

Studium przedwstępne doboru technologii wysokosprawnej kogeneracji – zastosowanie aplikacji komputerowej CHP_Strateg

Andrzej Ziębik, Marcin Liszka, Krzysztof Hoinka, Grzegorz Szapajko



Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Śląska

Trudne decyzje inwestycyjne:

Jakie paliwo ?

Jaka technologia ?

Dla bloków ciepłowniczych dodatkowo:

*Jaki udział źródła szczytowego
lub zasobnika ciepła ?*

Projekt *CHP_Strateg*:

Projekt badawczy rozwojowy finansowany ze środków NCBiR

„Opracowanie dedykowanej aplikacji komputerowej dla kreowania strategii wysokosprawnej dużej kogeneracji, przy uwzględnieniu kryteriów ekonomicznych i środowiskowych, w tym emisji CO₂”

Cel realizacji projektu:

Wypożyczenie przedsiębiorców energetycznych w zautomatyzowane narzędzie optymalizacji doboru układów kogeneracyjnych.

Idea budowy aplikacji *CHP_Strateg*



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji



- Wprowadź dane dotyczące sieci ciepłowniczej (strumień wody sieciowej oraz temperatury wody grzejnej i powrotnej) oraz temperatury otoczenia. Wartości wprowadź w postaci średnich miesięcznych oraz dla maksymalnego zapotrzebowania na ciepło.
- Zakres i wymiar dla każdej wprowadzanej wielkości można sprawdzić najeżdżając kursorem na znak zapytania znajdujący się przy odpowiednim okienku.

Charakterystyka sieci ciepłowniczej

	Strumień wody sieciowej [kg/s]	Temperatura wody powrotnej [°C]	Temperatura wody grzejnej [°C]	Temperatura otoczenia [°C]
Wartość dla maksymalnego zapotrzebowania na ciepło	887.17 ?	71.3 ?	132.8 ?	-20.0 ?
Styczeń	742.83 ?	55.3 ?	86.8 ?	-1.7 ?
Luty	965.8 ?	54.3 ?	83.5 ?	-0.4 ?
Marzec	806.76 ?	50.3 ?	74 ?	3.3 ?
Kwiecień	844.92 ?	46.6 ?	62.5 ?	8.0 ?
Maj	290.91 ?	45.9 ?	60.9 ?	13.3 ?
Czerwiec	276.62 ?	45.9 ?	60.9 ?	16.0 ?
Lipiec	266.53 ?	45.9 ?	60.9 ?	17.7 ?
Sierpień	270.34 ?	45.9 ?	60.9 ?	17.4 ?
Wrzesień	456.49 ?	45.9 ?	60.9 ?	13.2 ?
Październik	1020.76 ?	46.5 ?	62.2 ?	8.3 ?
Listopad	1050.24 ?	50.4 ?	74.3 ?	3.1 ?
Grudzień	967.36 ?	54 ?	83 ?	-0.3 ?

Zapisz

Dalej

Jak działa aplikacja *CHP_Strateg*?

- etapy analizy techniczno-ekonomicznej:

1. Kompletacja bazy danych o otoczeniu techniczno-ekonomicznym.
2. Dobór technologii kogeneracyjnych do uwarunkowań lokalnych za pomocą dedykowanego systemu eksperckiego.
3. Analiza symulacyjna – wyznaczenie rocznych ilości produkcji ciepła, elektryczności, zużycia paliwa itd. (wbudowane modele regresyjne i neuronowe).
4. Weryfikacja wyników obliczeń z ograniczeniami dostaw i zbytu (system ekspercki).
5. Blok analiz i obliczeń formalno-prawnych (PES, certyfikaty czerwone, żółte, zielone, benchmarki CO₂, itp.)
6. Analiza ekonomiczna i ustalenie rankingu ekonomicznego technologii.

Potencjalne technologie kogeneracyjne:

- ✓ **EC parowe opalane węglem** z kotłami fluidalnymi lub pyłowymi, z możliwością współspalania biomasy, wyposażone opcjonalnie w turbiny przeciwprężne, upustowo-przeciwprężne lub upustowo-kondensacyjne
- ✓ **EC gazowo-parowe** z turbinami gazowymi opalanymi paliwem gazowym (systemowym lub technologicznym)
- ✓ **EC z turbiną gazową** i spalinowym wymiennikiem ciepła

Dodatkowo:

- ✓ Opcja usuwania CO₂ z układów skojarzonej gospodarki ciepłno-elektrycznej opalanych węglem
- ✓ Kotły szczytowe gazowe i olejowe

Wprowadzanie danych – charakterystyka sieci ciepłowniczej



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji

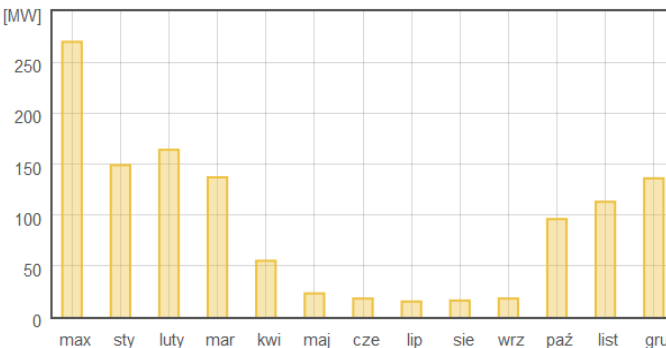


- Wprowadź dane dotyczące sieci ciepłowniczej (strumień wody sieciowej oraz temperatury wody grzejnej i powrotnej) oraz temperatury otoczenia. Wartości wprowadź w postaci średnich miesięcznych oraz dla maksymalnego zapotrzebowania na ciepło.
- Zakres i wymiar dla każdej wprowadzanej wielkości można sprawdzić najeżdżając kursorem na znak zapytania znajdujący się przy odpowiednim okienku.

Charakterystyka sieci ciepłowniczej

Średni miesięczny strumień ciepła

Średni miesięczny strumień ciepła [MW]



Krok 1 Krok 2 Krok 3 Krok 4 Krok 5 Krok 6 Krok 7 100%

Jesteś zalogowany jako: test@test.pl
© Instytut Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej

Zapisz

Dalej

Wprowadzanie danych – zapotrzebowanie na parę technologiczną



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji



- Wprowadź dane dotyczące zapotrzebowania na parę technologiczną (strumień oraz ciśnienie bezwzględne).
- W przypadku braku zapotrzebowania na parę (strumień równy 0), wpisz dowolną wartość ciśnienia z przedziału 2,5 ÷ 10 bar.

Zapotrzebowanie na parę technologiczną

Strumień pary technologicznej ? [kg/s]

Ciśnienie pary technologicznej ? [bar]

Wstecz

Zapisz

Dalej

[Krok 1](#) [Krok 2](#) [Krok 3](#) [Krok 4](#) [Krok 5](#) [Krok 6](#) [Krok 7](#) 100%

Jesteś zalogowany jako: [test@test.pl](#)

© Instytut Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej

Wprowadzanie danych – źródło szczytowe



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji



- Wybierz rodzaj źródła szczytowego.
- Określ możliwość występowania zasobnika ciepła.
- Wprowadź wartości współczynników udziału skojarzenia dla wszystkich technologii (wartości sugerowane są jedynie podpowiedzią i należy wprowadzić własne wartości).

Źródło szczytowe

☐ Kocioł wodny opalany olejem opałowym

☒ Kocioł wodny opalany gazem ziemnym

☐ Możliwość współpracy z zasobnikiem ciepła

Technologia	α - współczynnik udziału skojarzenia	α - sugerowany współczynnik udziału skojarzenia
EC parowa z kotłem fluidalnym turbiną upustowo-przeciwprężną	0.75	0.543359574
EC parowa z kotłem fluidalnym turbiną upustowo-kondensacyjną	0.75	0.543359574
EC gazowo-parowa z trój-ciśnieniowym kotłem odzyskowym turbiną upustowo-kondensacyjnego na gaz ziemny	0.75	0.543359574
EC gazowa ze spalinowym wymiennikiem na gaz ziemny	0.75	0.543359574
EC gazowo-parowa z trój-ciśnieniowym kotłem odzyskowym turbiną upustowo-kondensacyjnego na gaz koksowniczy	0.75	0.543359574
EC gazowo-parowa z trój-ciśnieniowym kotłem odzyskowym turbiną upustowo-kondensacyjnego na gaz wielkopiecowy	0.75	0.543359574
EC parowa z kotłem fluidalnym turbiną upustowo-przeciwprężną z instalacją usuwania CO ₂	0.75	0.543359574

Wstecz

Zapisz

Dalej

Krok 1 Krok 2 **Krok 3** Krok 4 Krok 5 Krok 6 Krok 7 100%

Wprowadzanie danych – paliwa



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji



- Wybierz rodzaj spalanego paliwa podstawowego.
- Biomasa może być zaznaczona tylko łącznie z węglem kamiennym (współspalanie). Domyślny udział biomasy to 10% (wagowo).
- W przypadku spalania wyłącznie węgla kamiennego określ istnienie instalacji wychwyty CO₂.
- Określ potencjalne ograniczenia dostawy paliw i wprowadź ich roczne wartości.

Baza paliwowa

Używane paliwa

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Węgiel kamienny | ☐ | ☐ |
| Instalacja wychwyty CO ₂ | ☐ | ☐ |
| Biomasa | ☐ | ☐ |
| Gaz wielkopiecowy | ☐ | ☐ |
| Gaz koksowniczy | ☐ | ☐ |
| Gaz ziemny | ☒ | ☐ |

Ograniczenie dostawy

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| <input type="text"/> | [t/rok] |
| <input type="text"/> | [t/rok] |
| <input type="text"/> | [m ³ /rok] |
| <input type="text"/> | [m ³ /rok] |
| <input type="text"/> | [m ³ /rok] |

Wstecz

Zapisz

Dalej

Krok 1 Krok 2 Krok 3 **Krok 4** Krok 5 Krok 6 Krok 7 100%

Jesteś zalogowany jako: test@test.pl

© Instytut Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej

Wprowadzanie danych – woda przemysłowa



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji



- Wprowadź informację dotyczącą ograniczenia dostaw wody przemysłowej.
- W przypadku braku ograniczenia dostaw należy zaznaczyć pole wyboru oraz wpisać w polu ograniczenie dostawy wartość 0.

Woda przemysłowa

Bez limitu ☒ ?

Ograniczenie dostawy ? [t/h]

Wstecz

Zapisz

Dalej

Krok 1 Krok 2 Krok 3 Krok 4 **Krok 5** Krok 6 Krok 7 100%

Wprowadzanie danych – parametry makroekonomiczne



Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji



- Wprowadź wartości wskaźników opisujących otoczenie ekonomiczne inwestycji (żadne pole nie może zostać puste).

Otoczenie ekonomiczne - wskaźniki

Koszt kapitału własnego ? [-]

Koszt kapitału obcego ? [-]

Udział kapitału obcego ? [-]

Okres spłaty kapitału obcego ? [lat]

Stopa reinwestycji FCFE ? [-]

Stopa reinwestycji FCFF ? [-]

Roczna stopa amortyzacji ? [-]

Stopa podatku dochodowego ? [-]

Wstecz

Zapisz

Dalej

Krok 1 Krok 2 Krok 3 Krok 4 Krok 5 **Krok 6** Krok 7 100%

Wprowadzanie danych – ceny i koszty jednostkowe



Oplata za emisję SO ₂ PLN/Mg	500.7	514.72	529.14	543.42	557.55	572.05	586.35	600.42	614.83	629.59
Oplata za emisję NO _x PLN/Mg	500.7	514.72	529.14	543.42	557.55	572.05	586.35	600.42	614.83	629.59
Cena kamienia wapiennego PLN/Mg	104.04	106.1208	108.243216	110.40808032	112.6162419264	114.86856676492	117.16593810022	119.50925686223	121.89944199947	124.33743083946
Cena wody przemysłowej PLN/Mg	2.2	2.255	2.311375	2.369159375	2.428388359375	2.4890980683593	2.5513255200683	2.6151086580706	2.6804863745216	2.7474985338848
Cena wody amoniakalnej PLN/Mg	520.2	530.604	541.21608	552.0404016	563.081209632	574.34283382464	585.82969050113	597.54628431115	609.49720999731	621.68715419732
Cena sorbentu MEA PLN/Mg	98.29	101.04	103.87	106.68	109.45	112.3	115.1	117.9775	120.9269375	123.9501109375
Cena ciepła PLN/MWh	10	10.25	10.50625	10.76890625	11.03	11.3	11.5	11.7	12.0	12.3
Oplata za emisję CO ₂ PLN/Mg	0.2715927165	0.279197312562	0.2870148373137	0.2950512527584	0.303	0.311	0.319	0.327	0.335	0.343
Koszt transportu biomasy PLN/Mg	5	5.125	5.253125	5.384453125	5.519	5.654	5.789	5.924	6.059	6.194
Koszt transportu węgla PLN/Mg	7.6236552	7.83	8.04924	8.27461872	8.48	8.69	8.9	9.11	9.32	9.53
Koszt zagospodarowania odpadów paleniskowych PLN/Mg	20.86	21.44	22.04	22.63	23.22	23.83	24.42	25.01	25.61	26.22
Oplata za emisję pyłu PLN/Mg	326.55	335.69	345.09	354.41	363.62	373.08	382.4	391.58	400.98	410.6
Cena gipsu PLN/Mg	2.6	2.665	2.731625	2.799915625	2.869913515625	2.9416613515625	3.0152028873531	3.0905829595373	3.1678475335257	3.2470437218639
Wynagrodzenie z pochodnymi PLN/os.m-c	8000	8200	8405	8615.125	8830.503125	9051.26578125	9277.547345703	9509.486029345	9747.223180079	9990.903759581

Uruchomienie obliczeń:

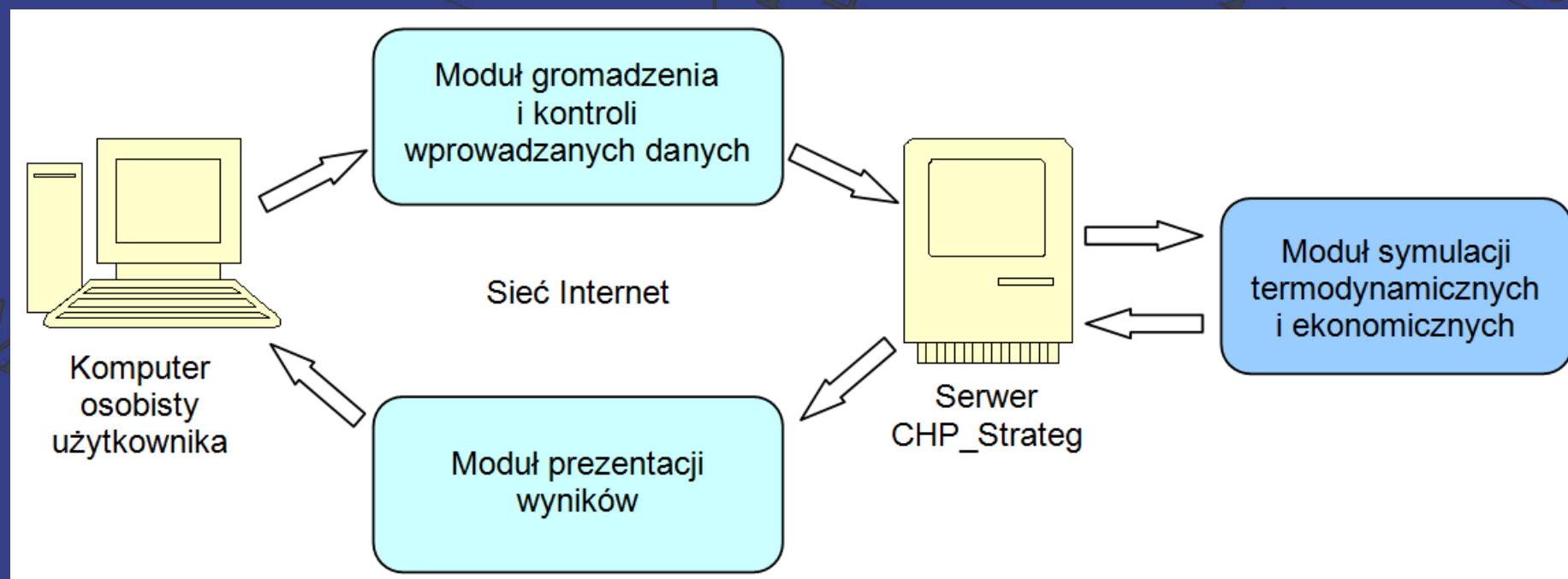
- modele symulacyjne
- system ekspercki
- analiza ekonomiczna

Wstecz

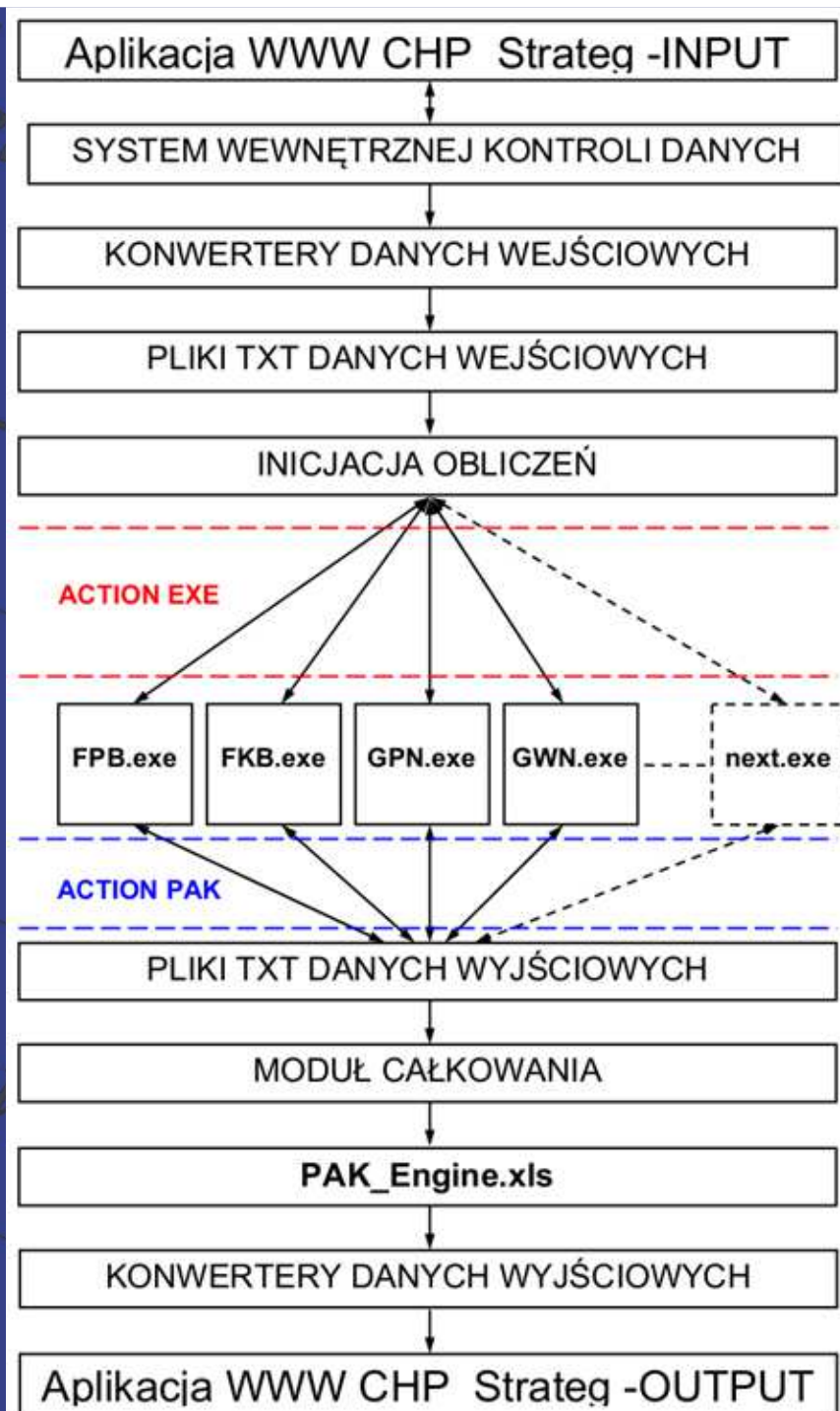
Zapisz i uruchom obliczenia

Krok 1 Krok 2 Krok 3 Krok 4 Krok 5 Krok 6 Krok 7 100%

Ideowy schemat działania aplikacji *CHP_Strateg* w sieci Internet



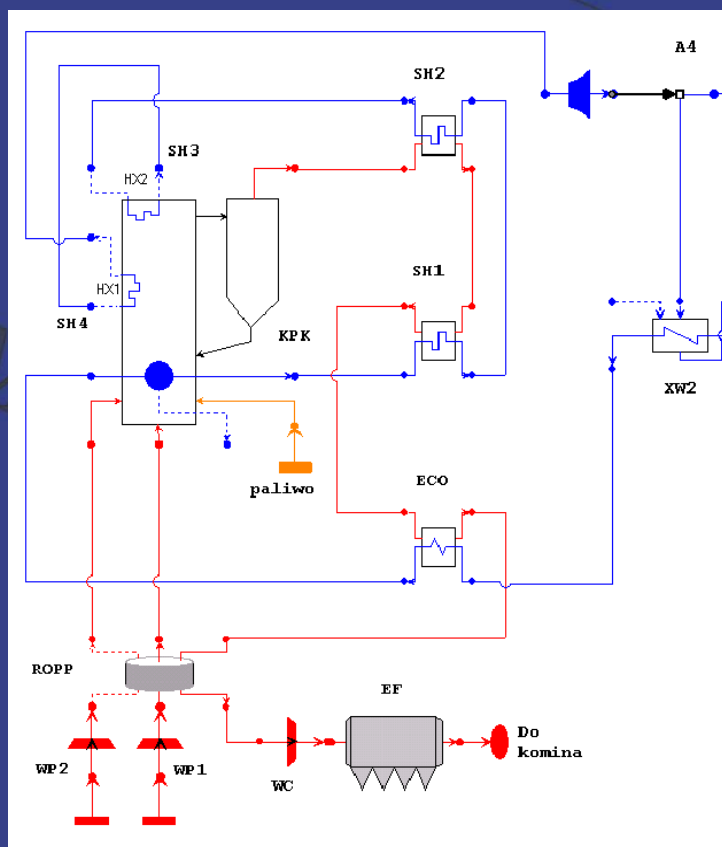
Schemat procesu przekazywania danych w systemie CHP_Strateg



Modelowanie symulacji

- modele oparte o sieci neuronowe

Zestawy danych uczących opracowane

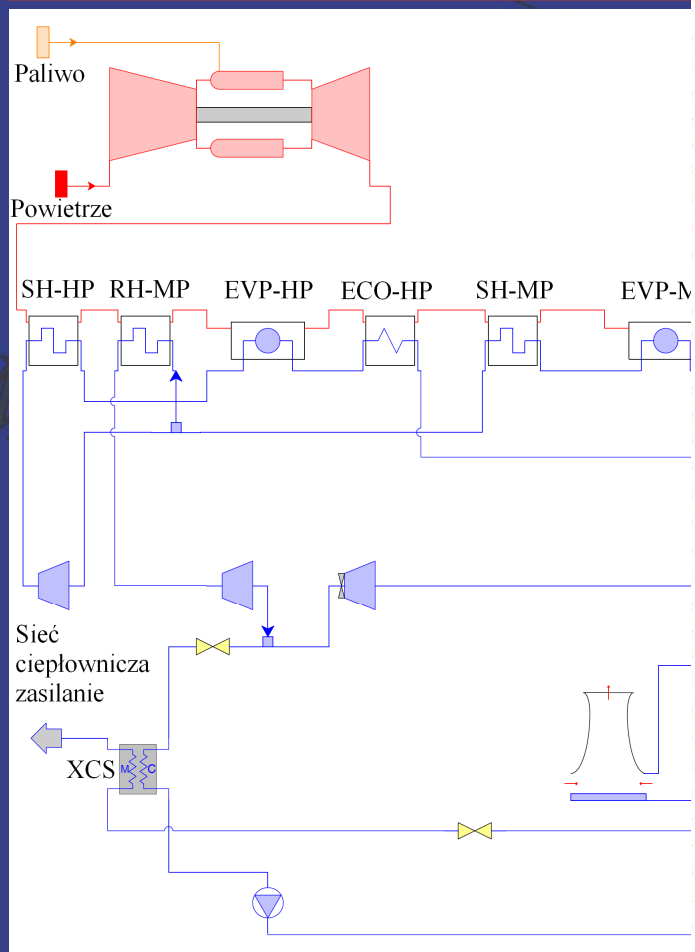


Model fizyczny EC parowej
z kotłem fluidalnym

General 1								
Stream No.	Fluid	P	T	H	M / Mgas	Mash	Hasme	Quality
		bar	C	kJ/kg	kg/s	kg/s	kJ/kg	
1 - Feedwater outlet of Deaerator[1]	Water	3,447	124	-2026,7	57,25		520,8	Subcooled
3 - Feedwater outlet of Feedwater Heater[3] - XR2	Water	145,8	196,4	-1705,2	57,25		842,3	Subcooled
4 - Drain of Feedwater Heater[3] - XR2	Water	15,55	169	-1832	3,88		715,4	Subcooled
5 - Feedwater outlet of Feedwater Heater[4] - XR1	Water	148,7	162	-1854,6	57,25		692,9	Subcooled
6 - Drain of Feedwater Heater[4] - XR1	Water	7,453	134,4	-1981,8	7,408		565,7	Subcooled
7 - Water outlet of Economiser[2]	Water	142,9	318,3	-1099,8	57,39		1447,7	Subcooled
9 - Heated fluid outlet of Heater(steam fed)[8] - WSz	Water	5,15	104	-2111,2	1000		436,3	Subcooled
10 - Condensate of Heater(steam fed)[8] - WSz	Water	1,636	114	-2069,2	24,24		478,3	0
11 - Heated fluid outlet of Heater(steam fed)[9] - WP	Water	5,15	92	-2161,7	1000		385,8	Subcooled
12 - Condensate of Heater(steam fed)[9] - WP	Water	1,088	102	-2119,9	24,19		427,6	0
13 - Outlet of Makeup/Blowdown[10]	Water	145,8	195,9	-1707,1	57,39		840,4	Subcooled
14 - Outlet of Mixer[11]	Water	3,447	108,1	-2094,2	48,43		453,3	Subcooled
15 - No. 2 outlet of Splitter[13]	Water	15,55	249,7	372,7	53,37		2920,2	Superheated
16 - No. 3 outlet of Splitter[13]	Water	15,55	249,7	372,7	3,88		2920,2	Superheated
17 - No. 2 outlet of Splitter[14]	Water	7,453	177,5	239,4	49,84		2786,9	Superheated
18 - No. 3 outlet of Splitter[14]	Water	7,453	177,5	239,4	3,528		2786,9	Superheated
19 - No. 2 outlet of Splitter[15]	Water	2,25	124	59,14	48,43		2606,6	0,9521
20 - No. 3 outlet of Splitter[15]	Water	2,25	124	59,14	1,408		2606,6	0,9521
23 - No. 2 outlet of Splitter[17]	Water	1,636	114	16,03	24,19		2563,5	0,9398
24 - No. 3 outlet of Splitter[17]	Water	1,636	114	16,03	24,24		2563,5	0,9398
25 - Exit of Steam Turbine[18]	Water	15,55	249,7	372,7	57,25		2920,2	Superheated
26 - Exit of Steam Turbine[19]	Water	7,453	177,5	239,4	53,37		2786,9	Superheated
27 - Exit of Steam Turbine[20]	Water	2,25	124	59,14	49,84		2606,6	0,9521
28 - Exit of Steam Turbine[21]	Water	1,636	114	16,03	48,43		2563,5	0,9398
30 - Exit of Steam Turbine[23]	Water	1,088	102	-36,49	24,19		2511	0,9254
33 - Outlet of Water Pump[25]	Water	151,7	127,4	-2001,6	57,25		545,9	Subcooled
34 - Outlet of Water Pump[26]	Water	3,447	114	-2068,9	24,24		478,6	Subcooled
35 - Outlet of Water Pump[27]	Water	3,447	102,1	-2119,5	24,19		428	Subcooled
36 - Outlet of Water/Steam Source[28]	Water	5,15	80	-2212,1	1000		335,4	Subcooled
37 - Steam outlet of Furnace w/Pulverizer[24]	Water	142,9	338,3	86,67	57,25		2634,2	1
38 - Superheater outlet of Furnace w/Pulverizer[24]	Water	138,7	480	721,7	57,25		3269	Superheated
43 - Outlet of Mixer[39]	Water	5	120	-2043,5	1000		504	Subcooled
47 - No. 1 outlet of Splitter[41]	Water	5,15	104	-2111,2	1000		436,3	Subcooled
48 - Outlet of Mixer[35]	Water	5,15	104	-2111,2	1000		436,3	Subcooled
49 - No. 2 outlet of Splitter[36]	Water	5,15	92	-2161,7	0		385,8	Subcooled
50 - No. 3 outlet of Splitter[36]	Water	5,15	92	-2161,7	1000		385,8	Subcooled
51 - Outlet of Valve[37]	Water	5,15	92	-2161,7	1000		385,8	Subcooled
52 - Outlet of Valve[38]	Water	5,15	92	-2161,7	0		385,8	Subcooled
53 - No. 2 outlet of Splitter[41]	Water	5,15	104	-2111,2	0		436,3	Subcooled
55 - Steam outlet of Superheater[42]	Water	136	540	888,7	57,25		3436	Superheated
57 - Steam outlet of Superheater[43]	Water	140,1	410	495,7	57,25		3043	Superheated
59 - Steam outlet of Thermo Boiler[44]	Water	5	120	-2043,5	1000		504	Subcooled
60 - Outlet of Valve[45]	Water	5	104	-2111,2	0		436,3	Subcooled
61 - Outlet of Valve[46]	Water	5,15	104	-2111,2	1000		436,3	Subcooled
29 - Outlet of Fuel Source[16]	Fuel (S)	1,013	25	23432	9,956	0,9956		
31 - No. 1 outlet of Splitter[22]	Fuel (S)	1,013	25	23432	6,801	0,6801		
62 - No. 2 outlet of Splitter[22]	Fuel (S)	1,013	25	23432	3,154	0,3154		
2 - Gas outlet of Economiser[2]	Gas/Air	1,005	359,7	359,8	70,91	0,5441		
8 - Outlet of Fan[5]	Gas/Air	1,013	132,1	111,6	77,35	0,5441		
21 - Outlet of Fan[6]	Gas/Air	1,033	21,97	-3,075	56,3	0		
22 - Outlet of Fan[7]	Gas/Air	1,038	22,55	-2,491	10,1	0		
32 - Flue gas of Furnace w/Pulverizer[24]	Gas/Air	1,013	1139,3	1316,3	70,91	0,5441		
39 - Outlet of Gas/Air Source[31]	Gas/Air	1,013	-10	-35,32	4,817	0		
40 - Outlet of Gas/Air Source[32]	Gas/Air	1,013	20	-5,077	56,3	0		
41 - Outlet of Gas/Air Source[33]	Gas/Air	1,013	20	-5,077	10,1	0		

Modelowanie symulacyjne - modele oparte o sieci neuronowe

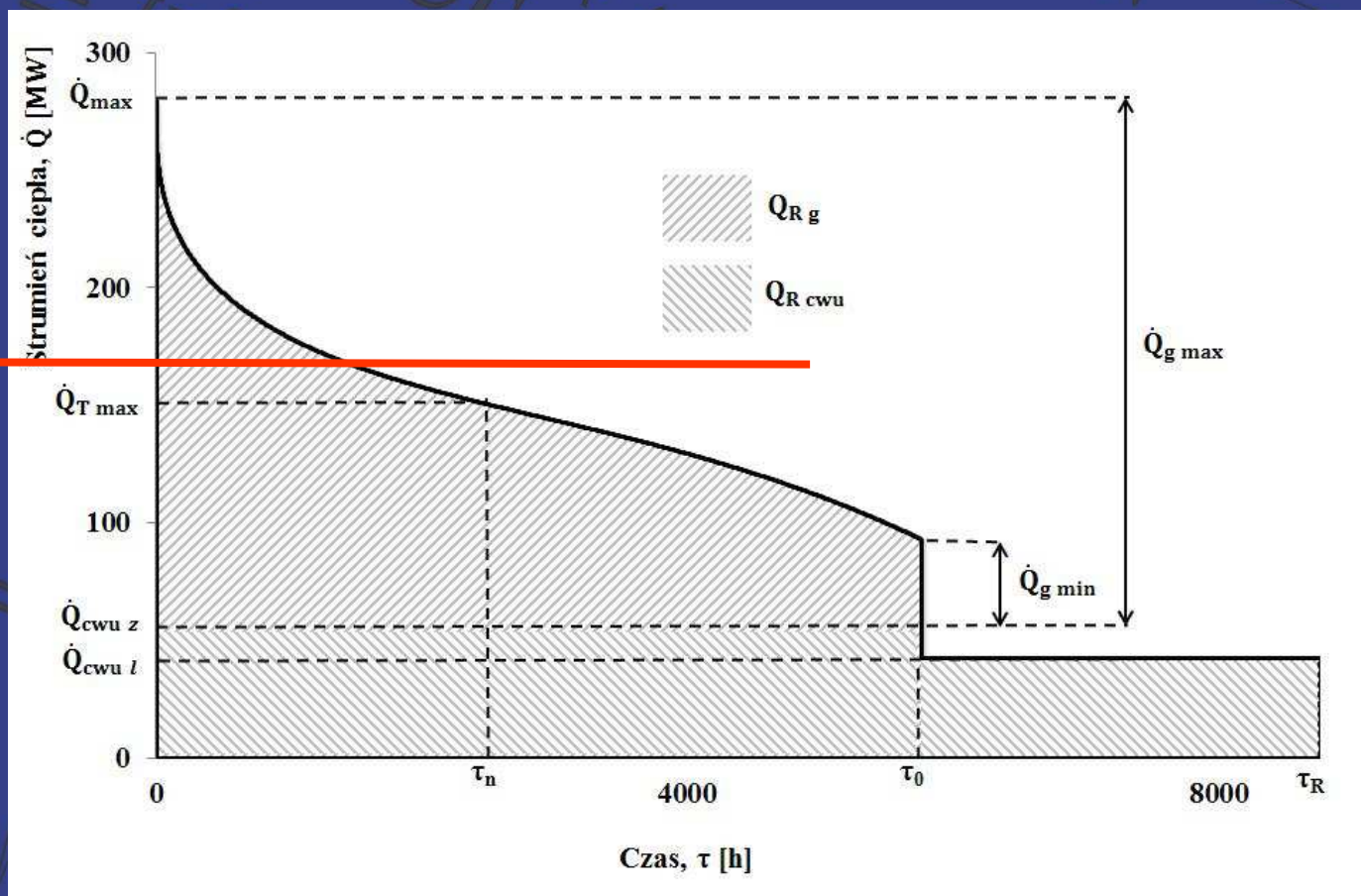
Zestawy danych uczących oparte o



Model fizyczny EC gazowo-parowy

Stream No.	Fluid	P bar	T C	M kg/s	H* kJ/kg	H kJ/kg
1 - Outlet of Fuel Source[3]	Fuel	25	25	11	49052,34	
2 - Cool CW outlet of Cooling Towers(various)[2]	Water	1,0132	15,79	371,3	-2481,18	66,31
3 - Feedwater outlet of Deaerator[5]	Water	4,82	140,08	73,27	-1957,94	589,54
4 - Outlet of Gas/Air Source[42]	Gas/Air	1,0132	-20	494,5	-45,4	
5 - Exhaust of Gas Turbine(GT PRO)[1]	Gas/Air	1,063	590,72	505,5	623,61	
6 - Outlet B of General HX[34]	Water	8	79,14	865	-2215,54	331,94
7 - Outlet of Valve[15]	Water	2,322	197,32	63,71	316,31	2863,8
8 - Gas outlet of Economiser[8]	Gas/Air	1,0503	300,47	505,5	294,07	
9 - Water outlet of Economiser[8]	Water	127,54	324,37	54,31	-1060,52	1486,97
10 - Gas outlet of Economiser[9]	Gas/Air	1,0404	190,75	505,5	175,22	
11 - Discharge of Water Pump[40]	Water	3,623	140,08	1,904	-1957,94	589,54
12 - Outlet of Water/Steam Source[35]	Water	8,16	65	865	-2274,75	272,73
13 - Water outlet of Economiser[10]	Water	4,82	141,27	7,67	-1952,85	594,64
14 - Outlet A of General HX[34]	Gas/Air	1,0126	80,02	505,5	57,75	
15 - Gas outlet of Economiser[10]	Gas/Air	1,0329	176,61	505,5	160,1	
16 - Gas outlet of Evaporator[12]	Gas/Air	1,0528	349,38	505,5	348,01	
17 - Steam outlet of Evaporator[12]	Water	127,54	329,38	53,77	121,16	2668,65
18 - Gas outlet of Evaporator[13]	Gas/Air	1,0429	240,11	505,5	228,34	
19 - Steam outlet of Evaporator[13]	Water	28,01	230,08	16,89	255,53	2803,02
20 - Gas outlet of Evaporator[14]	Gas/Air	1,0354	183,24	505,5	167,18	
21 - Outlet of Mixer[20]	Water	4,82	126,82	71,38	-2014,57	532,91
22 - Outlet 3 of Splitter[23]	Water	2,322	197,32	63,71	316,31	2863,8
23 - Heating steam condensate outlet of Heater(steam fed)[4]	Water	2,322	125,01	63,71	-2022,43	525,06
24 - Outlet of Valve[7]	Water	8	79,14	865	-2215,54	331,94
25 - Outlet of Steam Turbine[27]	Water	0,0491	32,55	6,944	-211,14	2336,35
26 - Discharge of Water Pump[18]	Water	4,912	31	7,67	-2417,2	130,28
27 - Outlet of Mixer[19]	Water	27,47	298,53	70,66	451,01	2993,5
28 - Steam outlet of Evaporator[14]	Water	3,623	140,07	1,885	186,06	2733,55
29 - Discharge of Water Pump[36]	Water	28,57	140,68	71,36	-1953,84	593,65
30 - Water outlet of Economiser[9]	Water	28,01	225,23	71,36	-1579,48	968,01
31 - Outlet 2 of Splitter[22]	Water	4,82	140,08	71,36	-1957,94	589,54
32 - Outlet 3 of Splitter[22]	Water	4,82	140,08	1,904	-1957,94	589,54
33 - Outlet 1 of Splitter[23]	Water	2,322	197,32	6,944	316,31	2863,8
34 - Main fluid outlet of Heater(steam fed)[4]	Water	8	120,01	865	-2043,28	504,21
38 - Outlet of Steam Turbine[25]	Water	27,47	307,8	53,77	473,9	3021,39
39 - Outlet of Steam Turbine[26]	Water	2,322	197,32	70,66	316,31	2863,8
42 - Gas outlet of Superheater[29]	Gas/Air	1,06	521,43	505,5	542,88	
43 - Steam outlet of Superheater[29]	Water	125,04	529,93	53,77	876,37	3423,86
44 - Gas outlet of Superheater[30]	Gas/Air	1,0478	296,72	505,5	289,96	
45 - Steam outlet of Superheater[30]	Water	27,47	270,25	16,89	378,14	2925,63
46 - Gas outlet of Superheater[31]	Gas/Air	1,0578	461,75	505,5	474,37	
47 - Steam outlet of Superheater[31]	Water	26,93	511,5	70,66	938,66	3486,15
48 - Condensate outlet of Water-cooled Condenser[32]	Water	0,0491	32,55	6,944	-2411,07	136,42
49 - Coolant outlet of Water-cooled Condenser[32]	Water	1,0132	25,63	371,3	-2440,01	107,48
51 - Outlet 2 of Splitter[21]	Water	28,01	225,23	17,06	-1579,48	968,01
52 - Outlet 1 of Splitter[21]	Water	28,01	225,23	54,31	-1579,48	968,01
53 - Discharge of Water Pump[38]	Water	4,82	125,07	63,71	-2022,01	525,48
54 - Outlet of Makeup/Blowdown[39]	Water	0,0491	30,92	7,67	-2418	129,49
55 - Discharge of Water Pump[37]	Water	130,1	228,9	54,31	-1560,06	987,42

Modelowanie symulacyjne dla potrzeb *CHP_Strateg* - optymalny wskaźnik udziału skojarzenia



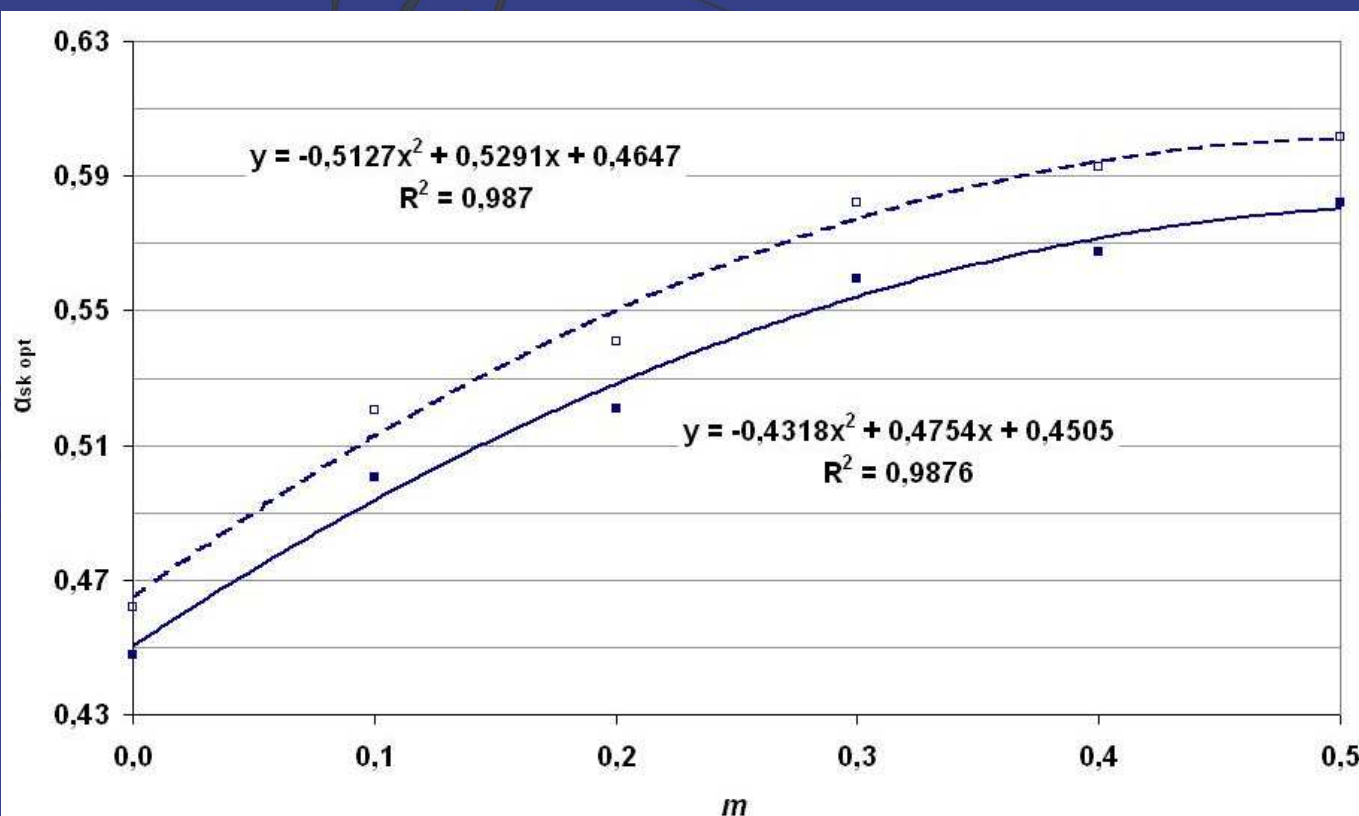
$$\alpha_{sk} = \frac{\dot{Q}_{sk\max}}{\dot{Q}_{\max}}$$

Modelowanie symulacyjne dla potrzeb *CHP_Strateg*

- optymalny wskaźnik udziału skojarzenia

Funkcja celu:

$$\varphi = \left(N_{el\ n\ sk} \tau_n + \int_{\tau_n}^{\tau_R} N_{el\ sk} d\tau \right) (k_{zel} + CC) + E_{el\ k\ R} k_{zel} + (-\Delta E_{ch\ pal} e_{CO_2}) k_{CO_2} + C_s - C_d - I_Z \rho_Z - I_T (\rho_T + \beta_T) - E_{ch\ w\ R} (1 + \delta_k) k_{ch\ w} \Rightarrow \max.$$

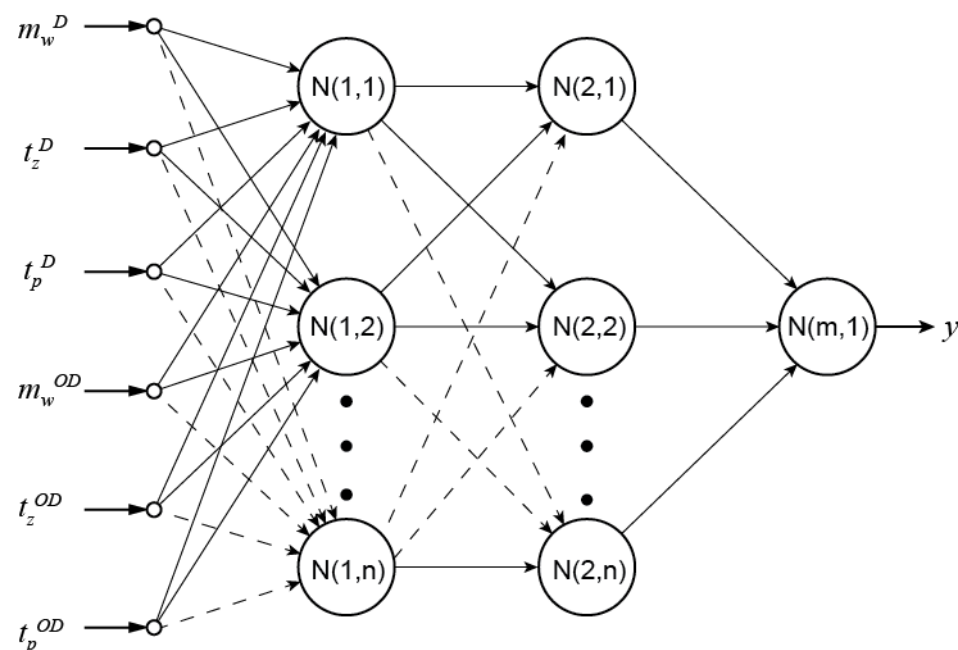


Modelowanie symulacyjne – sieci neuronowe

Ogólna struktura sztucznych sieci neuronowych

Parametry wejściowe

Parametry wyjściowe



Układy parowe

Układy gazowe

Układy gazowo-parowe

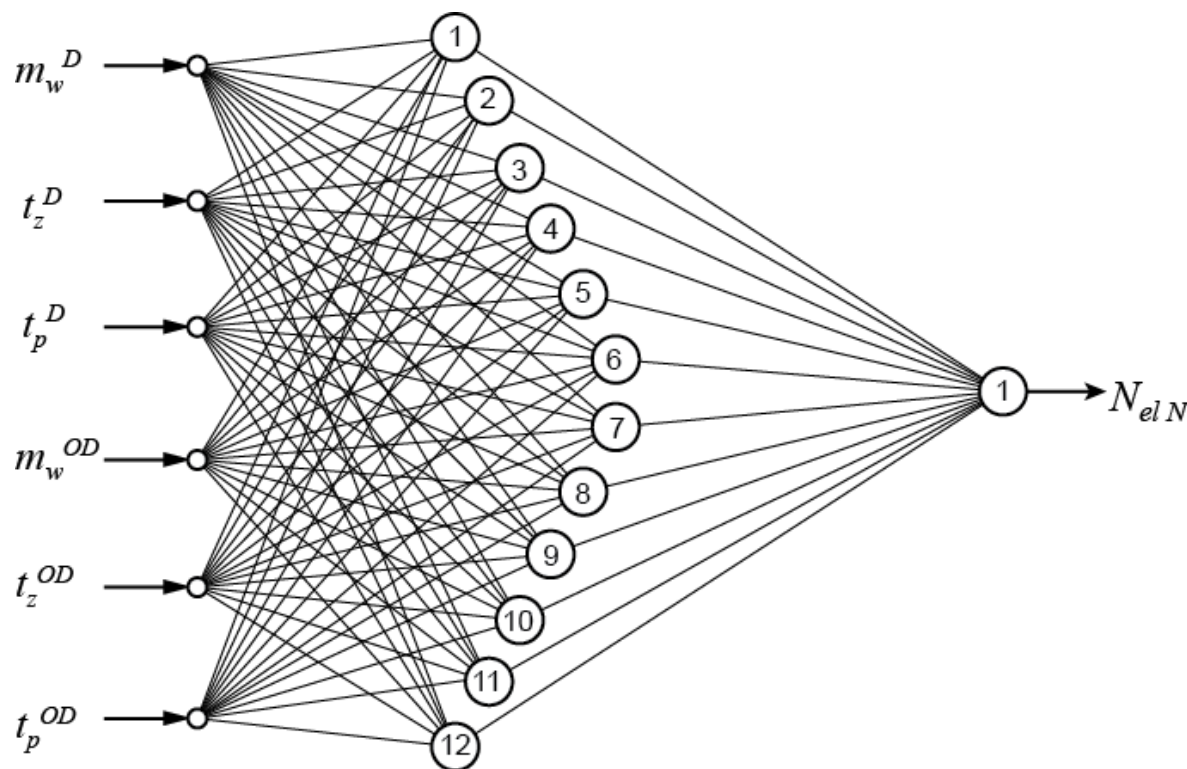


m-1 – liczba warstw ukrytych (1÷5)

n – liczba neuronów w warstwie (2÷24)

Sieci neuronowe

Układ parowy upustowo-kondensacyjny – moc elektryczna netto



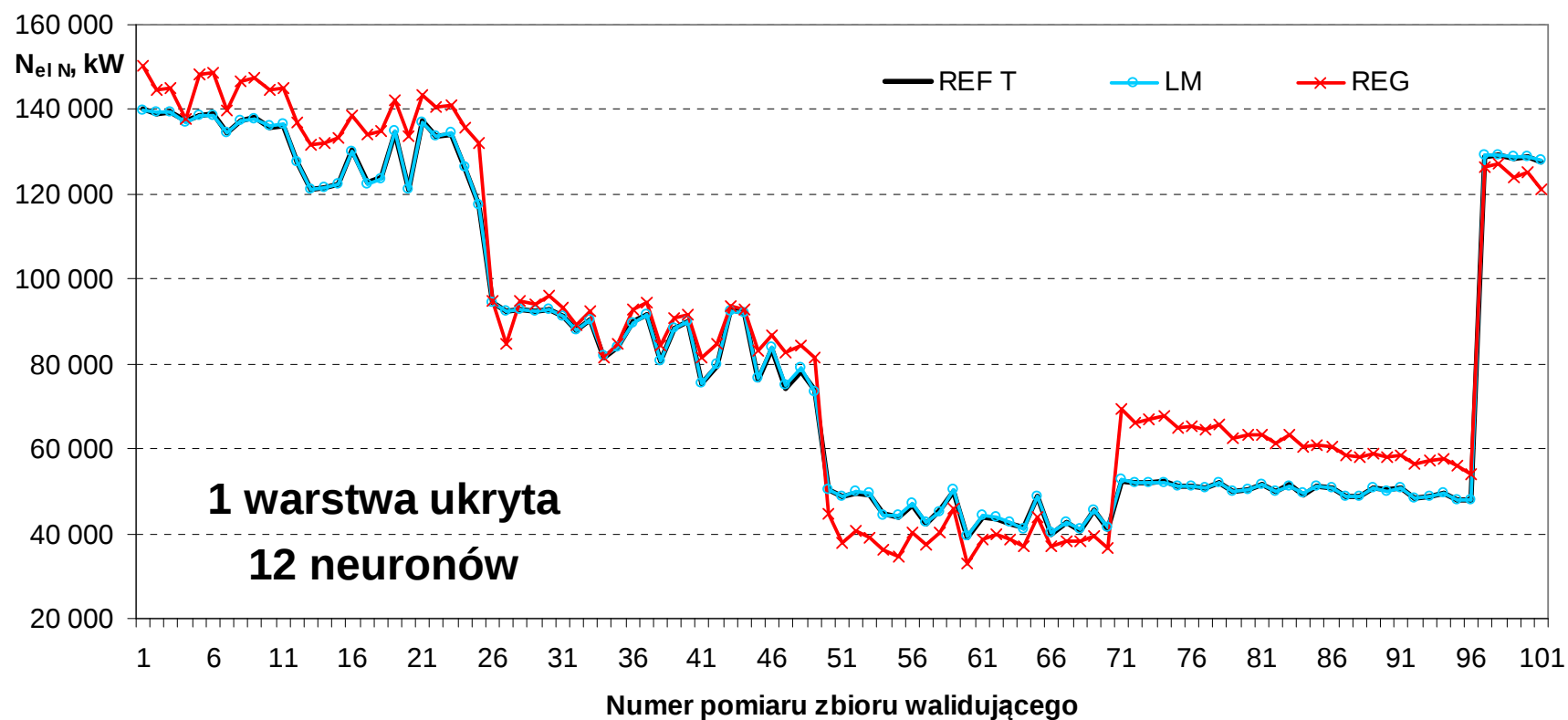
1 warstwa ukryta
12 neuronów

Uczenie sieci - algorytm Levenberga-Marquardta
Wykorzystane oprogramowanie: MATLAB - Neural Networks Toolbox v.6

Sieci neuronowe

Układ parowy upustowo-kondensacyjny – moc elektryczna netto

Porównanie predykcji modelu neuronowego (LM) i regresyjnego (REG)



Metodyka analizy ekonomicznej

- analiza w oparciu o zdyskontowany rachunek przepływów pieniężnych

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{NCF_t}{(1+r)^t}$$

$$\sum_{t=0}^N \frac{NCF_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

$$DPB \sum_{t=0}^N \frac{NCF_t}{(1+r)^t} = 0$$

➤ Metoda właścicielska (FCFE):

$$NCF'_t = O_t - I_t + P_t - W_t - F_t - R_t - T'_t$$

$$T'_t = p(P_t - W_t - A_t - F_t)$$

➤ Metoda klasyczna (FCFF):

$$NCF''_t = -I_t + P_t - W_t - T''_t$$

$$T''_t = p(P_t - W_t - A_t)$$

Dwa tryby analizy ekonomicznej:

- ✓ wskaźniki oceny analizowanych układów przy zadanej cenie ciepła

$$NPV = F(Cq_{2015})$$

$$IRR = F(Cq_{2015})$$

- ✓ cena ciepła z analizowanych układów przy zadanych wskaźnikach oceny

$$IRR = F(Cq_{2015}) = r + \delta$$

Wyniki obliczeń dostępne w *CHP_Strateg*



CHP_Strateg

Analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji

Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Poradnik

Zarządzanie użytkownikami

Nota prawna

Wyloguj



Wyniki analizy technicznej i ekonomicznej przedstawiono na rysunkach i w tabelach zamieszczonych poniżej. Aby obejrzeć szczegółowe wyniki dla wybranej technologii należy kliknąć odpowiednią zakładkę.

Wskaźniki oceny ekonomicznej dla analizowanych technologii wysokosprawnej kogeneracji.

Technologia	NPV_fcfe	NPV_fcff	MNPV_fcfe	MNPV_fcff	IRR_fcfe	IRR_fcff	MIRR_fcfe	MIRR_fcff	DPB_fcfe	DPB_fcff	SPB_fcfe	SPB_fcff	NPVR_fcfe	NPVR_fcff
	PLN	PLN	PLN	PLN	%	%	%	%	lata	lata	lata	lata	%	%
EC gazowo-parowa z trój-ciśnieniowym kotłem odzyskowym turbiną upustowo-kondensacyjnego na gaz ziemny	604 391 301	1 285 097 851	-223 482 009	441 365 158	14%	12%	9,1%	7,8%	14,7	13	9,4	8,6	30,05	63,89
EC gazowa ze spalinywym wymiennikiem na gaz ziemny	634 054 684	1 026 426 544	137 168 069	568 323 962	21,6%	17,2%	11,3%	9,2%	8,5	8,4	7,2	7,3	86,31	139,72

EC gazowo-parowa z trój-ciśnieniowym kotłem odzyskowym turbiną upustowo-kondensacyjnego na gaz ziemny

EC gazowa ze spalinywym wymiennikiem na gaz ziemny

Wyniki obliczeń termodynamicznych dla EC gazowo-parowej z trój-ciśnieniowym kotłem odzyskowym turbiną upustowo-kondensacyjnego na gaz ziemny

Parametr	Jednostka	Wartość
Produkcja energii elektrycznej netto	MWh/rok	2 378 422
Produkcja energii elektrycznej brutto	MWh/rok	2 424 423
Produkcja ciepła w skojarzeniu	GJ/rok	1 934 999



Wyniki obliczeń dostępne w *CHP_Strateg*



CHP_Strateg – analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji

Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Przykładowy dokument

Zarządzanie użytkownikami

Kolory do wyboru

Wyloguj



Wielkość	Jednostka	Wartość
Produkcja energii elektrycznej netto	MWh/rok	982 634
Produkcja energii elektrycznej brutto	MWh/rok	1 027 155
Produkcja ciepła	GJ/rok	2 457 562
Produkcja ciepła w kogeneracji	GJ/rok	1 795 737
Zużycie gazu ziemnego w kogeneracji	m ³ n/rok	220 602 864
Zużycie gazu ziemnego szczytowego	m ³ n/rok	21 856 240

Wyniki obliczeń dostępne w *CHP_Strateg*



CHP_Strateg – analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji

Wprowadź obliczenia

Przeglądaj obliczenia

Przykładowy dokument

Zarządzanie użytkownikami

Kolory do wyboru

Wyloguj



Wskaźnik	Jednostka	Wartość
NPV_fcfe	PLN	83 055 147
NPV_fcff	PLN	79 516 894
MNPV_fcfe	PLN	-106 149 849
MNPV_fcff	PLN	-244 658 038
IRR_fcfe	%	12,1%
IRR_fcff	%	10,3%
MIRR_fcfe	%	8,9%
MIRR_fcff	%	7,5%
DPB_fcfe	lata	20,7
DPB_fcff	lata	22,4
SPB_fcfe	lata	11,6
SPB_fcff	lata	10,5
NPVR_fcfe	%	11,80
NPVR_fcff	%	11,30

Wyniki obliczeń dostępne w *CHP_Strateg*



CHP_Strateg – analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji

Wprowadź obliczenia

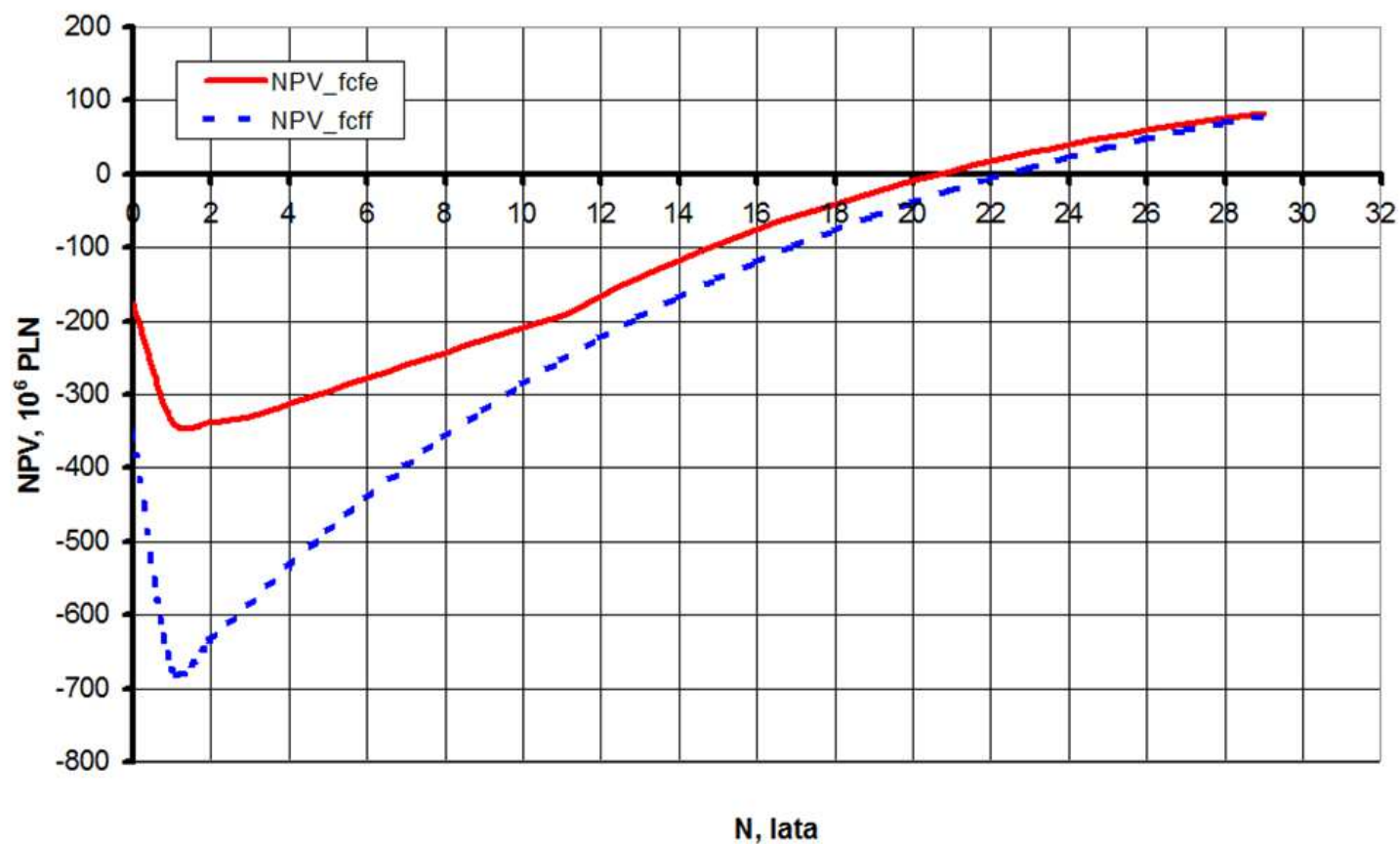
Przeglądaj obliczenia

Przykładowy dokument

Zarządzanie użytkownikami

Kolory do wyboru

Wyloguj

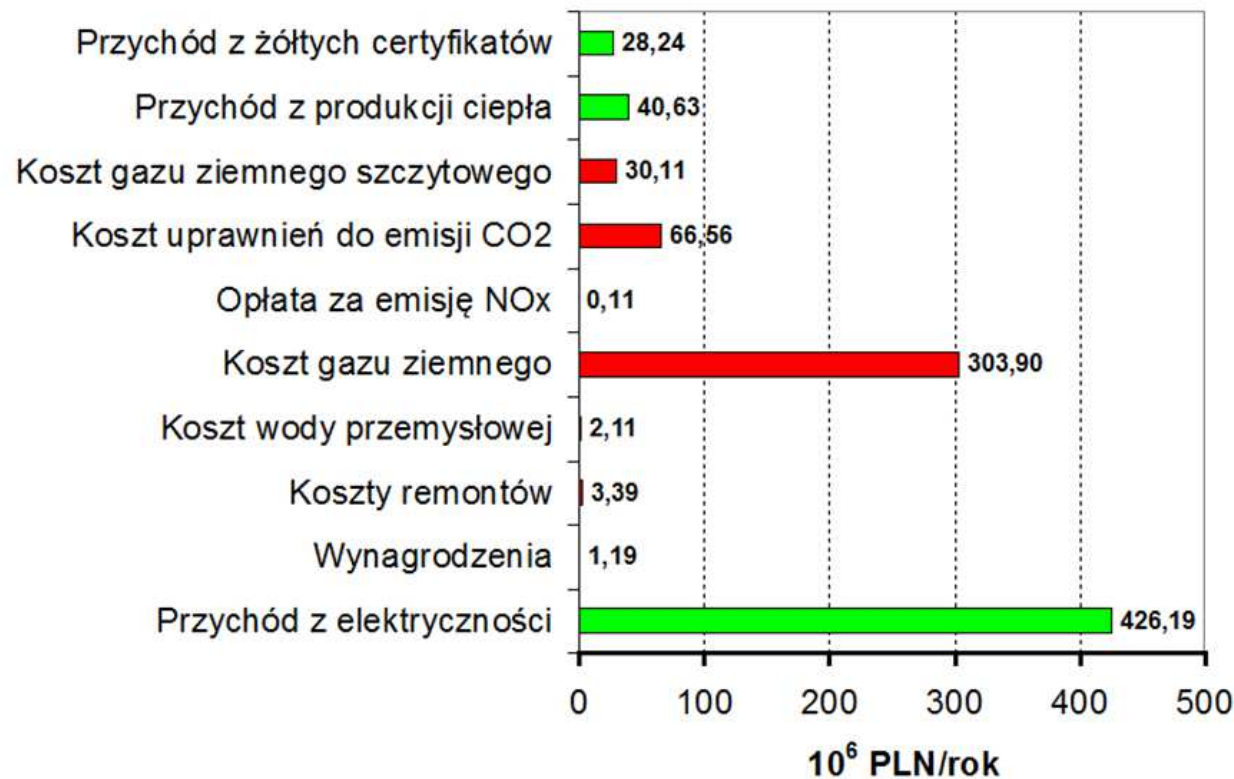


Wyniki obliczeń dostępne w *CHP_Strateg*



CHP_Strateg – analiza i wybór technologii dla wysokosprawnej kogeneracji

- Wprowadź obliczenia
- Przeglądaj obliczenia
- Przykładowy dokument
- Zarządzanie użytkownikami
- Kolory do wyboru
- Wyloguj



Rozwiązania informatyczne aplikacji *CHP_Strateg*:

- ✓ dostęp przez internet do zdalnego serwera
- ✓ aplikacja do indywidualnego instalowania (w przygotowaniu)

Udostępnianie programu wraz z dokumentacją techniczną oraz odrębnym „*Poradnikiem inwestora i projektanta układów wysokosprawnej dużej kogeneracji*”.

Przewidywany termin udostępnienia – druga połowa 2013

Dziękuję za uwagę

marcin.liszka@polsl.pl