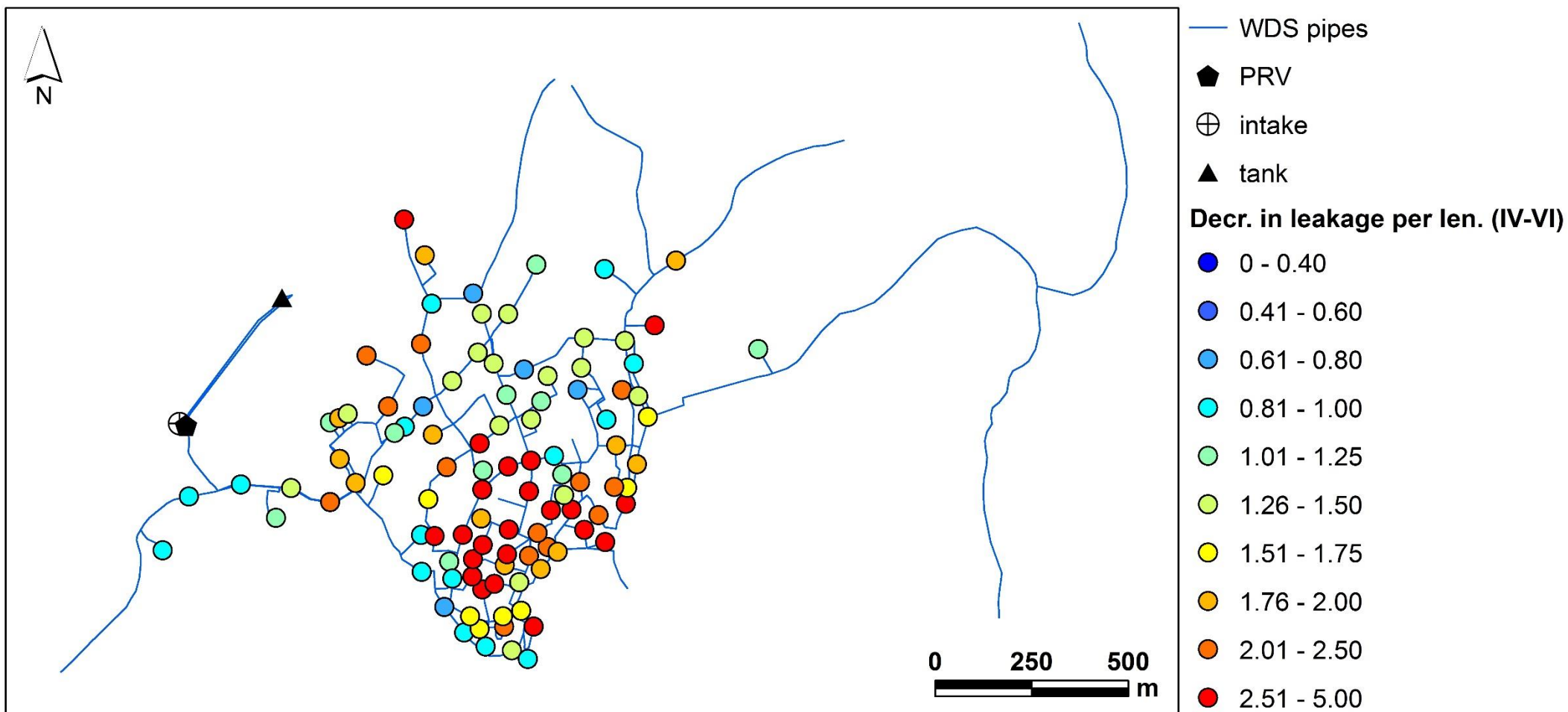
## - Redukcja wycieków na metr sieci, Skiathos, X-XII





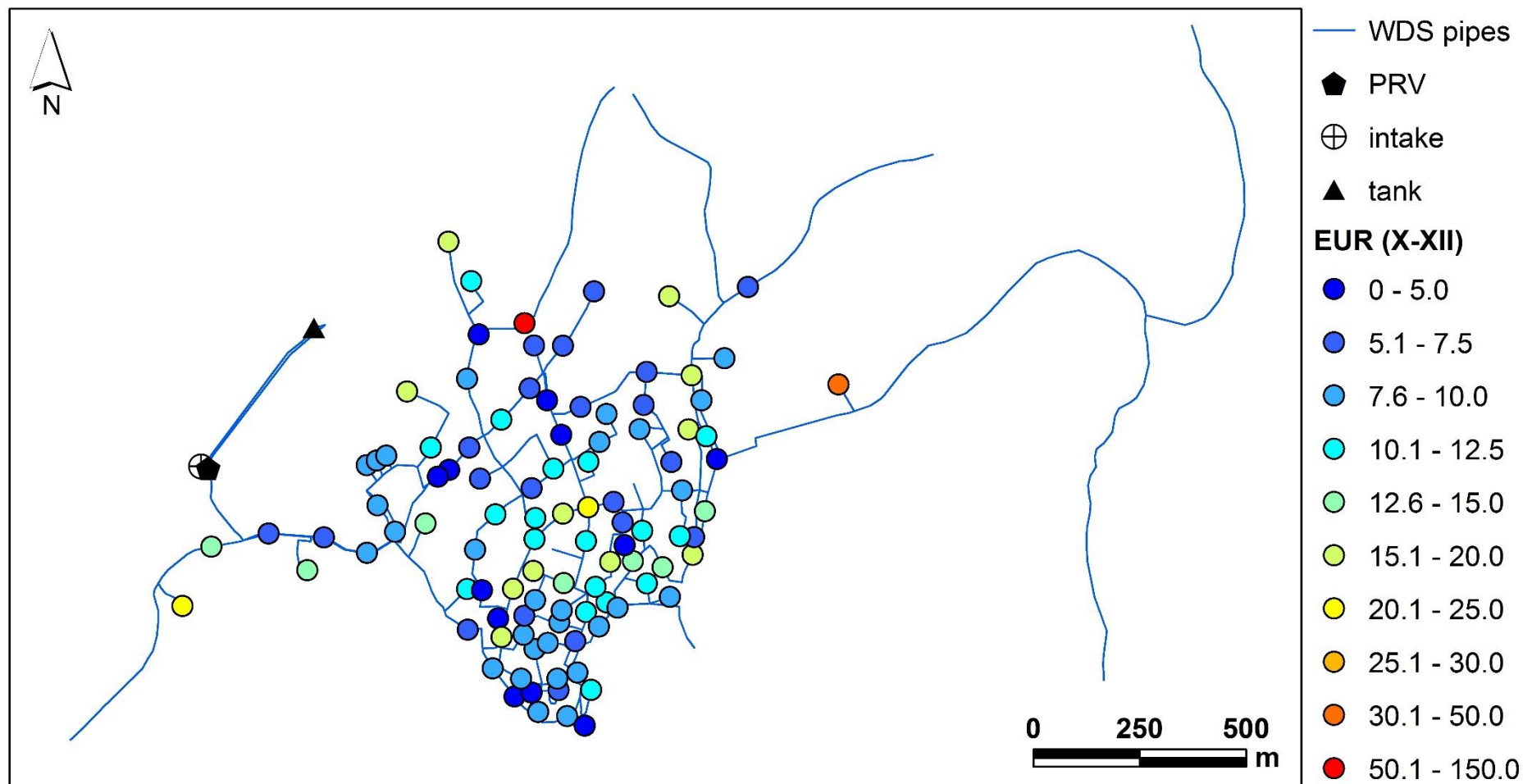
Wizualizacja wyników obliczeń

- Redukcja wycieków na metr sieci, Skiathos, IV-VI



Wizualizacja wyników obliczeń

- Redukcja kosztów produkcji wody (efekt redukcji wycieków),  
Skiathos, X-XII





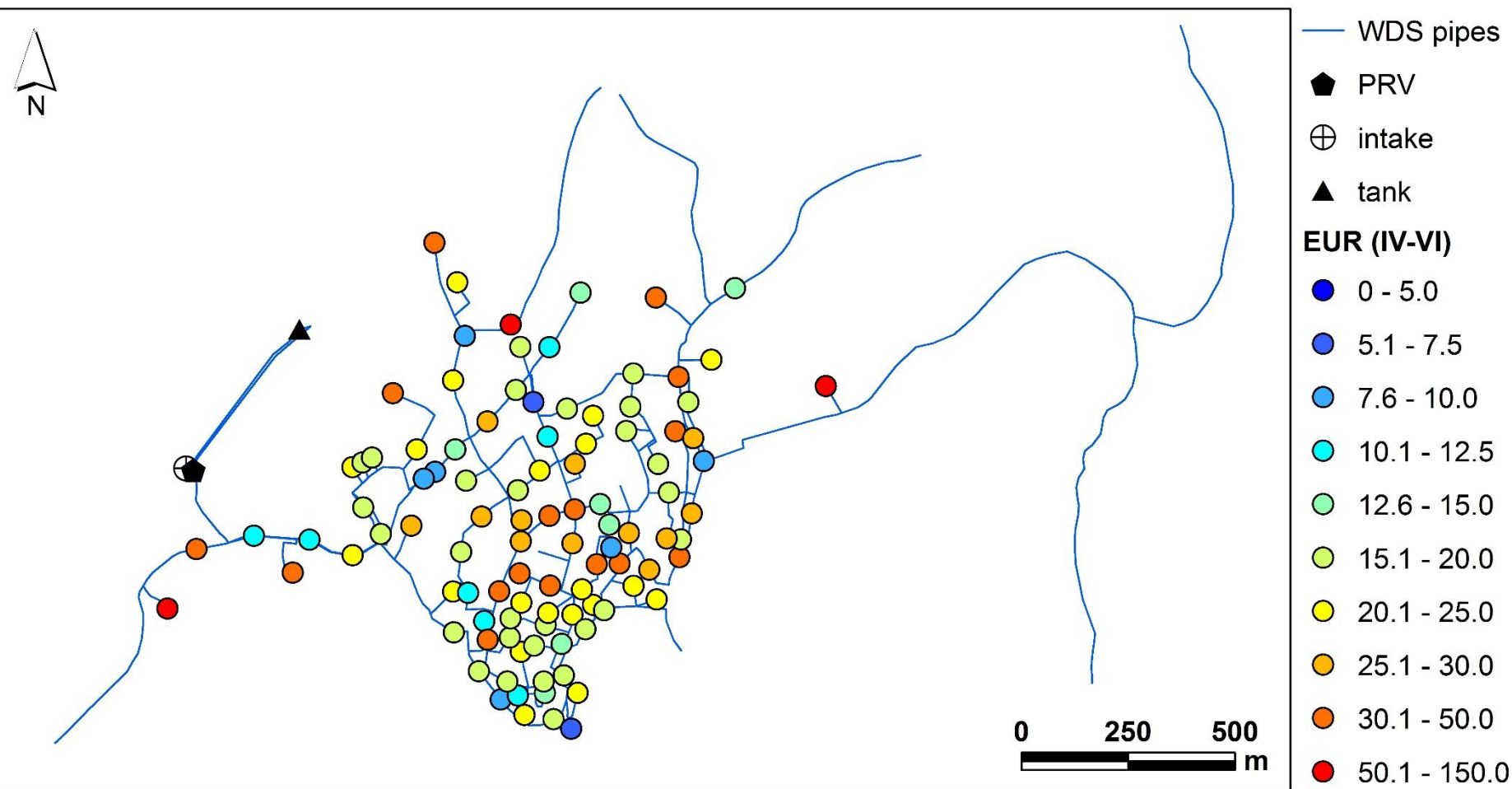


ISS-EWATUS

# Ocena efektów sterowania ciśnieniem (Leakage Tools)

Wizualizacja wyników obliczeń

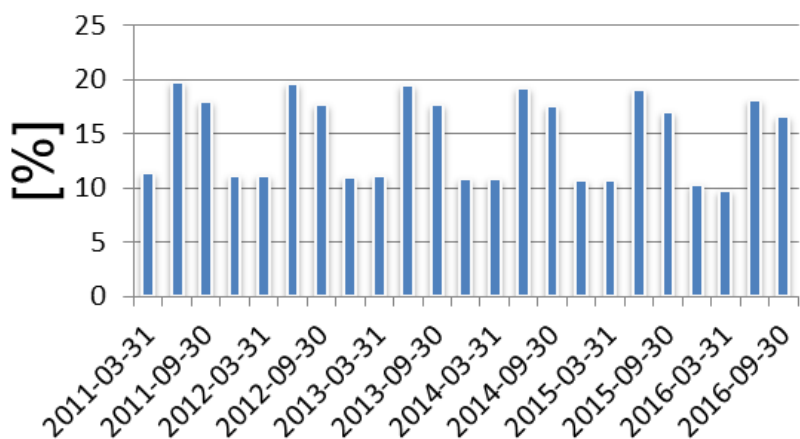
- Redukcja kosztów produkcji wody (efekt redukcji wycieków),  
Skiathos, IV-VI





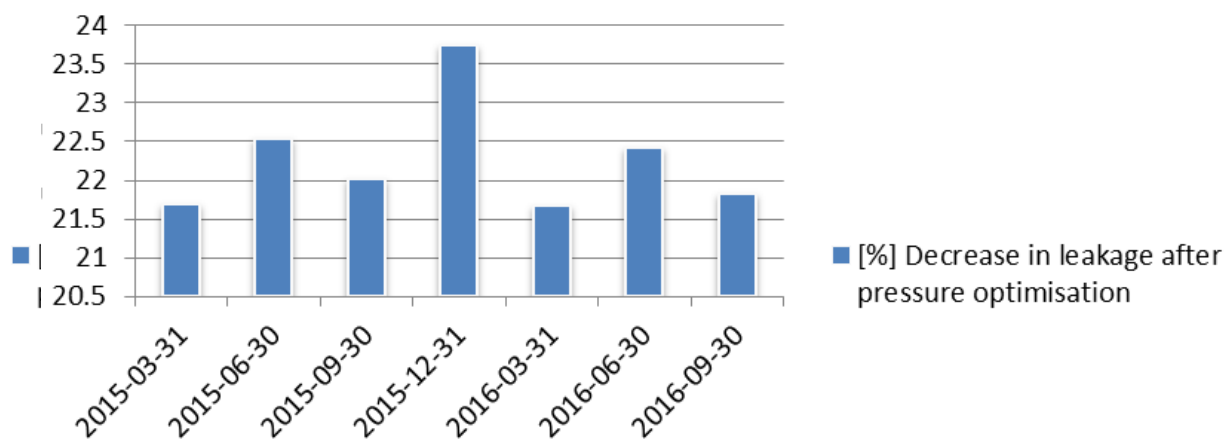
## Skiathos:

### Decrease in leakage

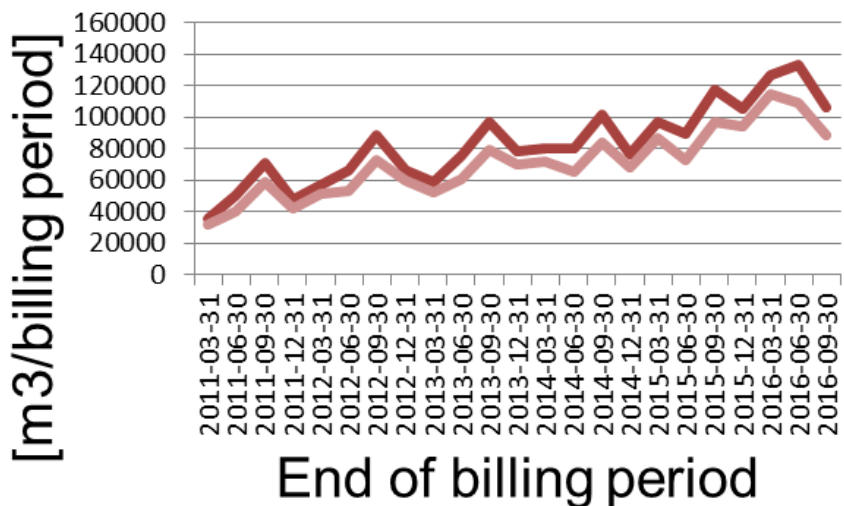


## Sosnowiec:

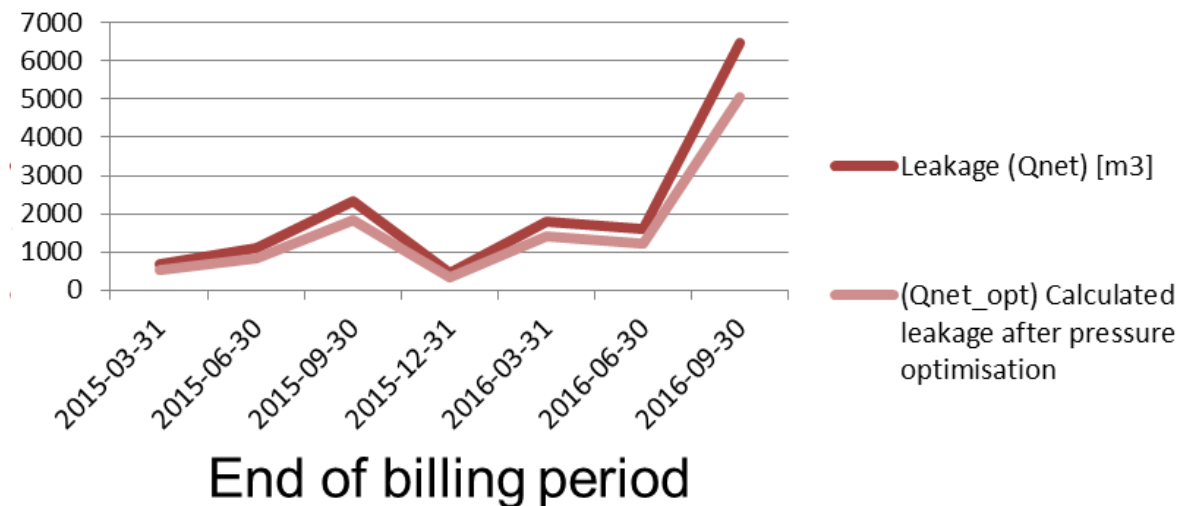
### Decrease in leakage



### Leakages



### Leakages





Dziękujemy za uwagę

- **Rafał Ułańczyk** ([rafal.ulanczyk@ios.edu.pl](mailto:rafal.ulanczyk@ios.edu.pl))
- **Piotr Cofałka** ([p.cofalka@ietu.pl](mailto:p.cofalka@ietu.pl))

<http://issewatus.eu>

