

# **Projekt zaliczeniowy – Logika Rozmyta**

**Dobór nastaw regulatora PI odpowiedzialnego za regulację  
poziomu wody w zbiorniku o nieustalonym wypływie w oparciu o  
regulę Sugeno**

Szymon Bałos  
Krzysztof Pchełka

Toruń, 2020

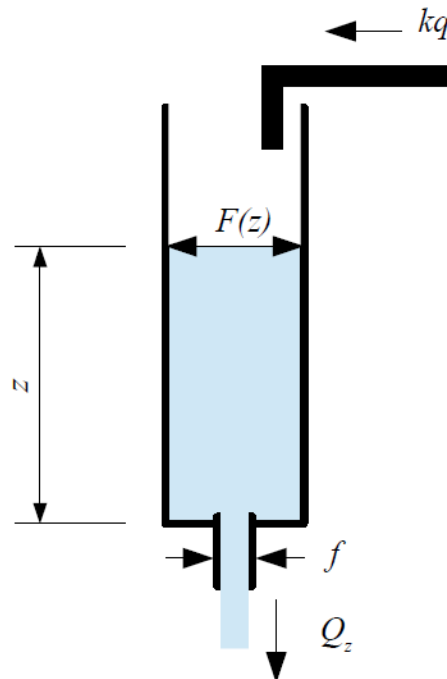
## 1. Wstęp

Charakterystyka zbiorników przeznaczonych do magazynowania cieczy cechuje się nieliniowością ze względu na dławienie strumienia w przewężeniach oraz na różną prędkość wypływu cieczy z naczynia zależną od wysokości napełnienia zbiornika. Klasyczne regulatory PI pracują poprawnie dla określonego punktu pracy.

W celu poprawnego sterowania poziomem wody w zbiorniku dla różnych wysokości wody zaproponowano model Sugeno, który wspomaga dobór nastaw regulatora PI w zależności od zadanego poziomu wody.

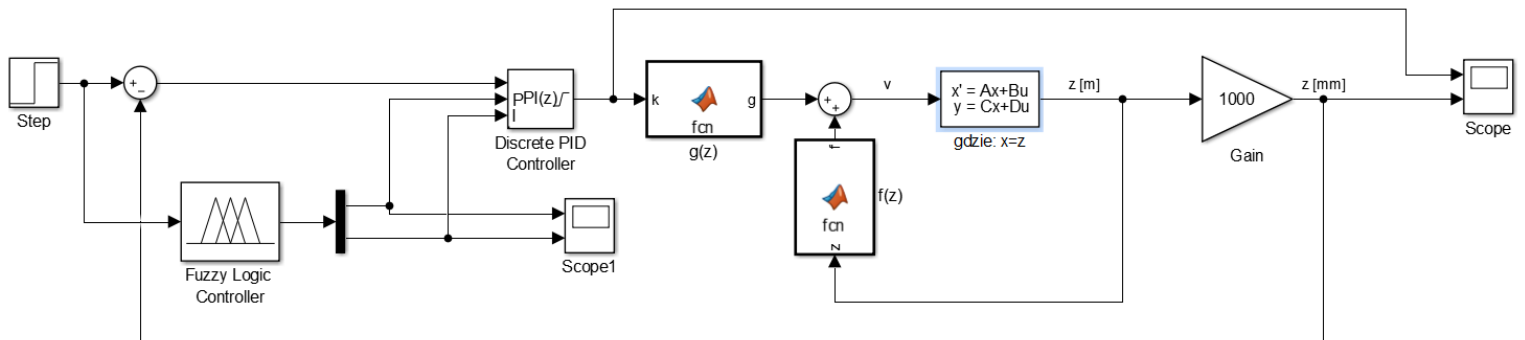
## 2. Model układu

Korzystając z oprogramowania Matlab SimuLink zamodelowano obiekt fizyczny składający się z pompy o regulowanej wydajności oraz zbiornika wodnego o stałym przekroju poprzecznym.



**Rys. 1** Schemat poglądowy zbiornika

Poniżej przedstawiono, strukturę regulacji badanego obiektu



**Rys. 2** Struktura regulacji

Funkcja  $g(z)$  jest modelem pompy o zmiennej wydajności w zakresie od 0 do 100 %, opisana funkcją:

```
function g = fcn(k)
F=0.2*0.15; %%pole powierzchni przekroju poprzecznego
zbiornika
q=(4.77E-005); %%wydajnosć zrodła
g = (q/F) * (k/100); %%współczynnik k po to by umożliwić
procentowa zmianę wydajności zrodła
```

Funkcja  $f(z)$  jest modelem zbiornika o nieustalonym wypływie, opisanym funkcją:

```
function f = fcn(z)
if (z<0)
    z=0;
end;
mi=0.018; %%współczynnik wydatku
F=0.2*0.15; %%pole powierzchni przekroju poprzecznego
f=pi*0.0085^2; %%pole powierzchni otworu wylotowego
g=9.82; %%przyspieszenie ziemskie
f = -(mi*f*sqrt(2*g*z)/F);
```

### 3. Dobór nastaw regulatora PI

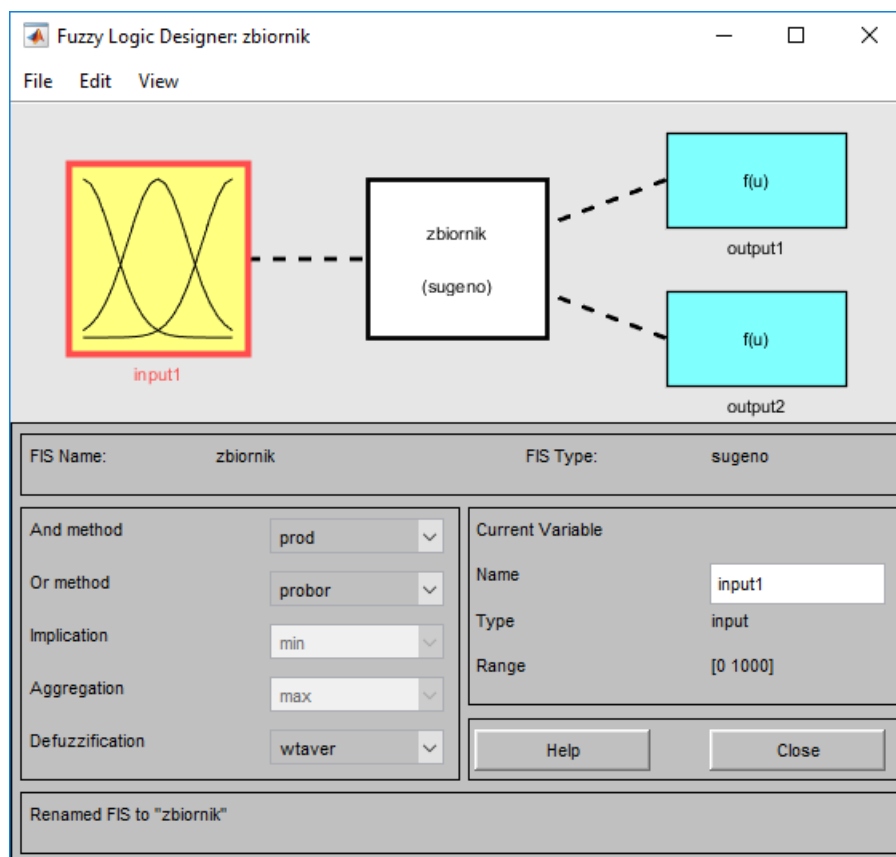
W celu stworzenia funkcji przynależności nastrojono regulator PI dla 5 charakterystycznych punktów pracy

Tabela nr 1 Nastawy regulatora PI

Lp.	Poziom wody [mm]	P	I
1	50	1.5	0.005
2	100	1.2	0.003
3	200	0.6	0.0015
4	400	0.4	0.002
5	800	0.22	0.001

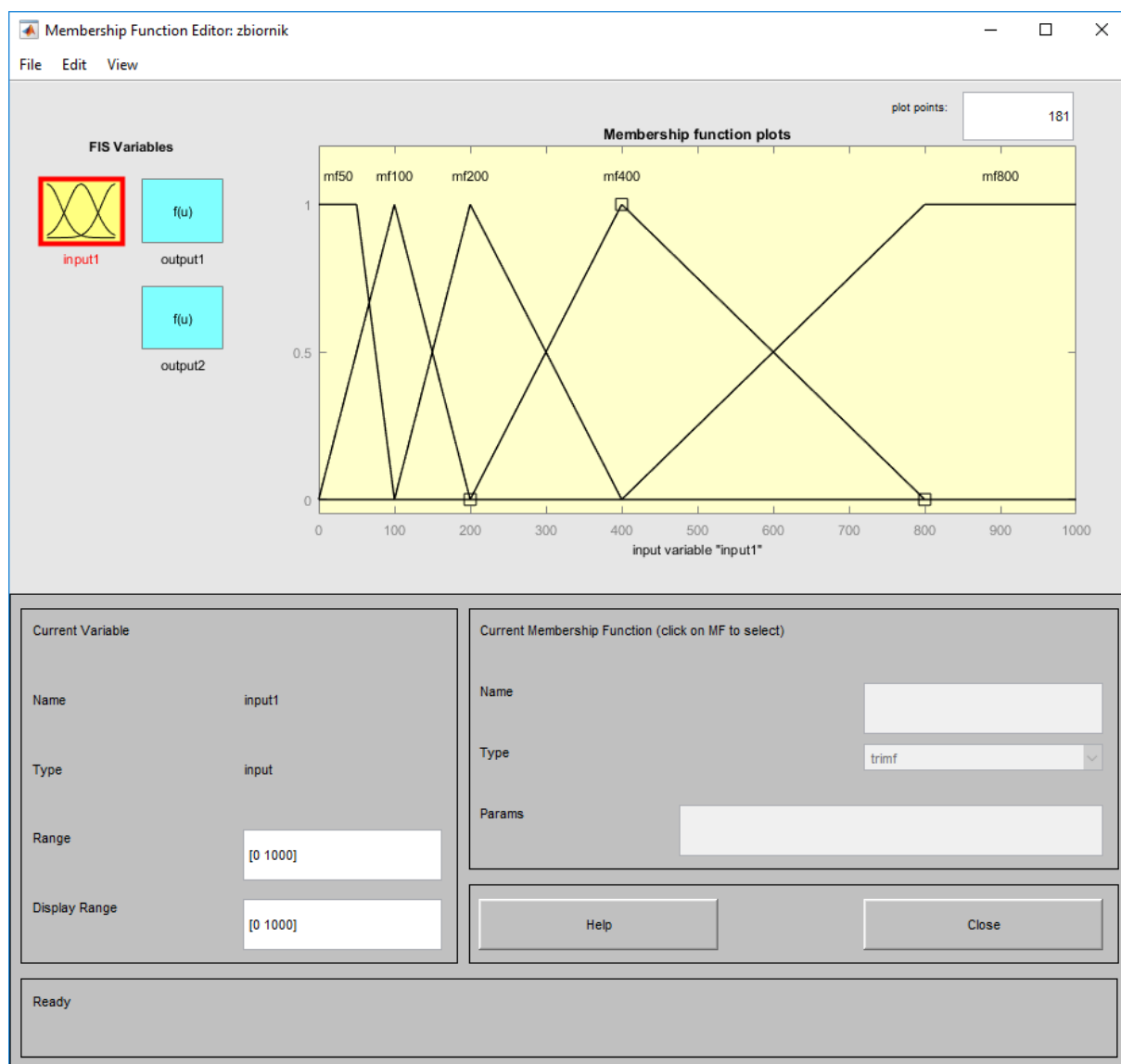
### 4. Model Sugeno

Korzystając z Fuzzy Logic Designer stworzono model Sugeno, składający się z 5 reguł. Model posiada 1 wejście (poziom wody w [mm] ) oraz dwa wyjścia ( wartości nastaw P oraz I regulatora).



Rys. 3 Fuzzy Logic Designer

Dla wejściowego poziomu wody stworzono następujące funkcje przynależności



**Rys. 4** Funkcje przynależności

Wyjścia modelu Sugeno dla członów P oraz I reprezentują wartości stałe przedstawione w tabeli nr 1.

Poniżej przedstawiono 5 reguł dla modelu Sugeno

**Rule Editor: zbiornik**

File Edit View Options

1. If (input1 is mf50) then (output1 is kp50)(output2 is l50) (1)  
2. If (input1 is mf100) then (output1 is kp100)(output2 is l100) (1)  
3. If (input1 is mf200) then (output1 is kp200)(output2 is l200) (1)  
4. If (input1 is mf400) then (output1 is kp400)(output2 is l400) (1)  
5. If (input1 is mf800) then (output1 is kp800)(output2 is l800) (1)

If input1 is

mf50  
mf400  
mf100  
mf200  
mf800  
none

☐ not

Then output1 is

kp50  
kp100  
kp200  
kp400  
kp800  
none

☐ not

and output2 is

l50  
l100  
l200  
l400  
l800  
none

☐ not

Connection

☐ or  
☒ and

Weight: 1

Delete rule Add rule Change rule << >>

Renamed FIS to "zbiornik"

Help Close

**Rys. 5** Reguły dla modelu Sugeno

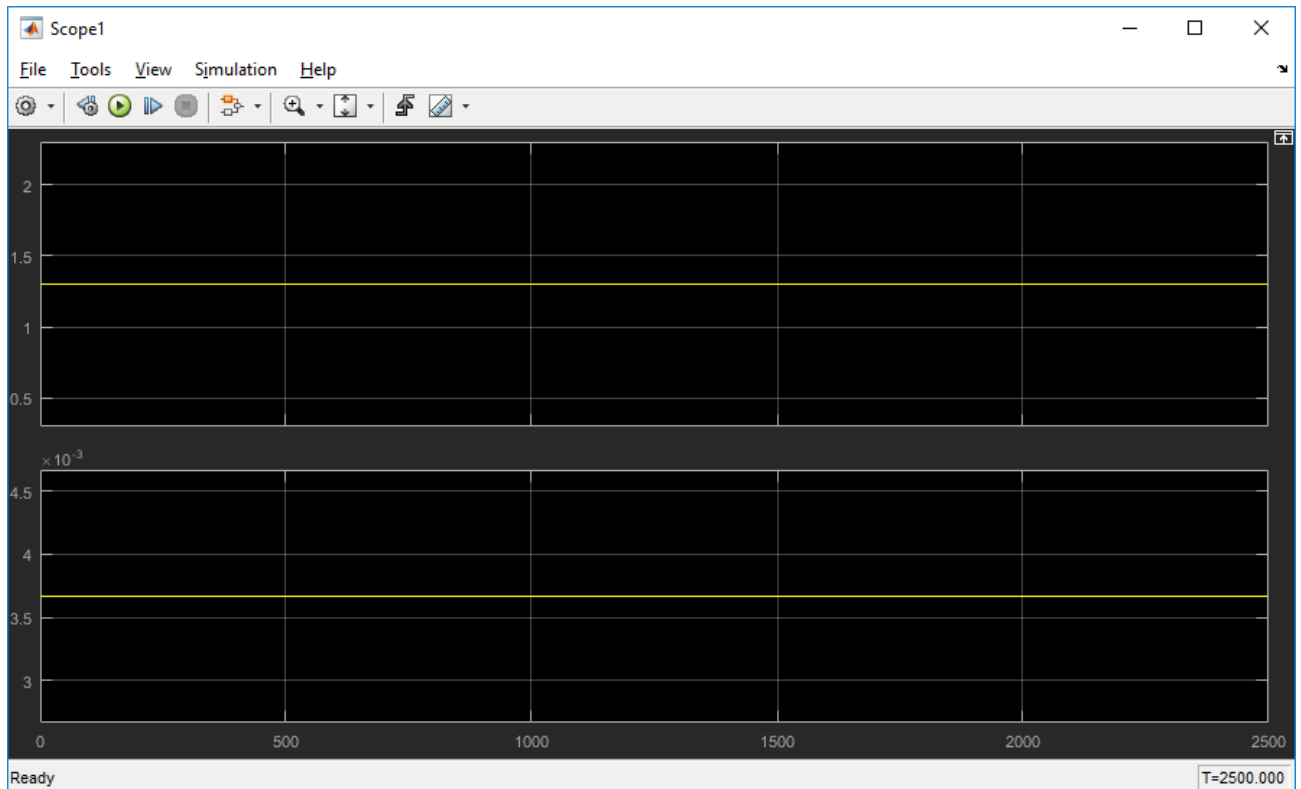
## 5. Badania

*[Przykład 1]*

Na wejście modelu zbiornika zadano poziom wody wynoszący 80 mm. Blok Fuzzy Logic Controller obliczył następujące wartości nastaw:

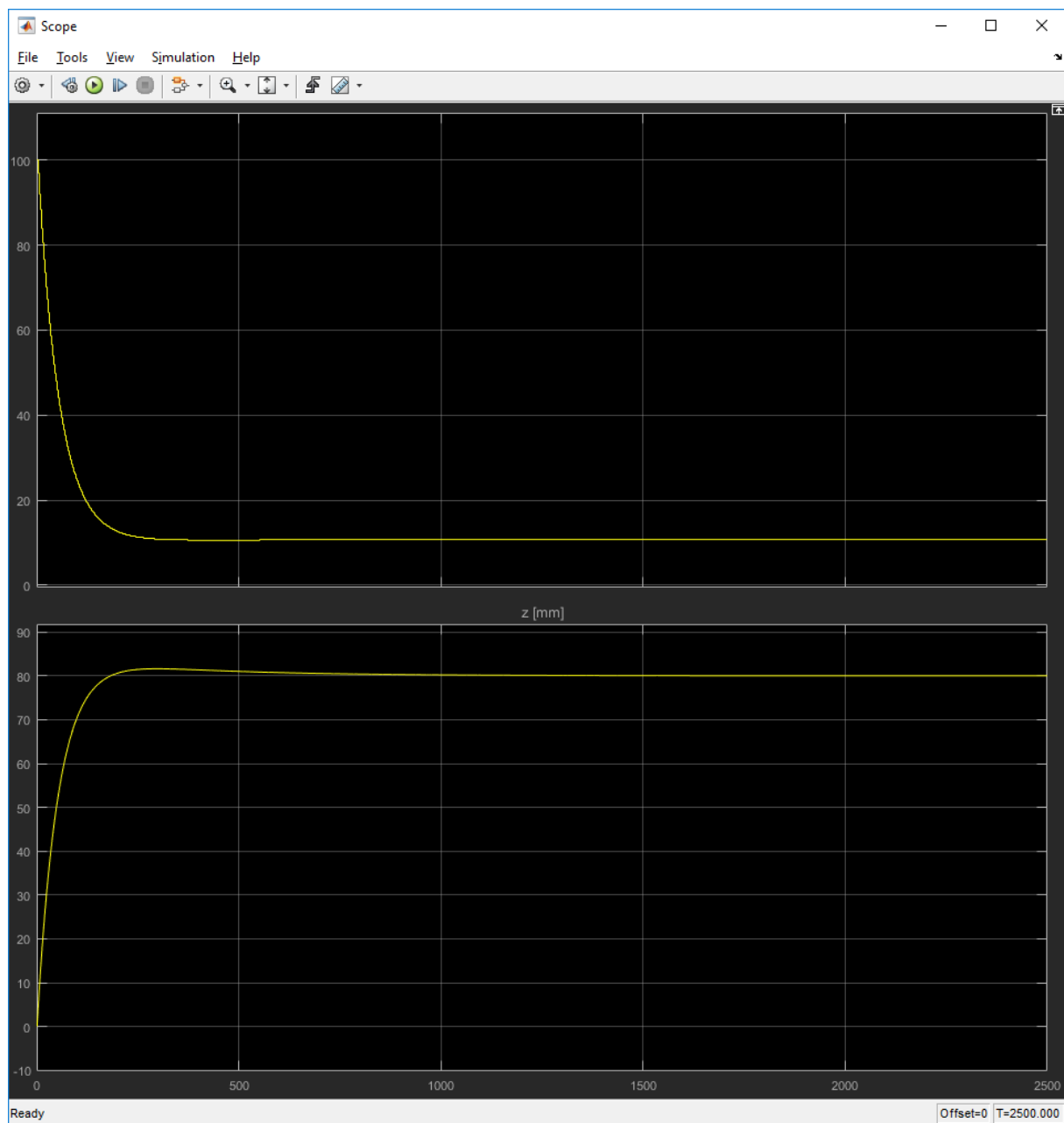
$$P = 1.3$$

$$I = 0.0037$$



**Rys. 6** Wyznaczone nastawy regulatora PI dla poziomu wody 80 mm

## Odpowiedź układu



**Rys. 7** Odpowiedź układu. Przebieg górny–wydajność pompy. Przebieg dolny–poziom wody

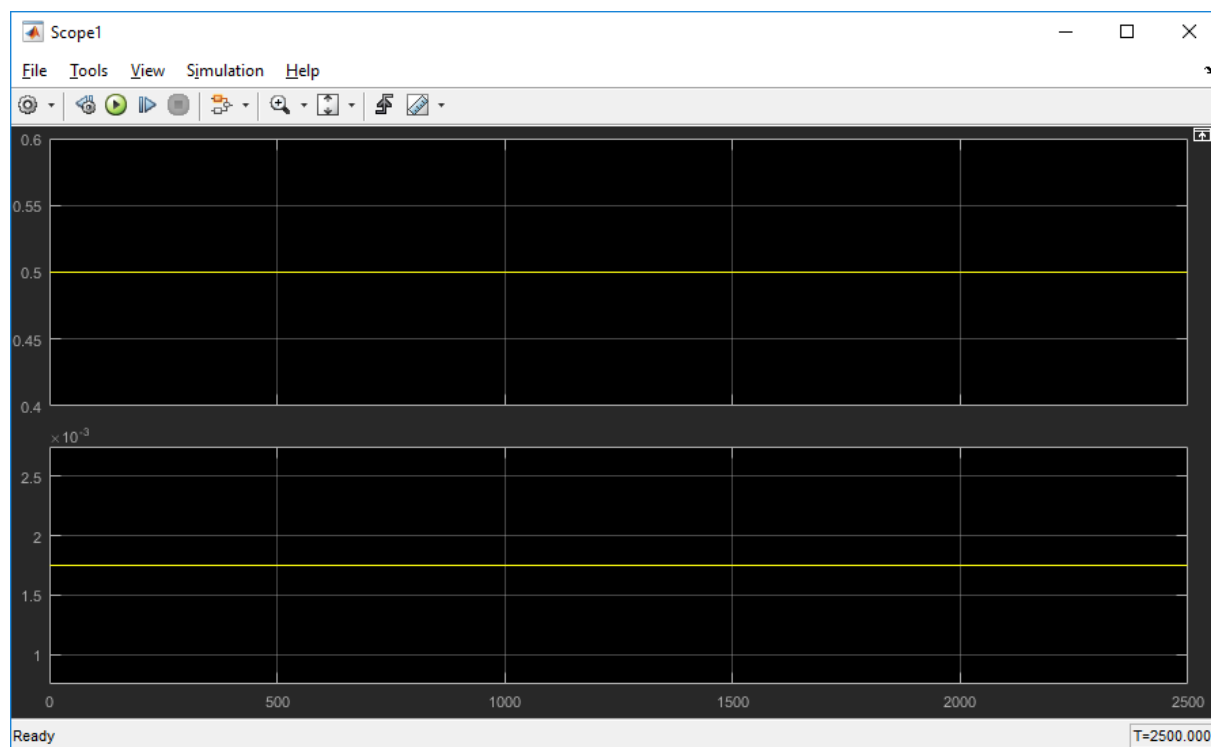


*[Przykład 2]*

Na wejście modelu zbiornika zadano poziom wody wynoszący 300 mm. Blok Fuzzy Logic Controller obliczył następujące wartości nastaw:

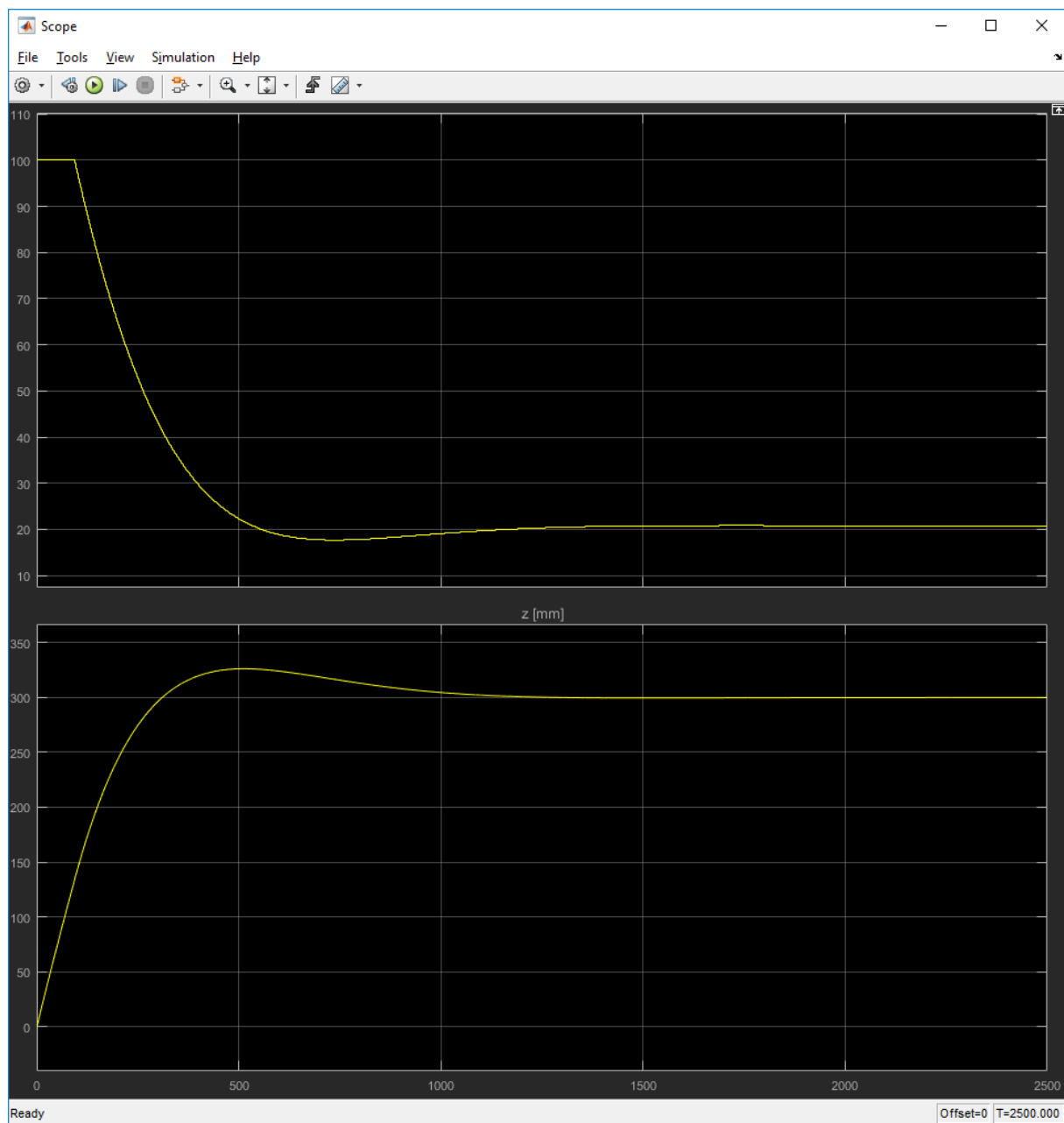
$$P = 0.5$$

$$I = 0.00175$$



**Rys. 8** Wyznaczone nastawy regulatora PI dla poziomu wody 300 mm

## Odpowiedź układu



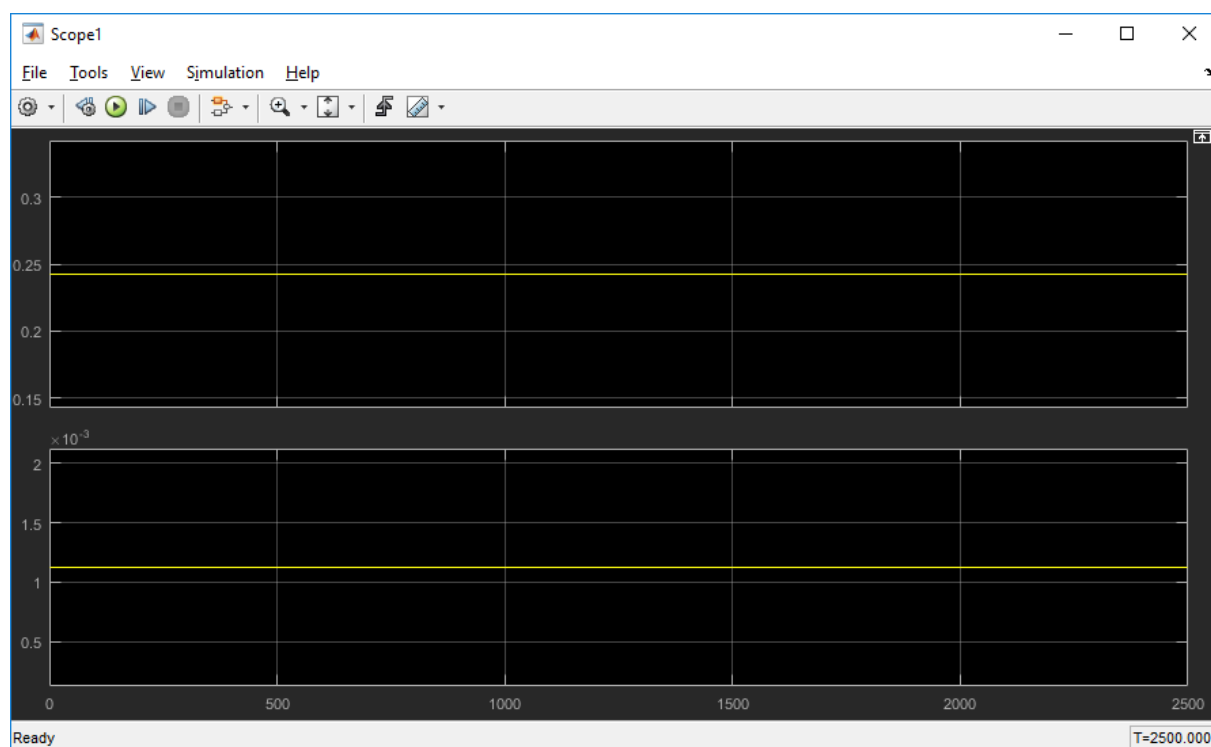
**Rys. 9** Odpowiedź układu. Przebieg górny–wydajność pompy. Przebieg dolny–poziom wody

*[Przykład 3]*

Na wejście modelu zbiornika zadano poziom wody wynoszący 750 mm. Blok Fuzzy Logic Controller obliczył następujące wartości nastaw:

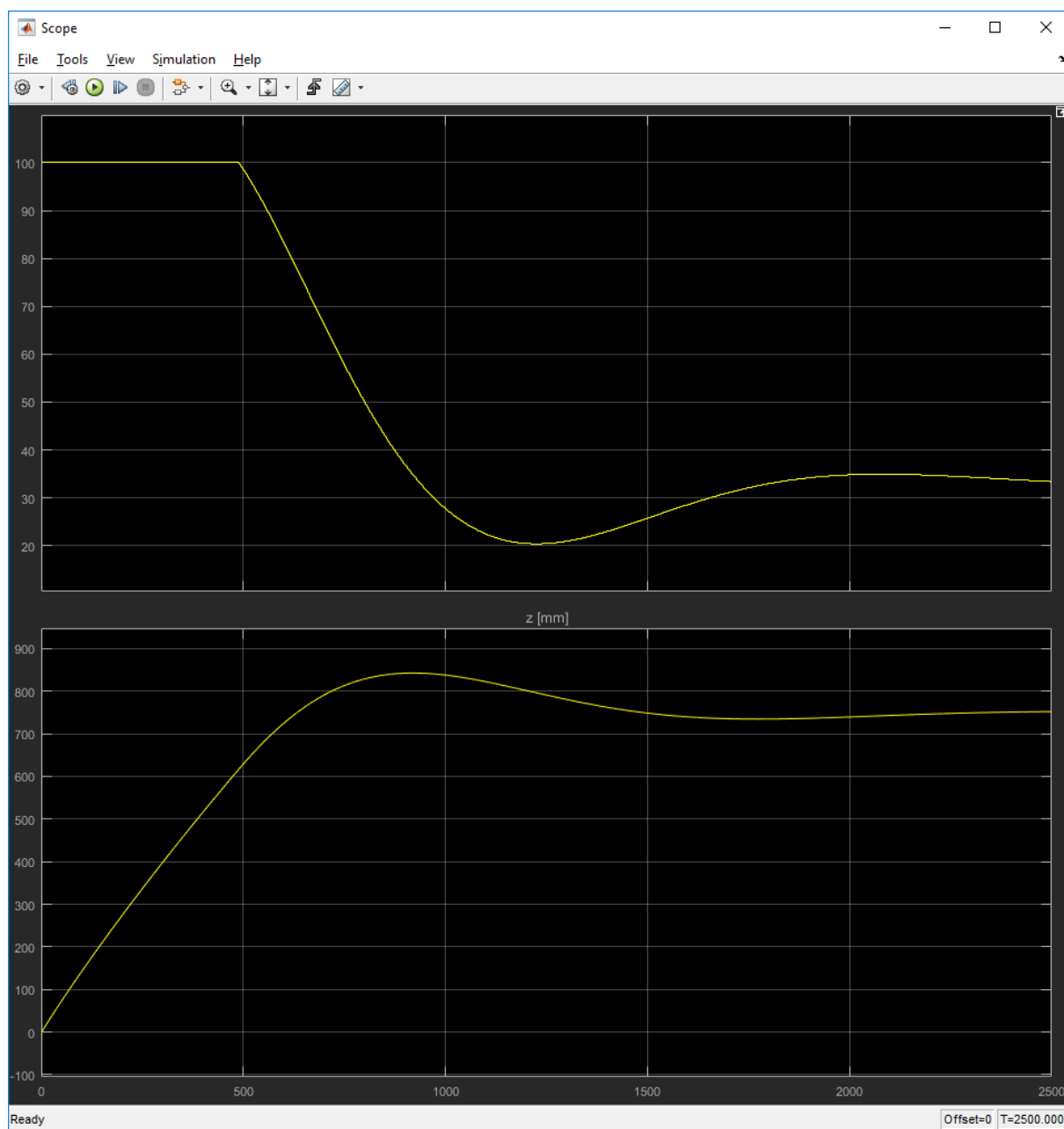
$$P = 0.2425$$

$$I = 0.001125$$



**Rys. 10** Wyznaczone nastawy regulatora PI dla poziomu wody 750 mm

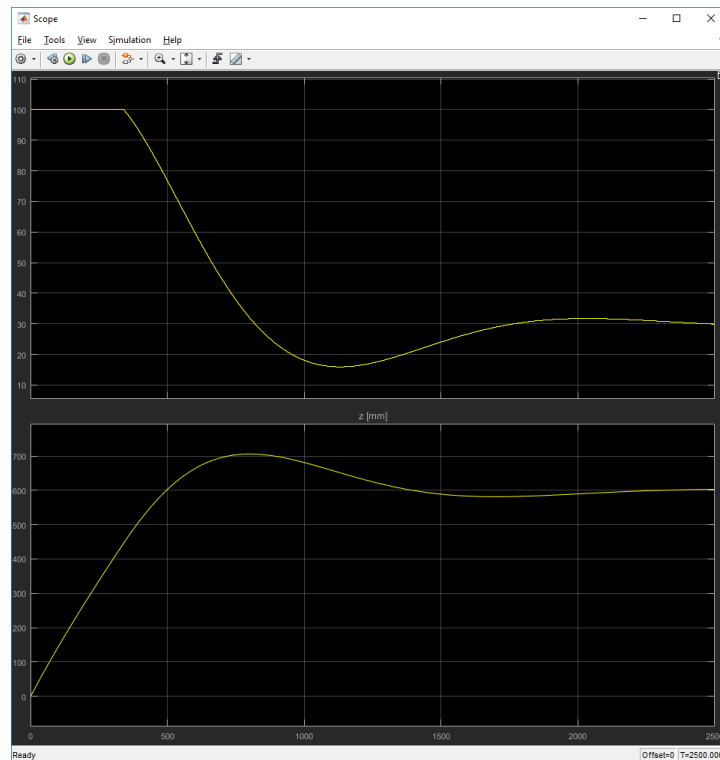
## Odpowiedź układu



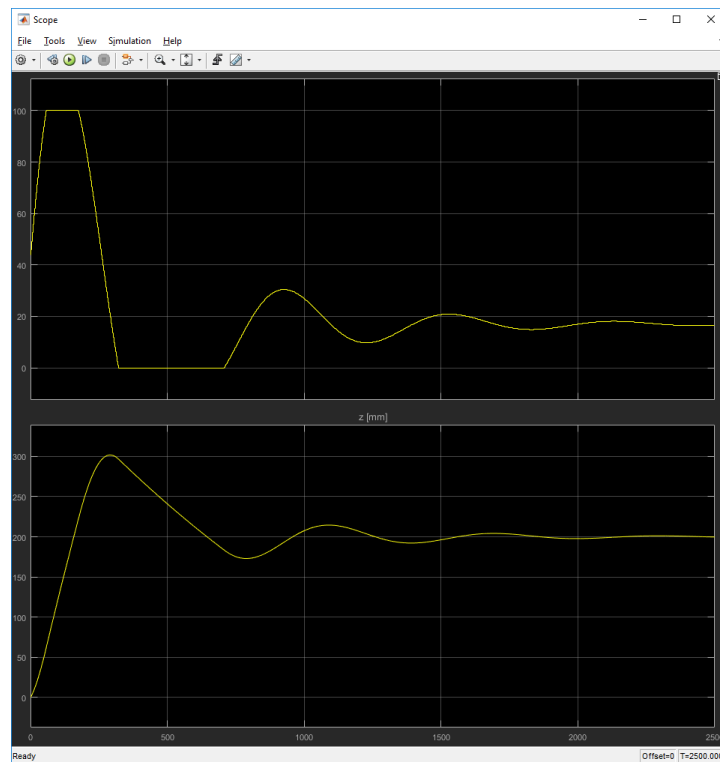
**Rys. 11** Odpowiedź układu. Przebieg górny–wydajność pompy. Przebieg dolny–poziom wody

*[Przykład 4]*

Poniżej przedstawiono odpowiedź układ bez bloku Fuzzy Logic Controller. Regulator PI został dobrany dla punktu pracy wynoszącego 600mm.



**Rys. 13** Odpowiedź układu dla poziomu 600 mm



**Rys. 14** Odpowiedź układu dla poziomu 200 mm

## 6. Wnioski

Zastosowanie logiki rozmytej w strukturze regulacji pozwoliło uzyskać optymalne nastawy regulatora PI dla dowolnego punktu pracy. Reguła Sugeno dla zastosowanych funkcji przynależności pozwoliła płynnie przechodzić pomiędzy nastawami regulatora. Przykład 4 pokazał przewagę regulatorów ze zmiennymi nastawami w porównaniu dla klasycznej metody sterowania w przypadku obiektów o charakterystyce nieliniowej.