



# **ALGORYTM STEROWANIA PRACĄ WĘZŁA CIEPLNEGO Z WYKORZYSTANIEM STRUKTURY DZIAŁANIA SIECI NEURONOWEJ**

Marian LIPKA

## Algorytmy węzłowe

Element wsparcia, który umożliwia:

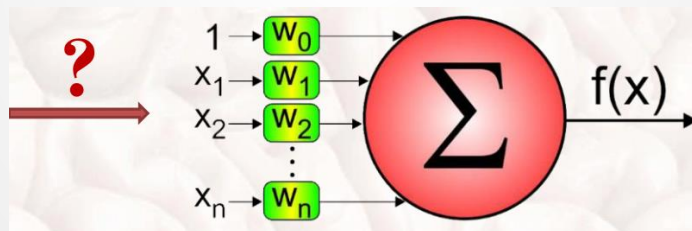
1. Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych
2. Oddziaływanie na podnoszenie poziomu ochrony środowiska



## Algorytmy węzłowe – podejście klasyczne

**Charakterystyka eksploatacyjna dostępnych rozwiązań sterowników ciepłowniczych:**

1. Kontrola temperatury zewnętrznej
2. Regulacja temperatury zasilania instalacji odbiorczej c.o. w funkcji zarejestrowanych wartości temperatury zewnętrznej
3. Moce nadmiarowe – podwyższone temperatury czynnika c.o. do odbiorców



## **Algorytmy węzłowe – sztuczne sieci neuronowe**

### **Główne cele zaimplementowania w Przedsiębiorstwie:**

1. Poprawa wykorzystania mocy zamówionej u odbiorców
2. Jednoczesne obniżenie wahań przepływów sieciowych
3. Ograniczenie zużycia ciepła z zachowaniem pożądanego komfortu cieplnego

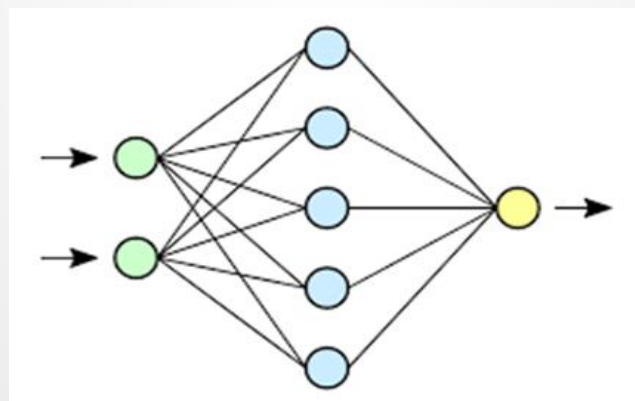
Powyższe wpływa na pracę stacji ciepłowniczej c.o., poprzez:

**ograniczenie nagłych i wysokich zmian temperatury czynnika zasilającego układ c.o. w kluczowych momentach jego pracy, tj. w okresach zmiany temperatury zewnętrznej, związanej z porą dnia, czy też nasłonecznieniem.**

## Sztuczne sieci neuronowe – zarys działania

### Ogólna zasada działania:

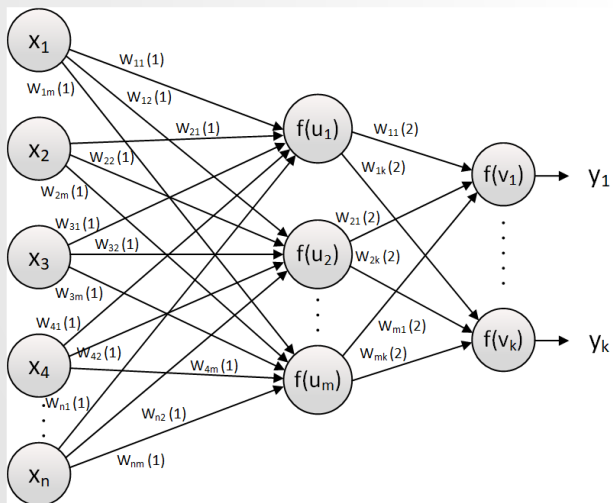
1. Układ zadanej ilości równań o określonej postaci
2. Posiada zdolność aproksymacji wielowymiarowych zbiorów danych
3. Dzięki zdolności uogólniania nabytej wiedzy, zdolności adaptacji do zmieniających się warunków oraz możliwości uczenia się, czasem nazywa się je systemami sztucznej inteligencji



## Sztuczne sieci neuronowe – implementacja w Przedsiębiorstwie

### Struktura zaimplementowana w rozwiązaniach PEC – Gliwice:

1. Struktura sieci jednokierunkowej, wielowarstwowej
2. Jedna warstwa wejściowa oraz jedna warstwa wyjściowa oraz ukryte warstwy pośrednie (idea perceptronu)
3. Wpływ wag sygnałów



$$y = f \left( \sum_{i=1}^n W_i x_i \right)$$

$i$  – numery kolejnych zmiennych wejściowych

$W$  – wagi sygnałów

$x$  – zmienne wejściowe

$f(\cdot)$  – funkcja aktywacji

## **Sztuczne sieci neuronowe – implementacja w Przedsiębiorstwie**

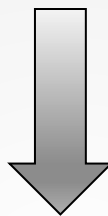
### **Sygnały wejściowe algorytmu PEC – Gliwice:**

1. Temperatura zewnętrzna – wartość średnia z ostatnich 24 h
2. Temperatura zewnętrzna – wartość średnia z ostatnich 3 h
3. Temperatura zewnętrzna w słońcu – wartość średnia z ostatnich 3 h
4. Prędkość wiatru – wartość średnia z ostatnich 3 h
5. Temperatura zasilania instalacji c.o. do odbiorcy – wartość średnia z ostatnich 3 h
6. Temperatura powrotu c.o. od odbiorcy – wartość średnia z ostatnich 3 h
7. Moc c.o. – wartość średnia z ostatnich 3 h
8. Temperatura wody sieciowej – wartość średnia z ostatnich 3 h
9. Temperatura zewnętrzna – prognozowana za 24 h
10. Temperatura zewnętrzna – prognoza średnia na najbliższe 3 h
11. Zachmurzenie – prognoza średnia na najbliższe 3 h
12. Prędkości wiatru – prognoza średnia na najbliższe 3 h



## **Sztuczne sieci neuronowe – implementacja w Przedsiębiorstwie**

**Główna zasada działania algorytmu opartego o sztuczne sieci neuronowe**



**Predykcyjne określanie temperatury c.o. z 3-godzinnym wyprzedzeniem  
(celem jest uwzględnienie akumulacyjności budynku)**

### Przykład działania

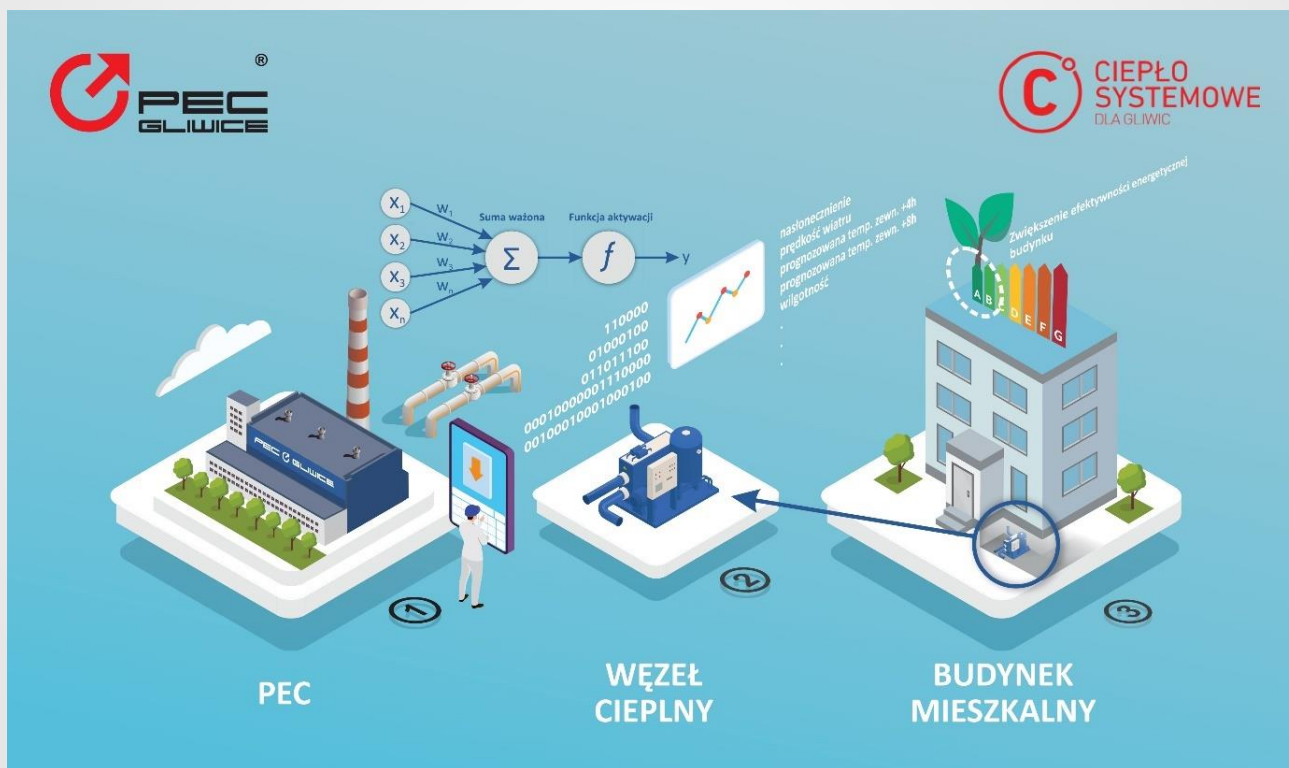
Jeżeli prognozy wskazują na wzrost temperatury w ciągu najbliższych 3 godzin, wówczas temperaturę zasilania można obniżyć z wyprzedzeniem.

Ciepło zakumulowane w budynku zapewni komfort cieplny przebywającym tam osobom, a po wzroście temperatury zewnętrznej uniknie się przegrzania.

Dodatkowo, takie podejście ograniczy wahania temperatury wpływając korzystnie na pracę miejskiego systemu ciepłowniczego.

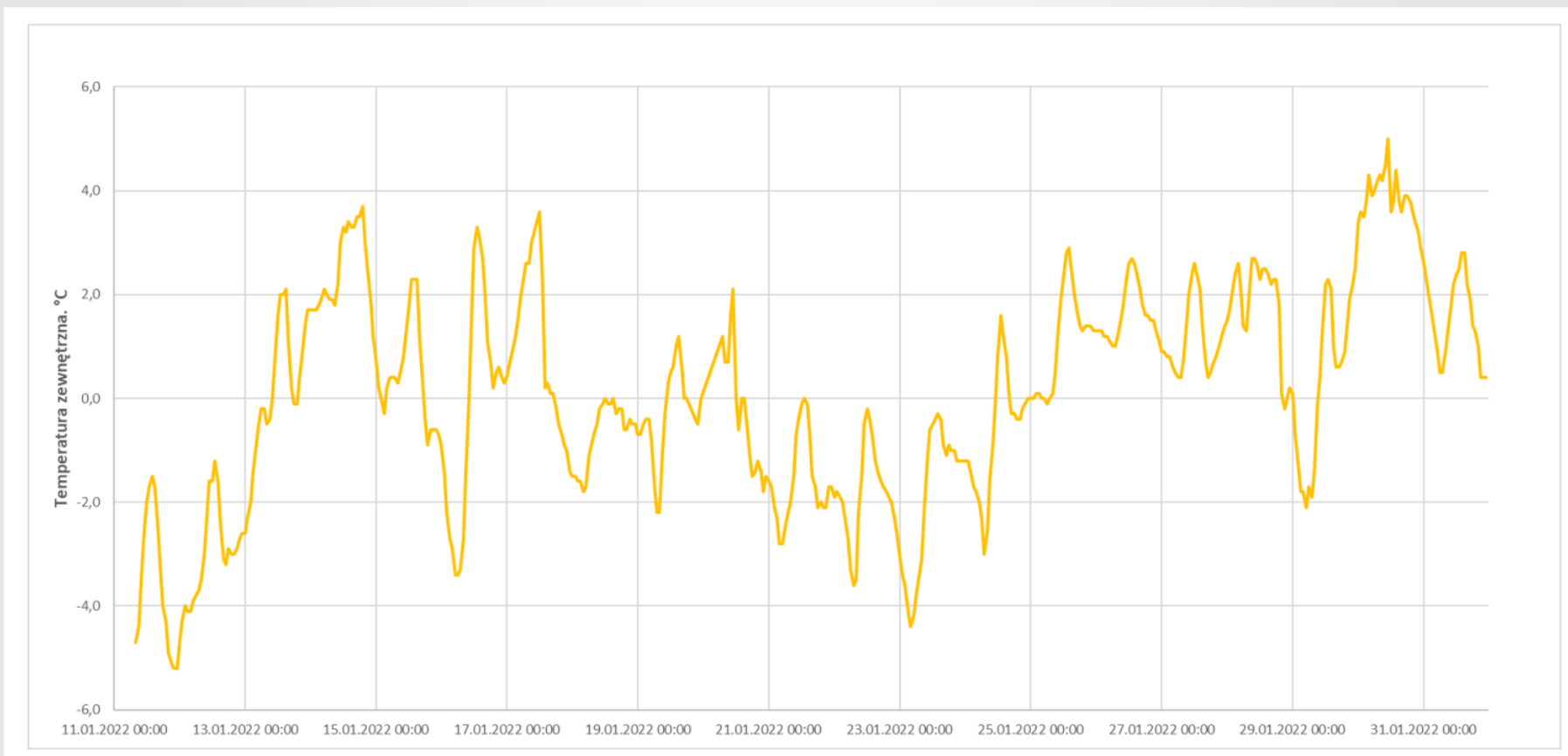
## Sztuczne sieci neuronowe – implementacja w Przedsiębiorstwie

Architektura współpracy węzła ciepłego – wyposażonego w algorytm węzłowy sztucznych sieci neuronowych – w strukturze miejskiego systemu ciepłowniczego



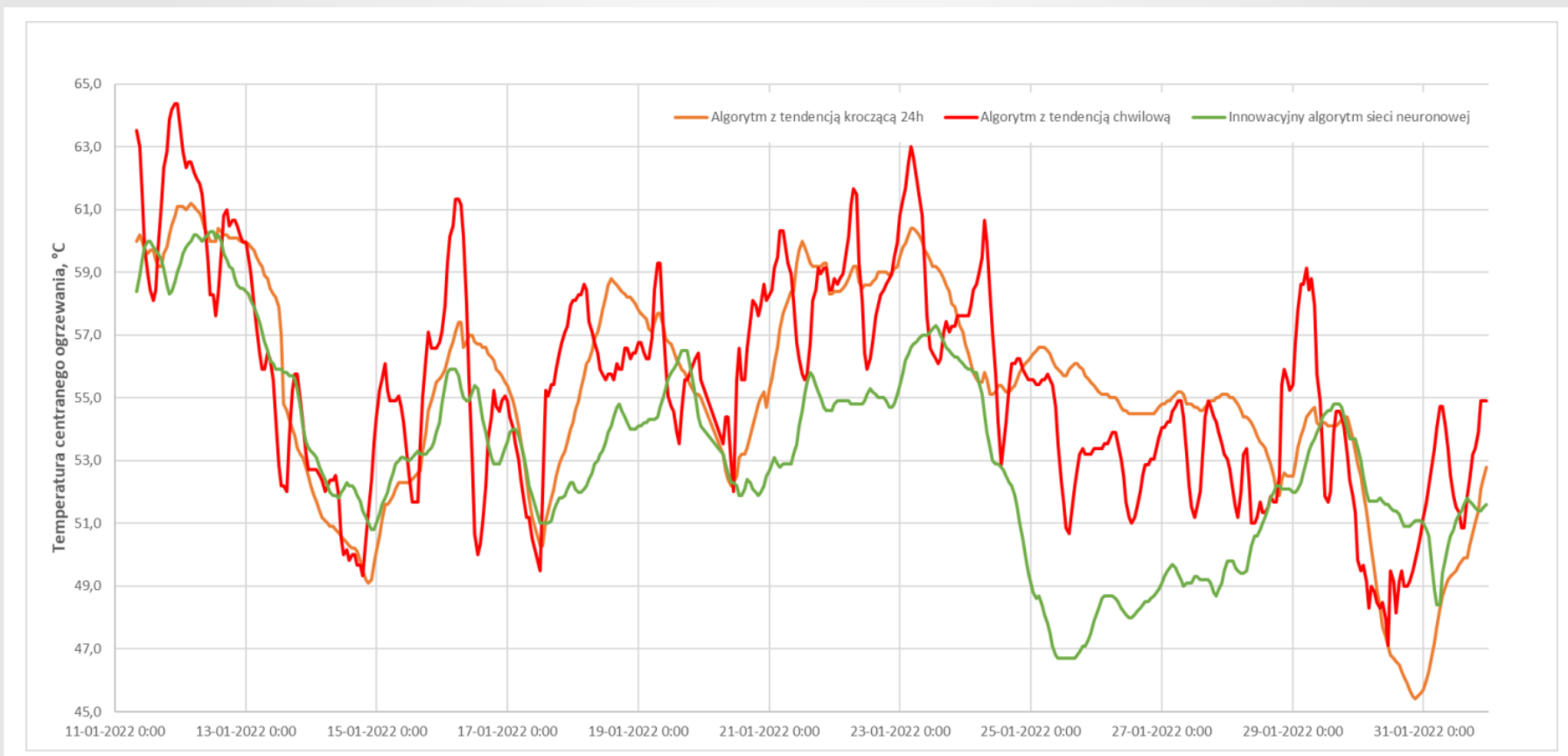
## Sztuczne sieci neuronowe – efekty implementacji

### Trendy zmian temperatury zewnętrznej



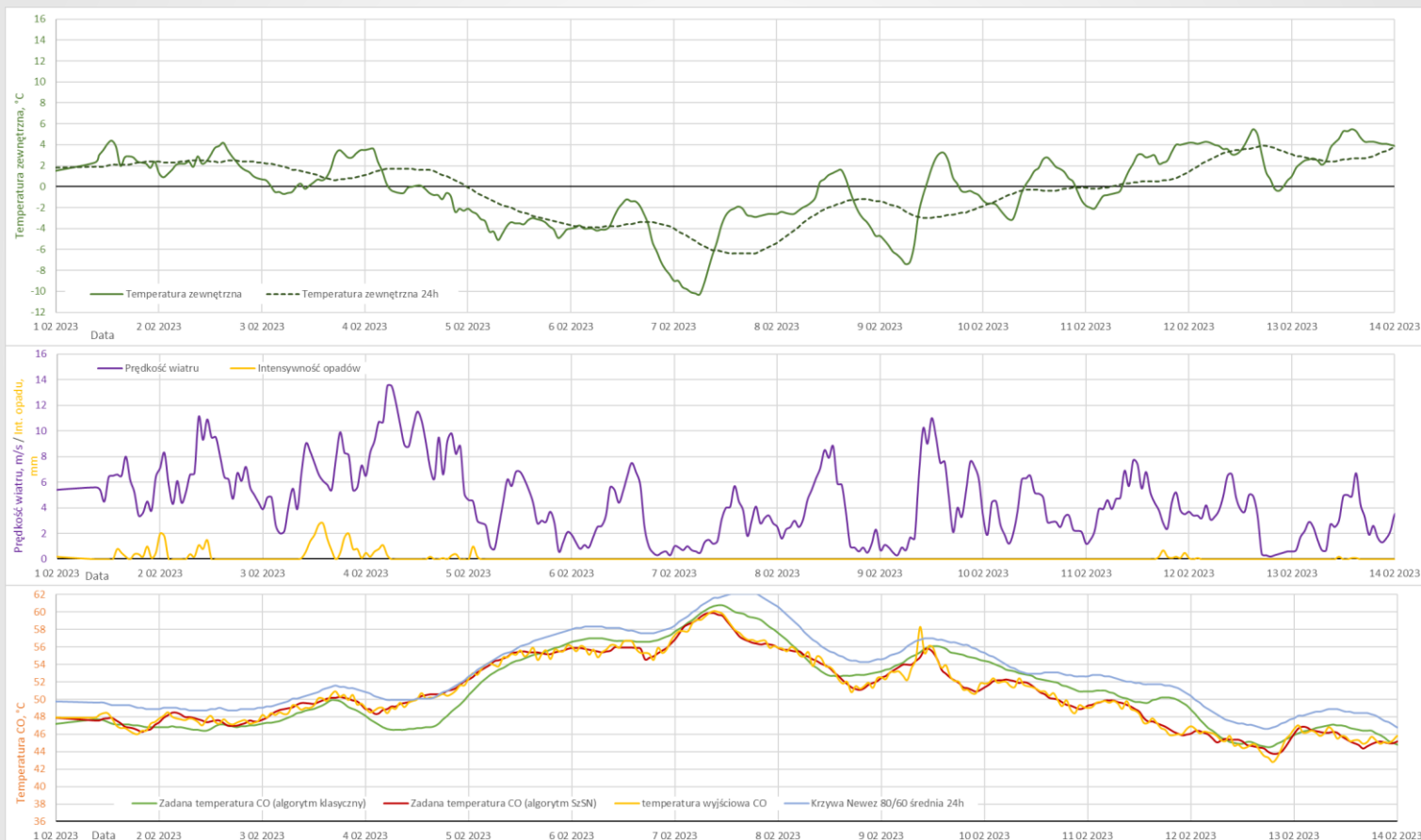
## Sztuczne sieci neuronowe – efekty implementacji

### Trendy porównawcze działania różnych algorytmów sterujących pracą węzła ciepłego



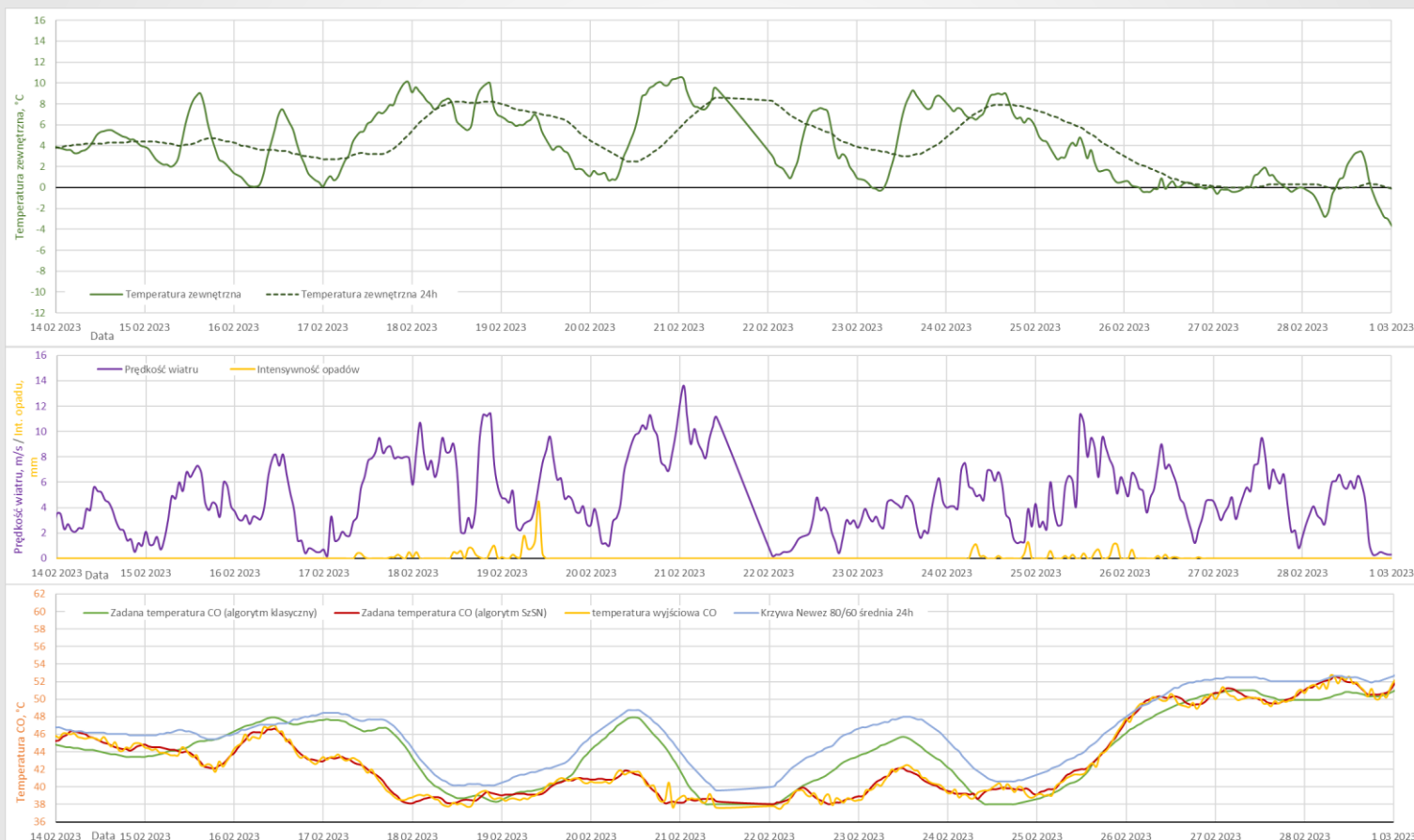
## Sztuczne sieci neuronowe – efekty implementacji

### Trendy porównawcze temperatury zadanej dla algorytmu klasycznego i algorytmu SzSN



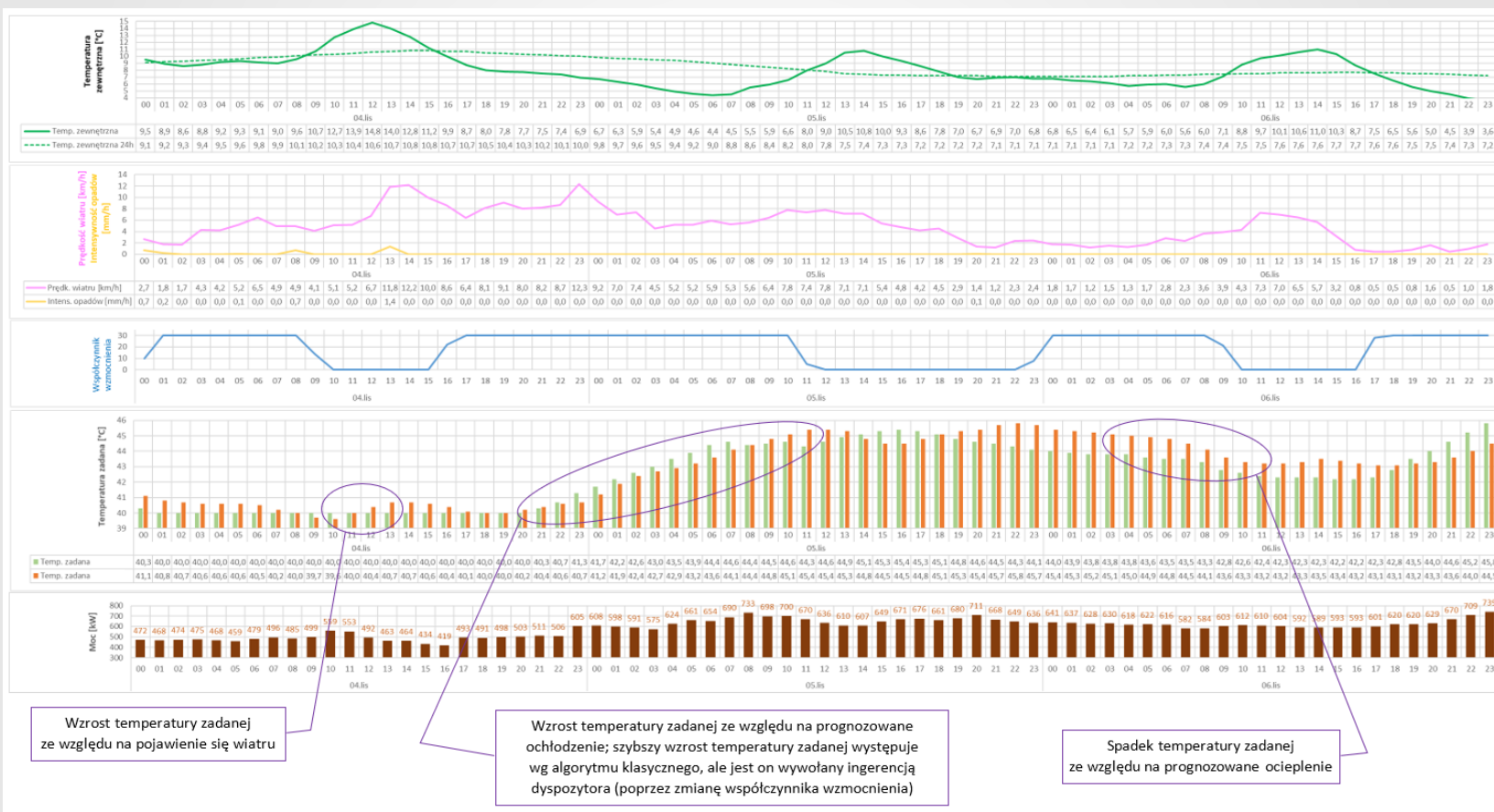
## Sztuczne sieci neuronowe – efekty implementacji

### Trendy porównawcze temperatury zadanej dla algorytmu klasycznego i algorytmu SzSN



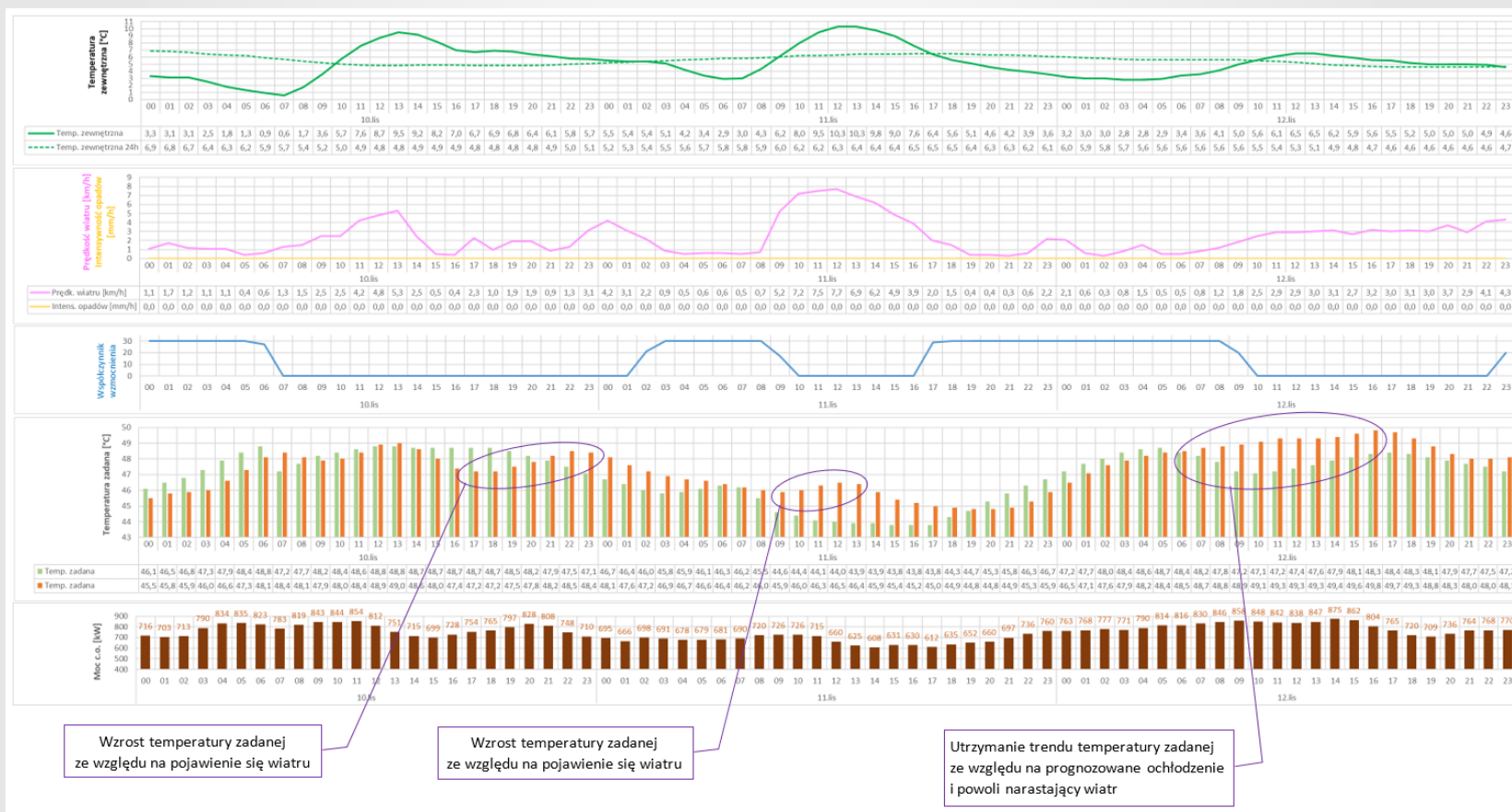
## Sztuczne sieci neuronowe – efekty implementacji

### Trendy porównawcze temperatury zadanej dla algorytmu klasycznego i algorytmu SzSN



## Sztuczne sieci neuronowe – efekty implementacji

### Trendy porównawcze temperatury zadanej dla algorytmu klasycznego i algorytmu SzSN





## **Algorytm klasyczny – Sztuczne sieci neuronowe**

### Cechy charakteryzujące algorytm klasyczny

- Regulacja w funkcji chwilowej temperatury zewnętrznej
- Nadmiarowy pobór mocy grzewczej
- Brak wiedzy na temat innych czynników wpływających na komfort cieplny odbiorcy
- Brak współpracy z miejskim systemem ciepłowniczym pod względem wykorzystania akumulacji ciepła

### Cechy charakteryzujące algorytm SzSN

- Regulacja parametru grzewczego w funkcji większej ilości zmiennych decyzyjnych
- Wykorzystanie potencjału akumulacji ciepła budynku
- Korzystniejsza współpraca z miejskim systemem ciepłowniczym
- Wpływ na ograniczenie emisyjności systemu ciepłowniczego oraz podnoszenie efektywności energetycznej budynku
- Obniżanie zużycia ciepła

## **Sztuczne sieci neuronowe – finalne profity**

Zaimplementowane, oparte na algorytmie sztucznych sieci neuronowych,  
innowacyjne rozwiązanie Przedsiębiorstwa cechuje się:

- Wzrostem efektywności wykorzystania u odbiorcy końcowego dostarczonego ciepła
- Ograniczeniem zużycia ciepła przez odbiorcę końcowego – brak ciepła nadmiarowego
- Obniżeniem kosztów za ciepło dla odbiorcy końcowego
- Ograniczeniem wahań przepływu sieciowego w miejskim systemie ciepłowniczym
- Zmniejszeniem strat przesyłowych miejskiego systemu ciepłowniczego
- Ograniczeniem kosztów produkcji ciepła w źródle ciepła
- Ograniczeniem emisyjności źródła ciepła
- Pozytywnymi efektami energetyczno - efektywnościowo - ekologicznymi

## Uznanie innowacji opartej o sztuczne sieci neuronowe



# Dziękuję za uwagę



**Marian LIPKA**

**Dział Dyspozycji Ruchu i Eksploatacji**

Tel.: 32 335 01 10

E-mail: [m.lipka@pec.gliwice.pl](mailto:m.lipka@pec.gliwice.pl)



**GLIWICE**  
Przyszłość jest tu.