



Politechnika Wroclawska

**Analiza termo-ekonomiczna
systemu ORC
współpracującego z turbiną
kondensacyjną**

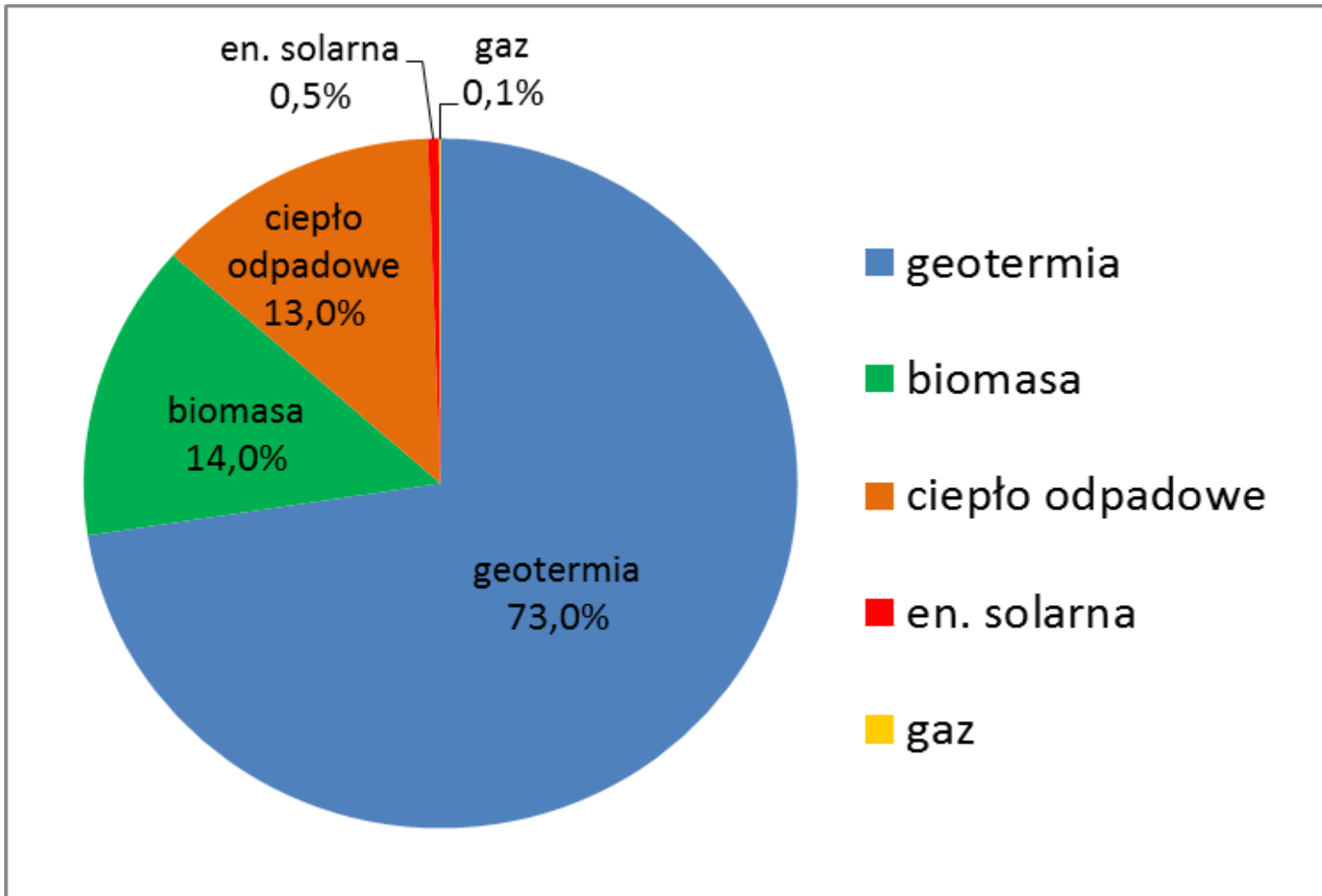
dr inż. Wojciech Mazurek

Wydział Inżynierii Środowiska

Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i
Ochrony Powietrza



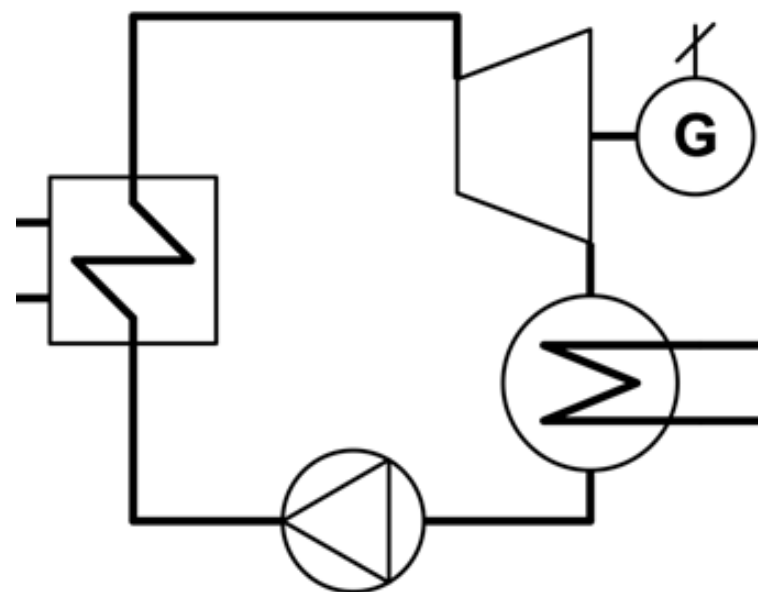
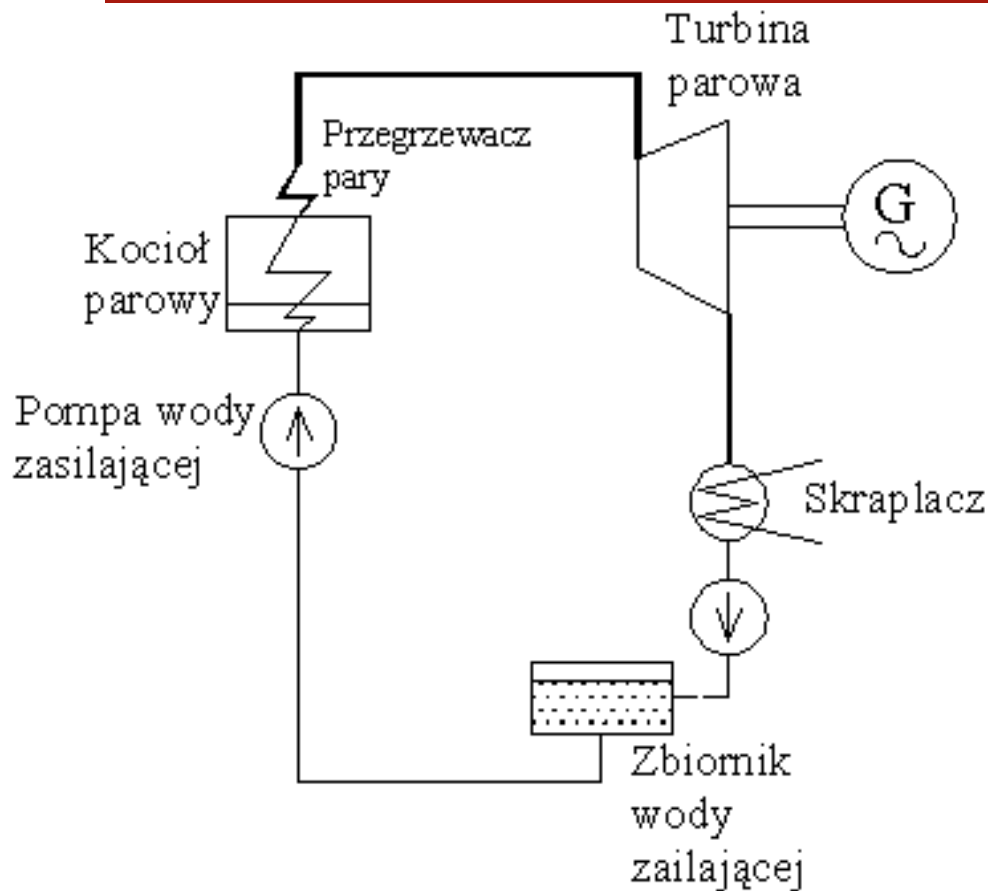
Procentowy udział poszczególnych źródeł ciepła w produkcji energii elektrycznej wytwarzanej przez ORC





Elektrownia parowa

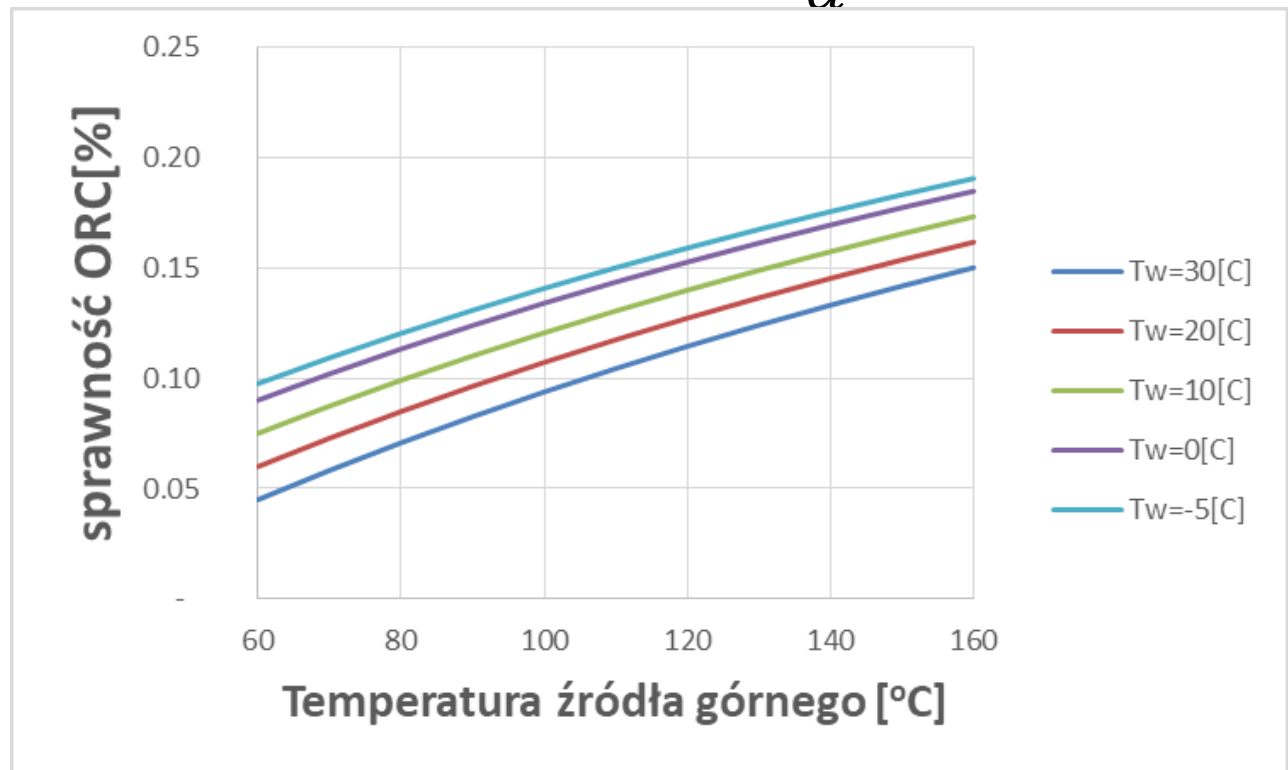
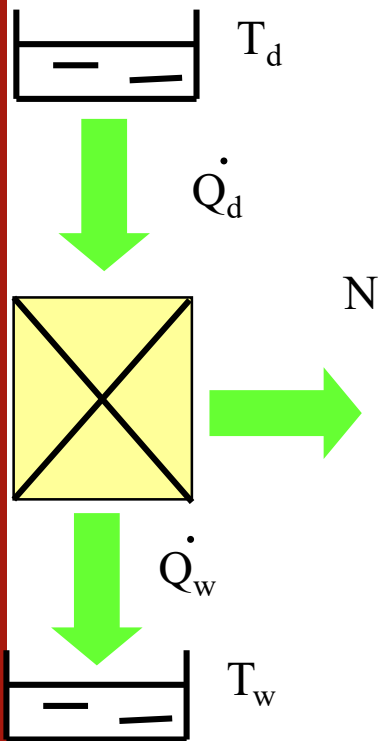
ORC





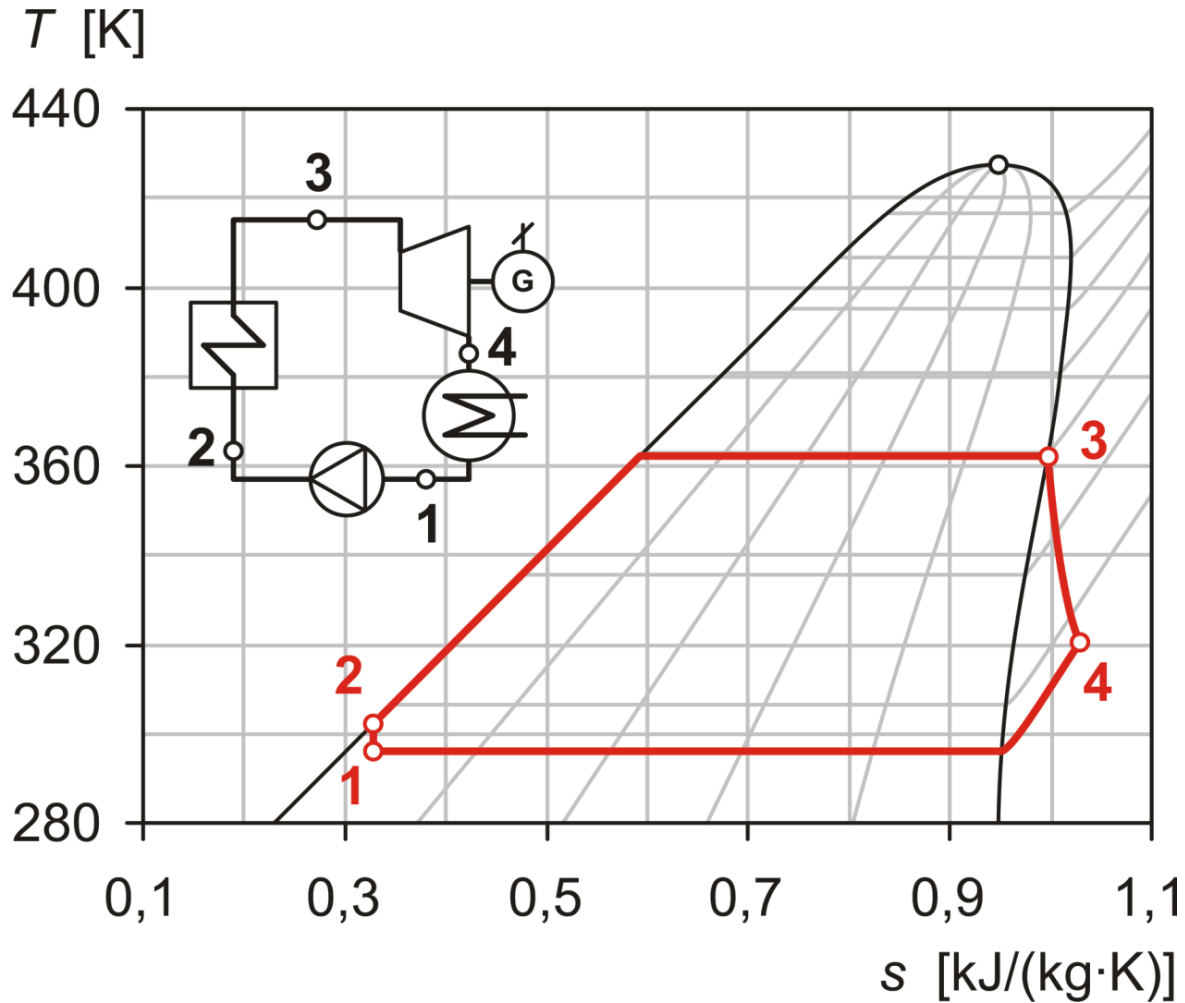
Silniki cieplne

$$\eta_{\max} = \eta_c = 1 - \frac{T_w}{T_d}$$



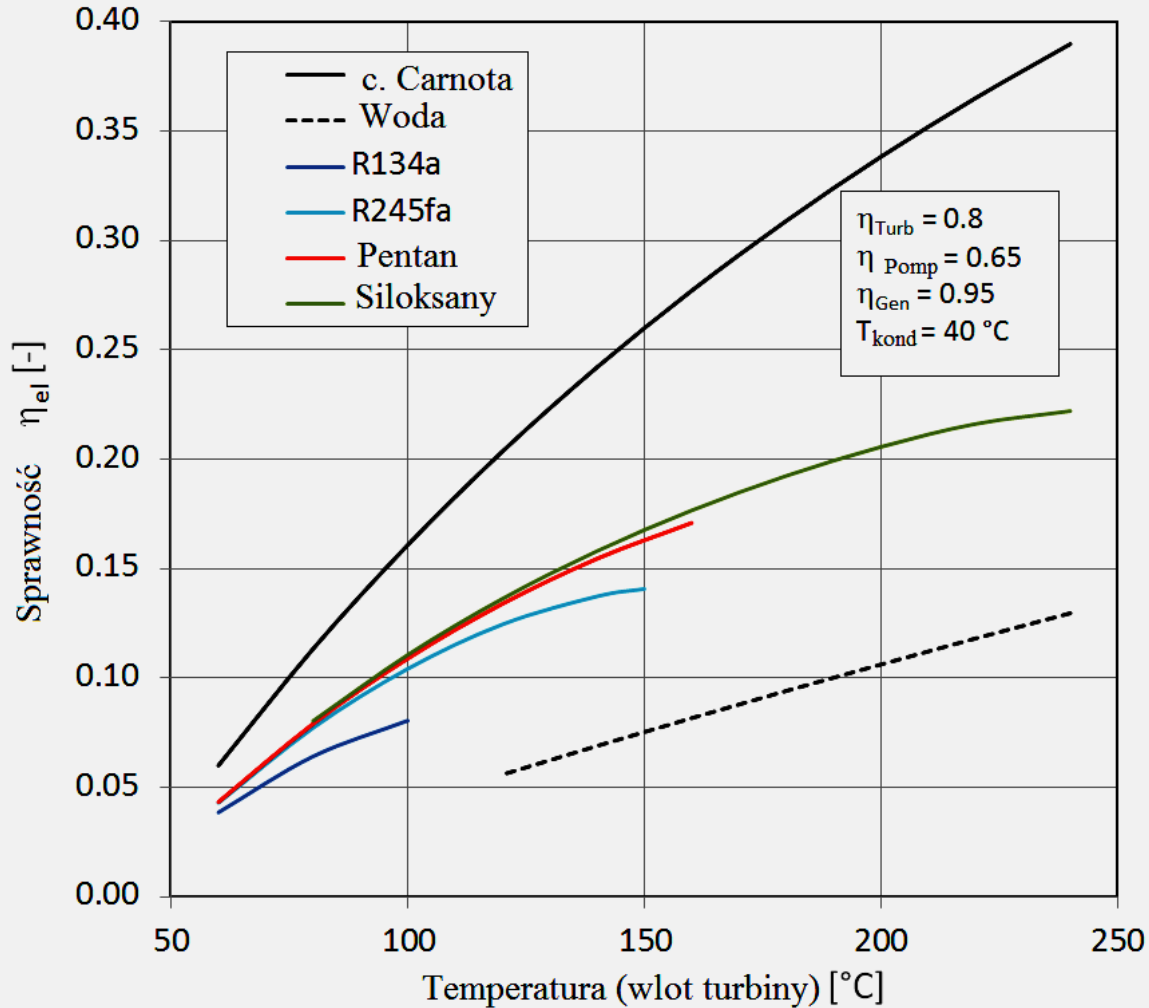


ZASADA DZIAŁANIA ORC



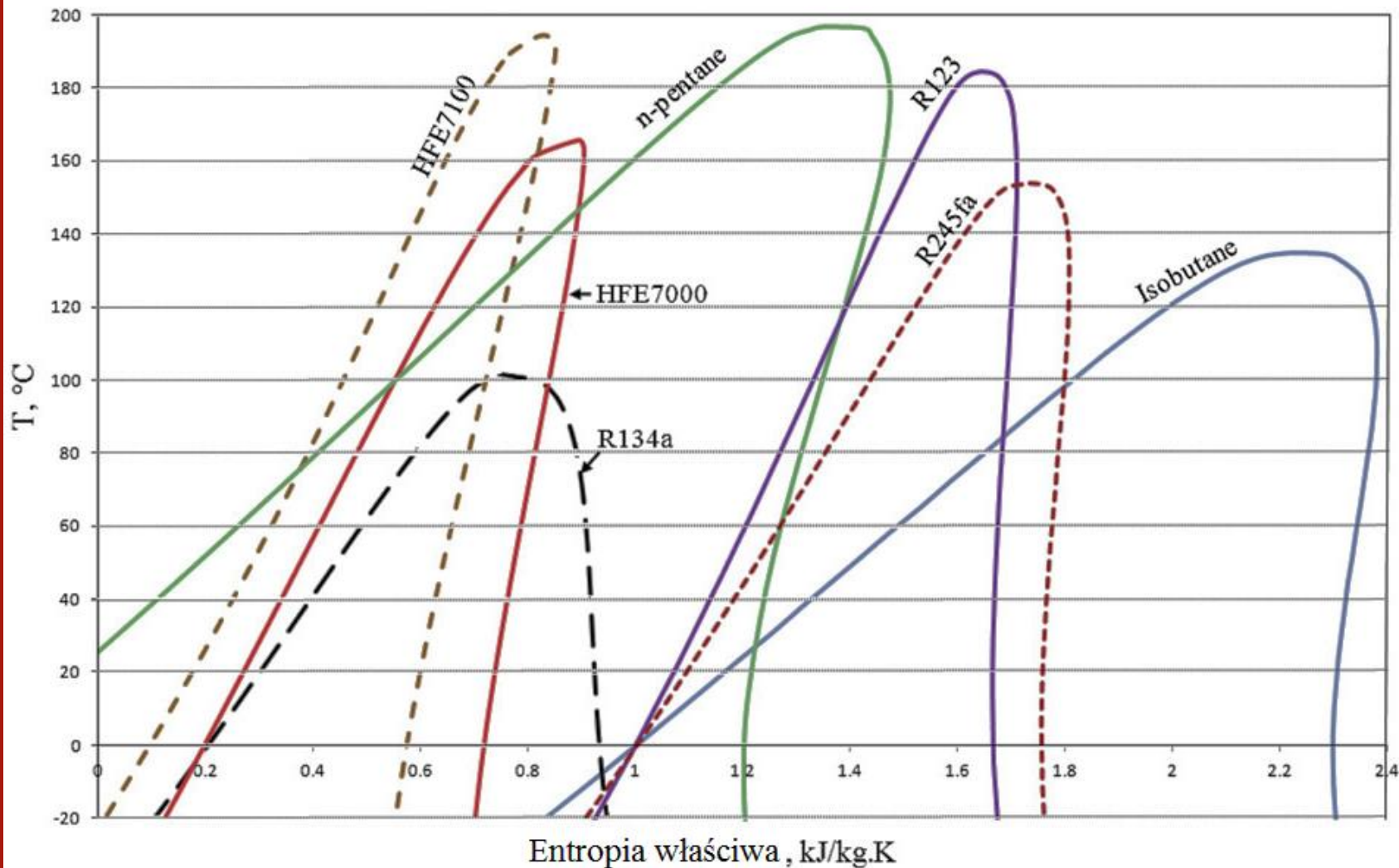


CZYNNIKI ROBOCZE W ORC





Podział czynników roboczych na: mokre, suche i izentropowe





ROZPRĘŻARKI STOSOWANE W ORC

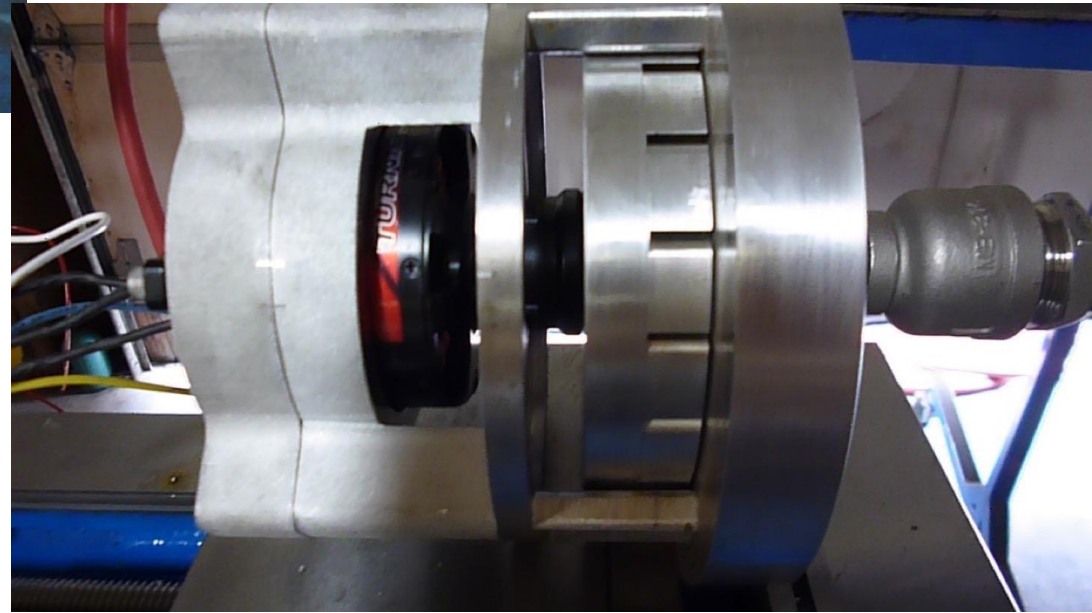
maszyny ekspansyjne:

-turbiny, stosowane głównie przy większych mocach, kiedy prędkość obrotowa $n > 5000$ obr/min;

-maszyny objętościowe (tłokowe, łopatkowe, śrubowe), stosowane dla mniejszych mocy rzędu kilku do kilkunastu kilowatów, przy prędkościach obrotowych $n < 5000$ obr/min.



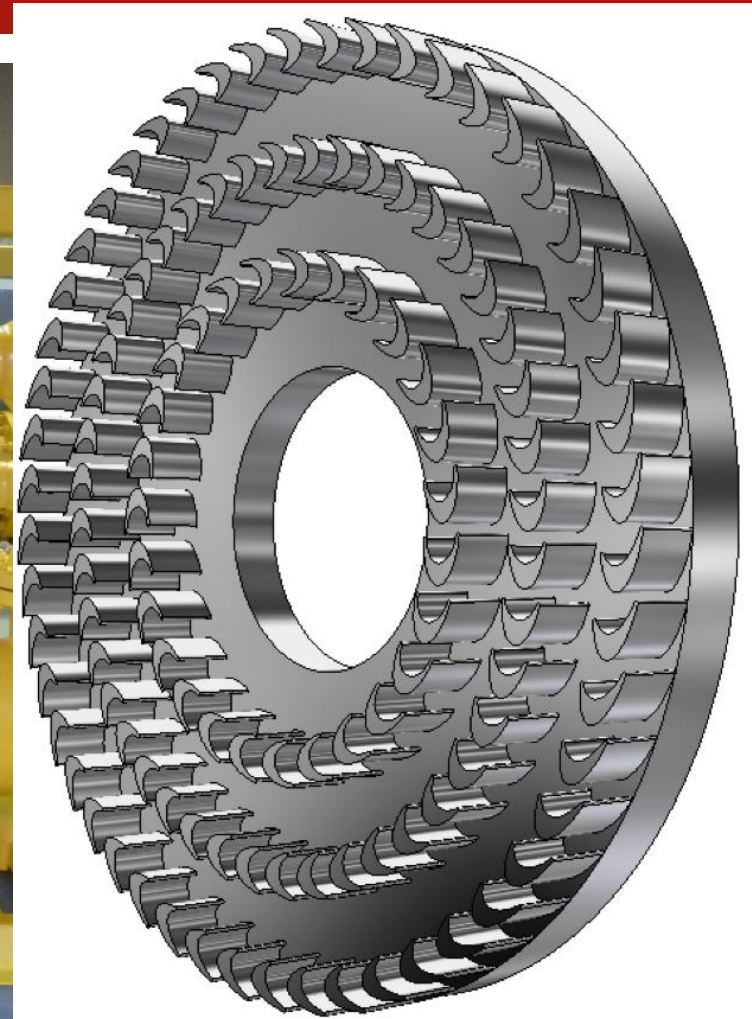
Turbina moc 1-25 kW





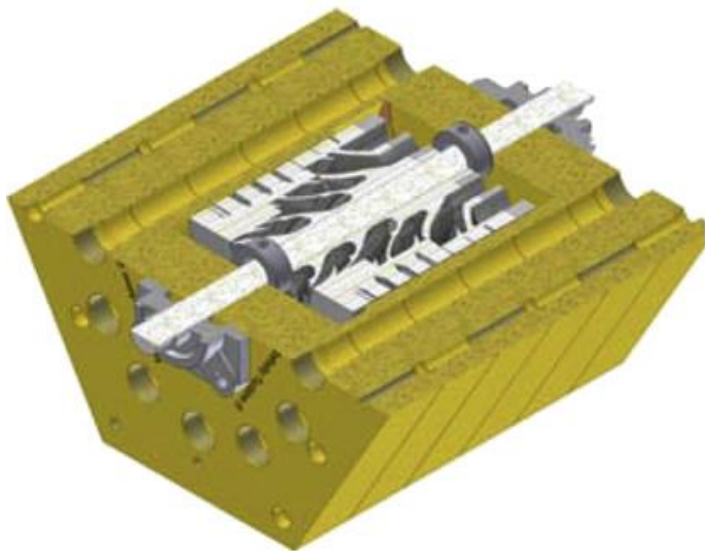


Turbina moc 50 kW





Prototypowy model turbiny o mocy 10 kWe





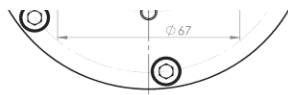
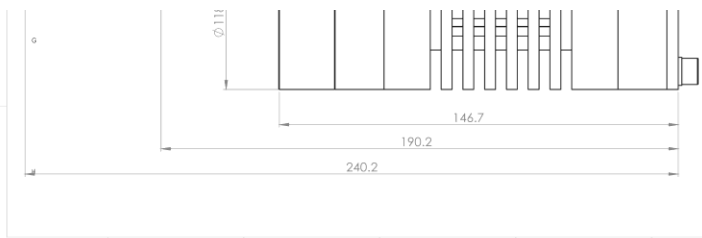
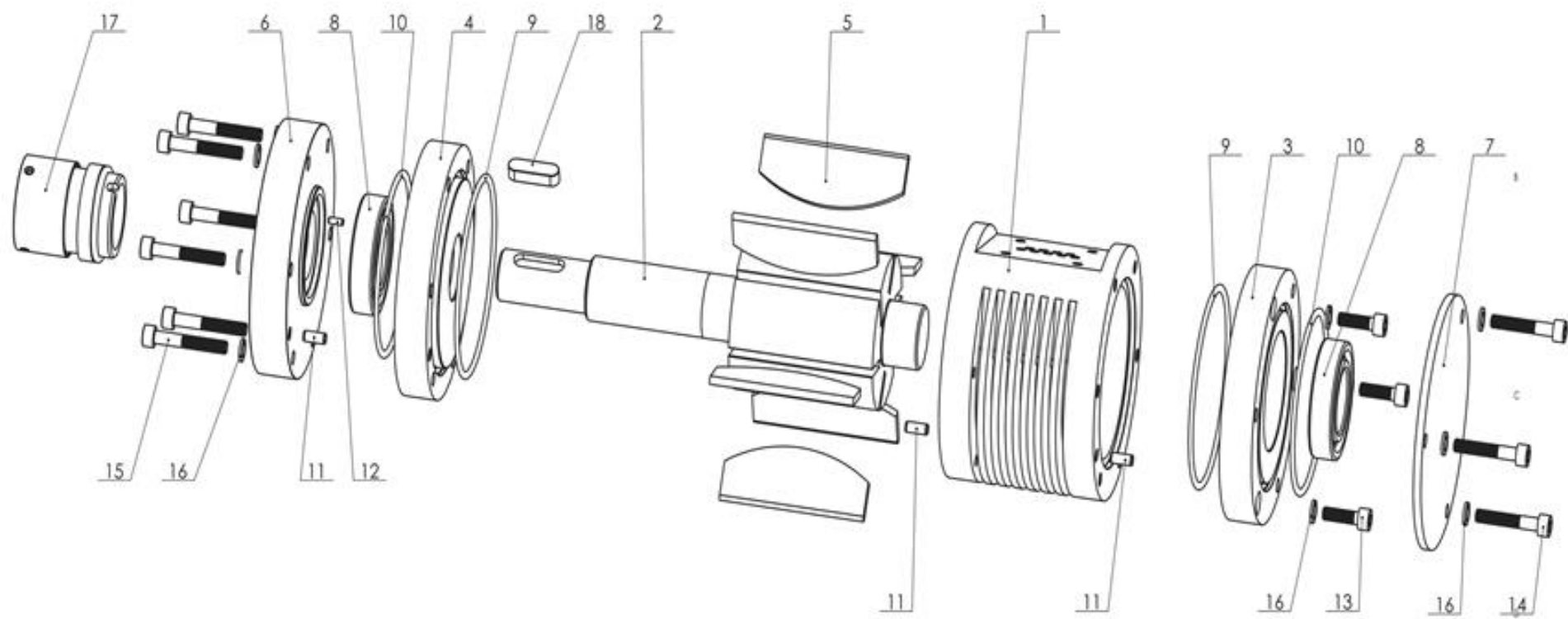
Model rozprężarki śrubowej





Model rozprężarki rotacyjnej

1:2



5	6	Lopata	IEL-S1-US		
4	1	Pokrywa cylindra przednia	IEL-S1-04	CuSn11P	
3	1	Pokrywa cylindra tylna	IEL-S1-03	CuSn11P	
2	1	Wirnik	IEL-S1-02	42CrMo4	
1	1	Cylinder	IEL-S1-01	16MnCr5	
Poz. Il.szt.		Nazwa części	Nr rysunku lub normy	Materiał	Uwagi

Format ark.	A2
Prostokąt	1:1
Wzrost (mm)	10,5
Skala	Sumaryczna
Imię i nazwisko	
Data	
Państwo	
Instytut	R. Wroclawski
08.2009	
08.2009	
08.2009	
08.2009	

ARCHIMEDES
 Silesia Wroclawski Instytut 12

Silnik topatkowy

Nr rys.
 IEL-S1-00

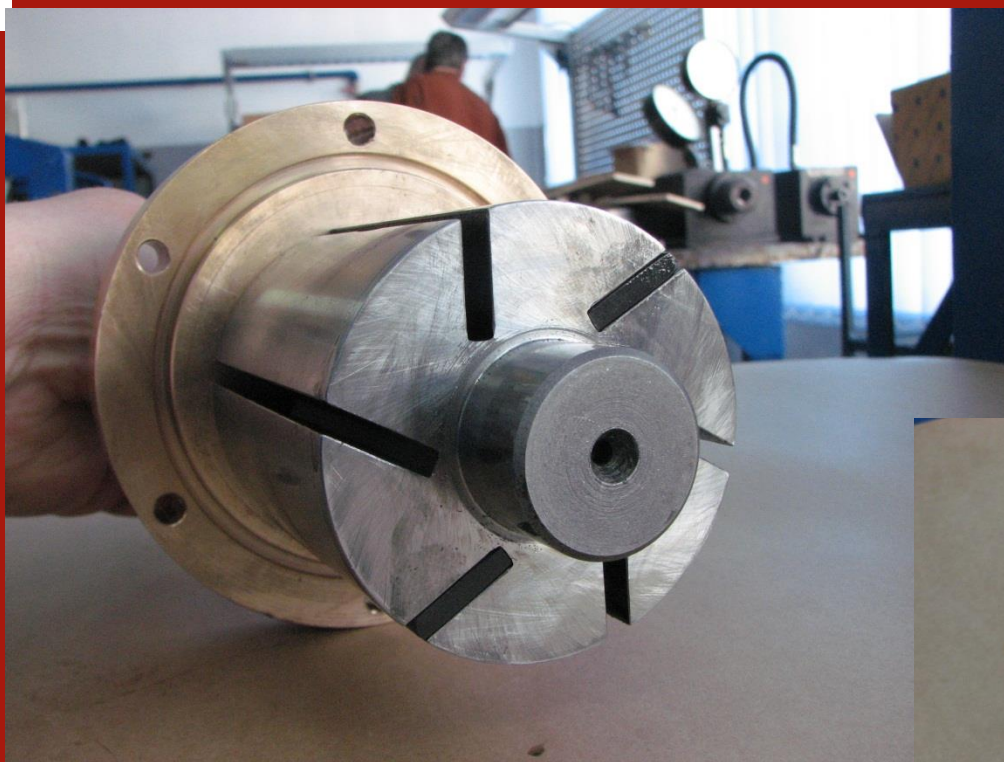


Model rozprężarki rotacyjnej





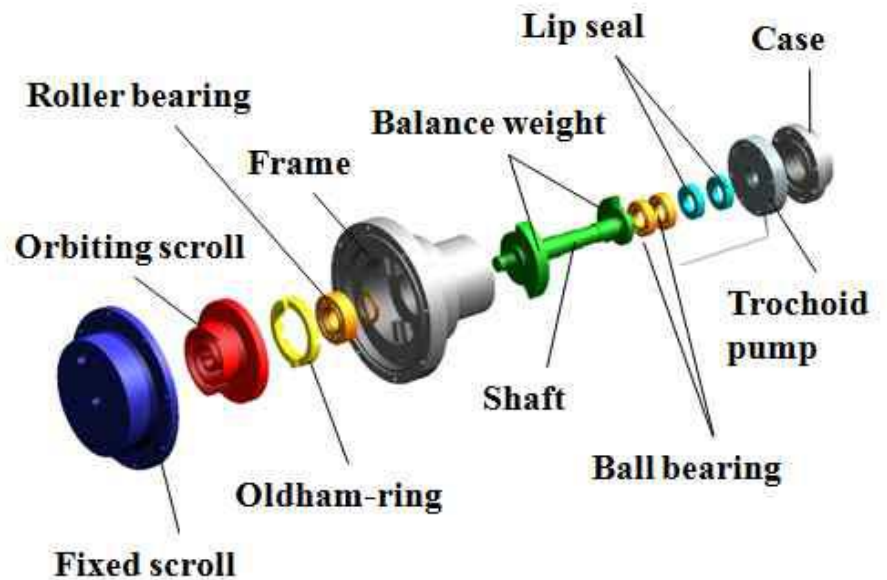
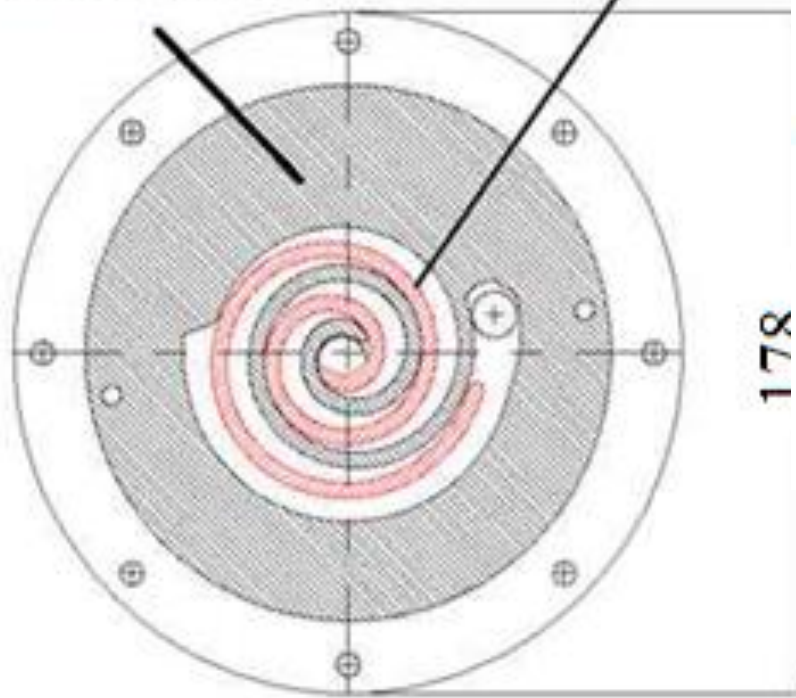
Model rozprężarki rotacyjnej

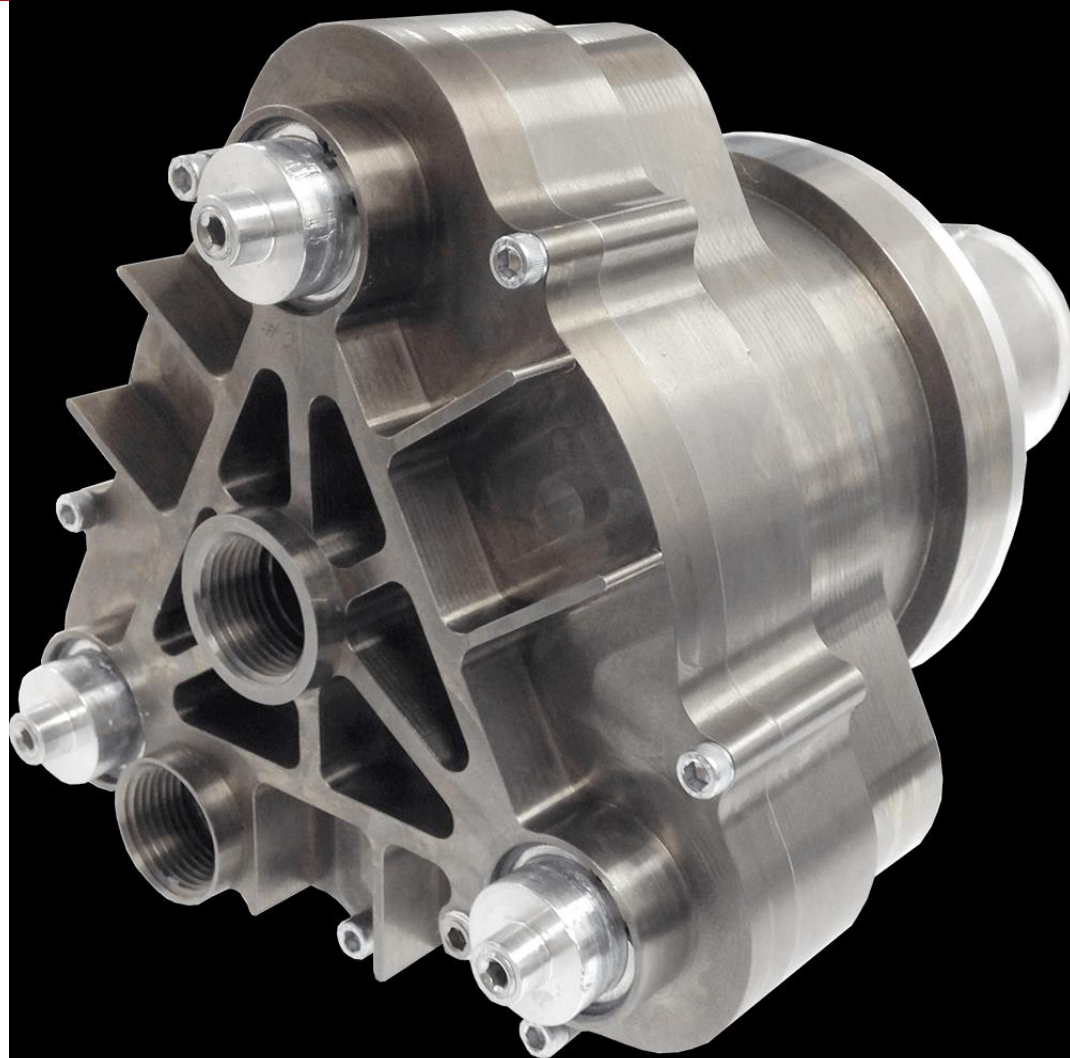




Model rozprężarki spiralnej

spiralą nieruchoma
spiralą wirującą







Model rozprężarki spiralnej

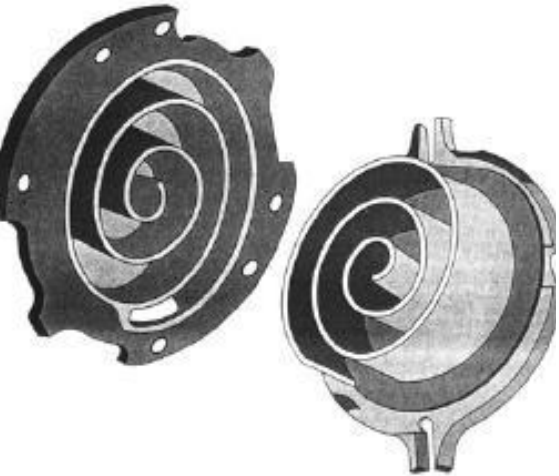
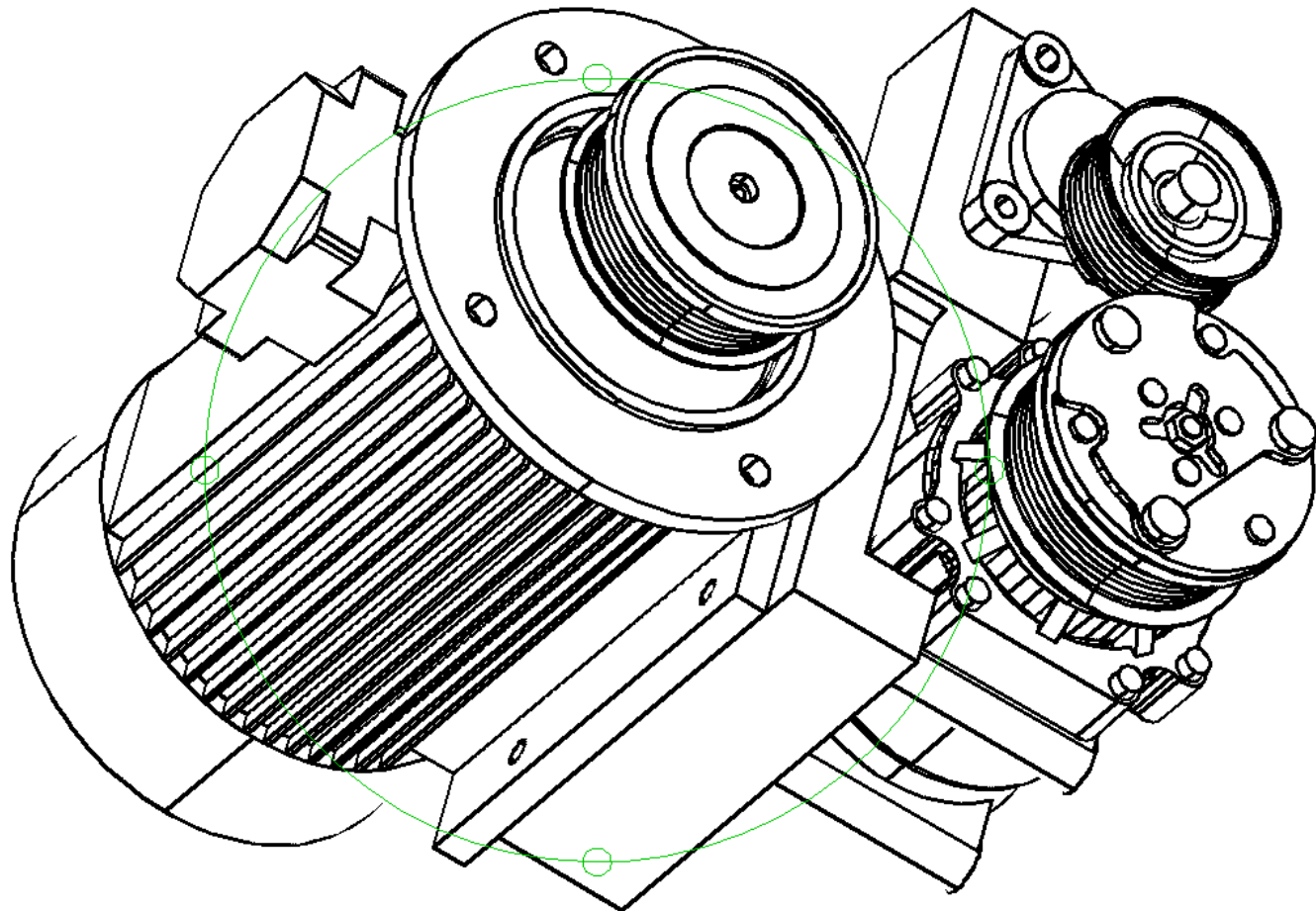
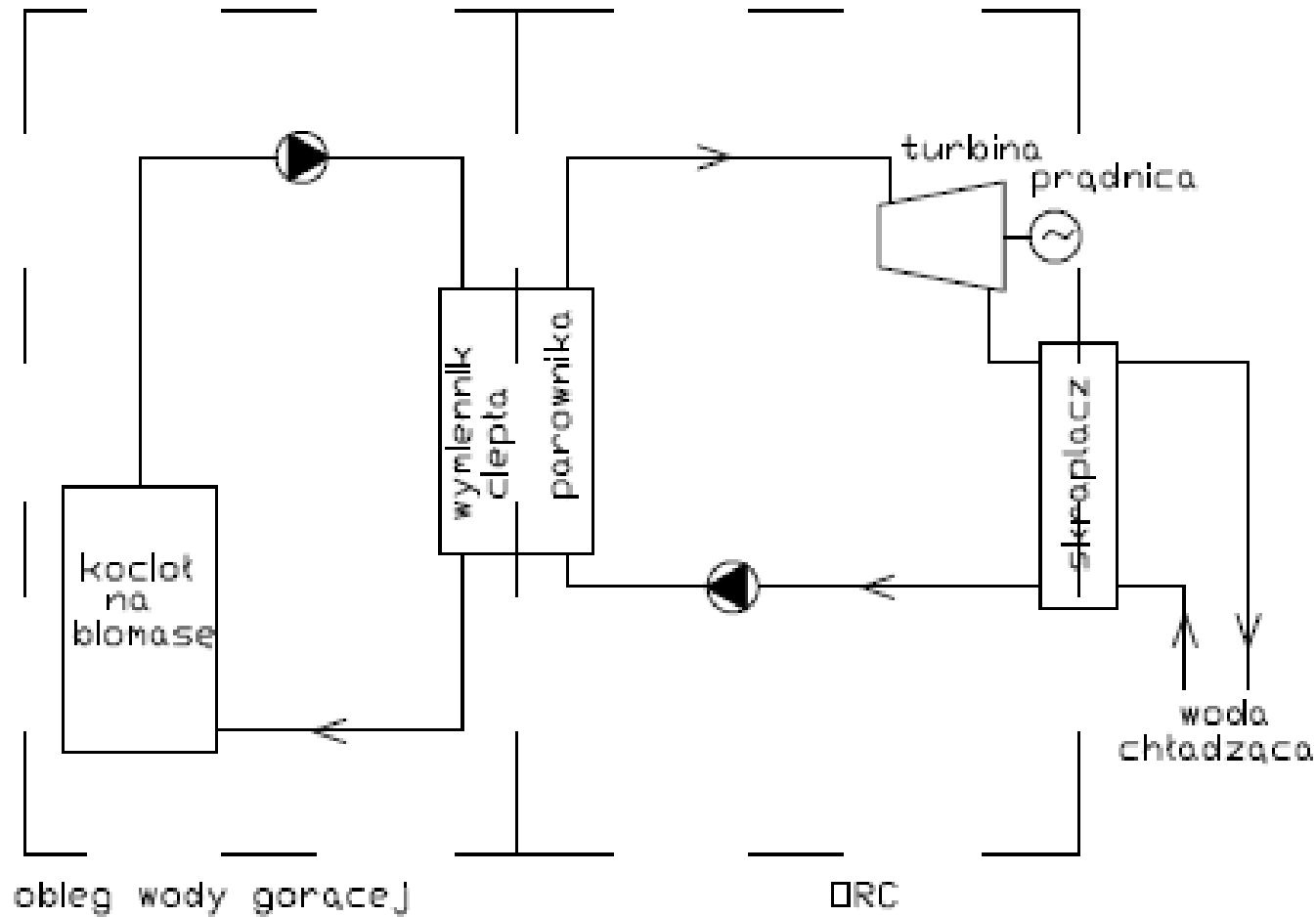


Figure 9-82 Two halves of the scroll compressor
(Courtesy of Lennox.)





Rys.1. schemat mikro-siłowni ORC zasilanej energią z biomasy



Tabela 1. Właściwości czynników roboczych ORC

Czynnik roboczy	Wzór chemiczny	Punkt wrzenia [°C]	Ciśnienie krytyczne [kPa]	Temperatura krytyczna [°C]	Gęstość krytyczna [kg/m ³]	Ciepło parowania [kJ/kg]
HFE 7000	CH ₃ OC ₃ F ₇	34	2478	165	531	142
HFE 7100	C ₄ F ₉ OCH ₃	61	195,3	223	555	111,6
n-pentan	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	36	3364	196,5	429,9	357



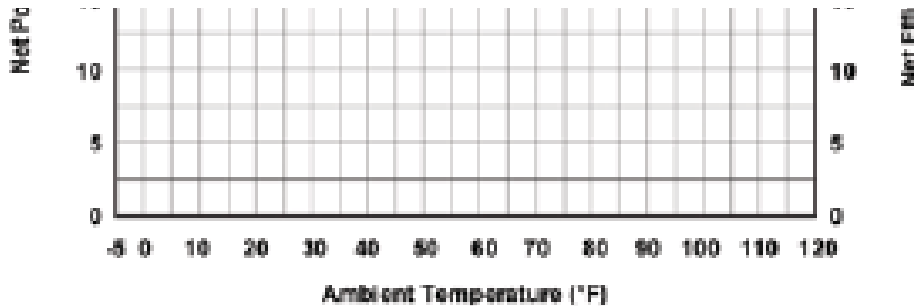
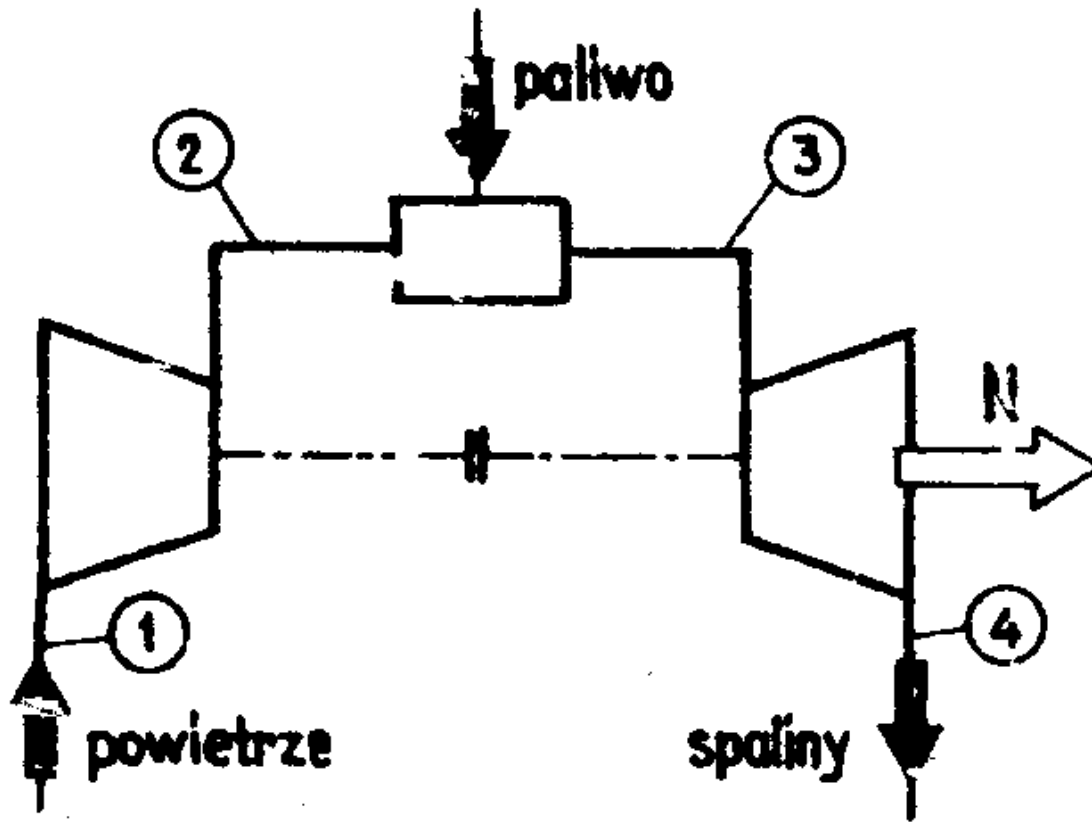
Przykładowe wyniki obliczeń dla wybranych czynników roboczych

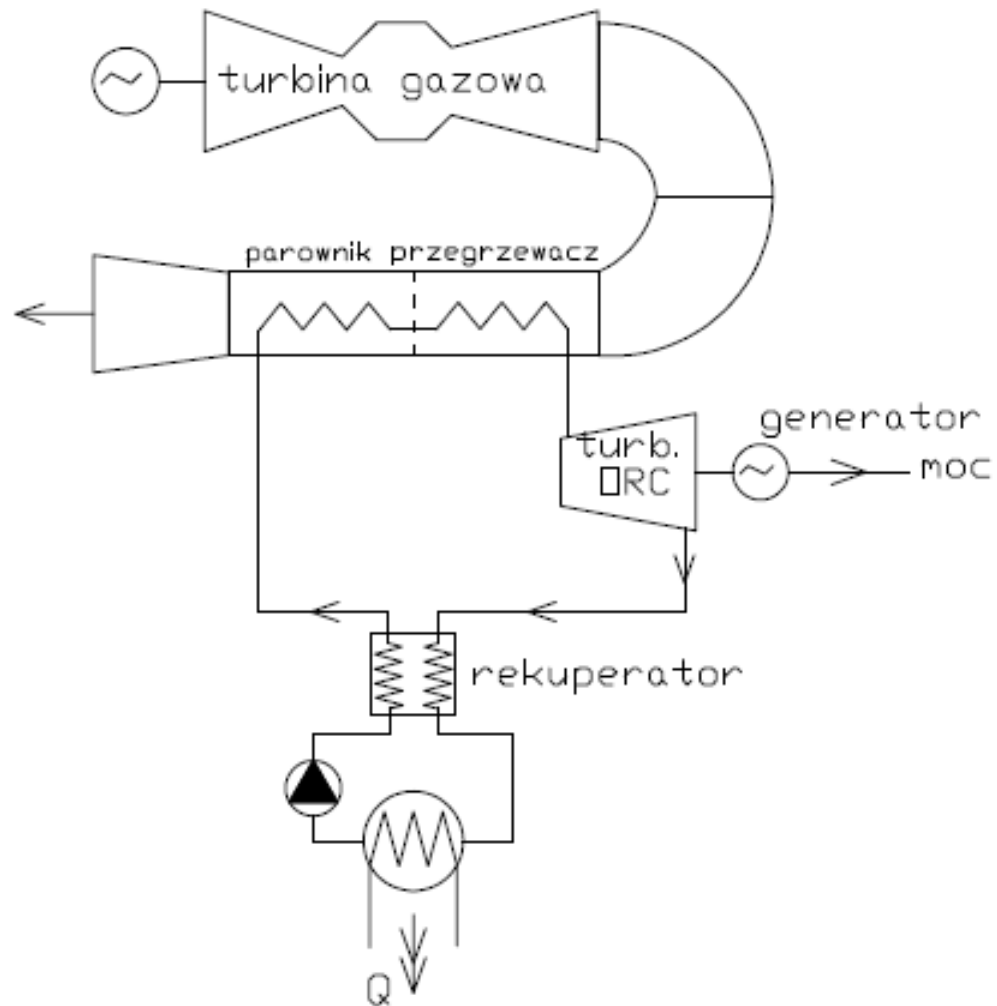
T_{\max} °C	T_{\min} °C	η_{ORC} %	η_{Carnota} %	$\eta_{\text{ele, CHP}}$ % (*)	moc elektr. kWe	Ciepło kW	Max temp. cwu. [°C]
HFE 7000							
100	20	13,4	21,4	10,9	2,19	13,85	50,9
120	20	14,9	25,4	12,2	2,43	13,61	61,1
140	20	16	29	13,1	2,61	13,43	70,3
HFE 7100							
100	20	12,9	21,4	10,5	2,11	13,93	58,2
120	20	14,3	25,4	11,7	2,33	13,71	71,8
140	20	15,4	29,0	12,6	2,51	13,53	83,5
n-pentan							
120	30	14,9	22,9	12,2	2,43	13,61	55,1
140	30	16,6	26,6	13,5	2,71	13,34	63,0

(*) $\eta_{\text{ele, CHP}} = \eta_{\text{ORC}} * \eta_{\text{źródła ciepła}} * \eta_{\text{parownika}}$

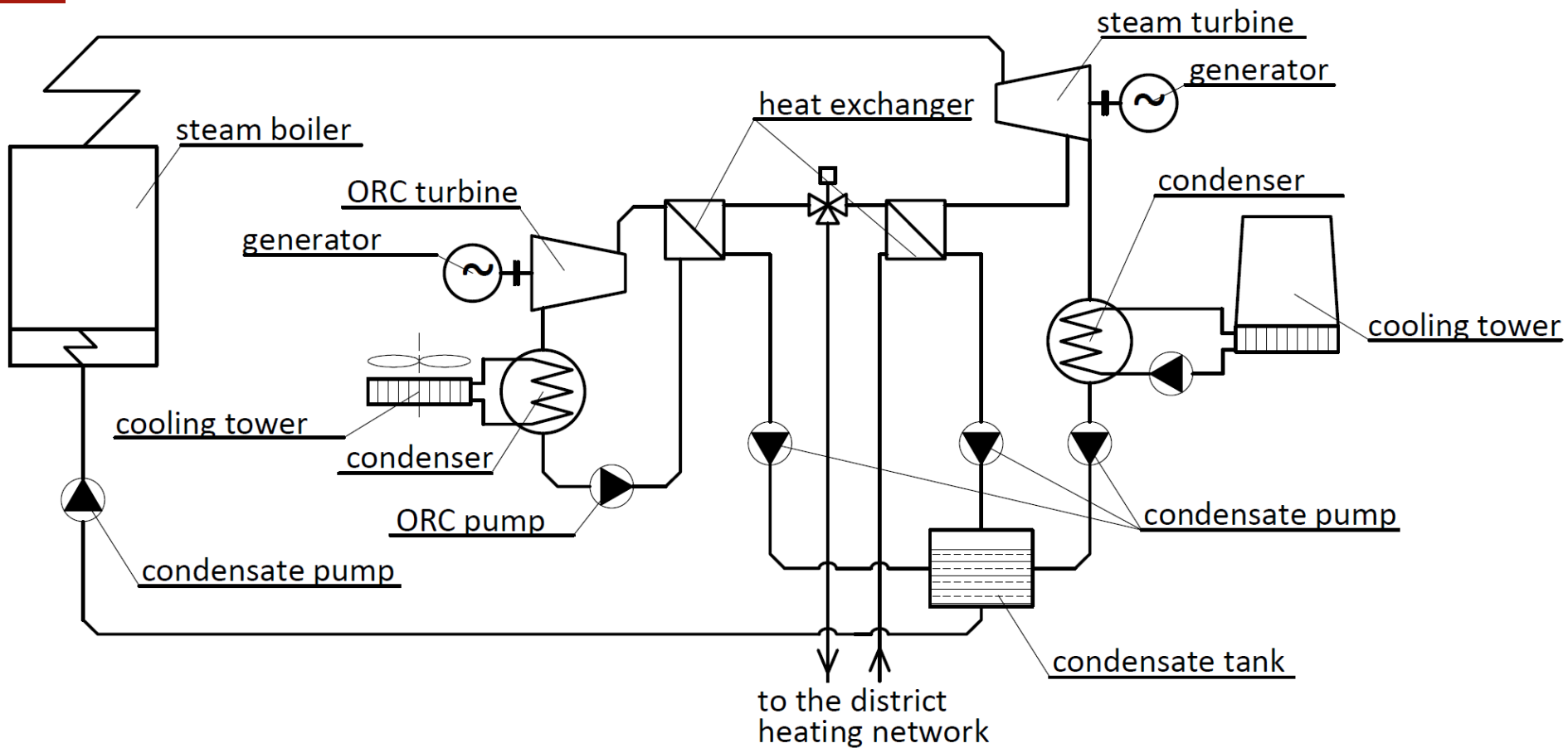


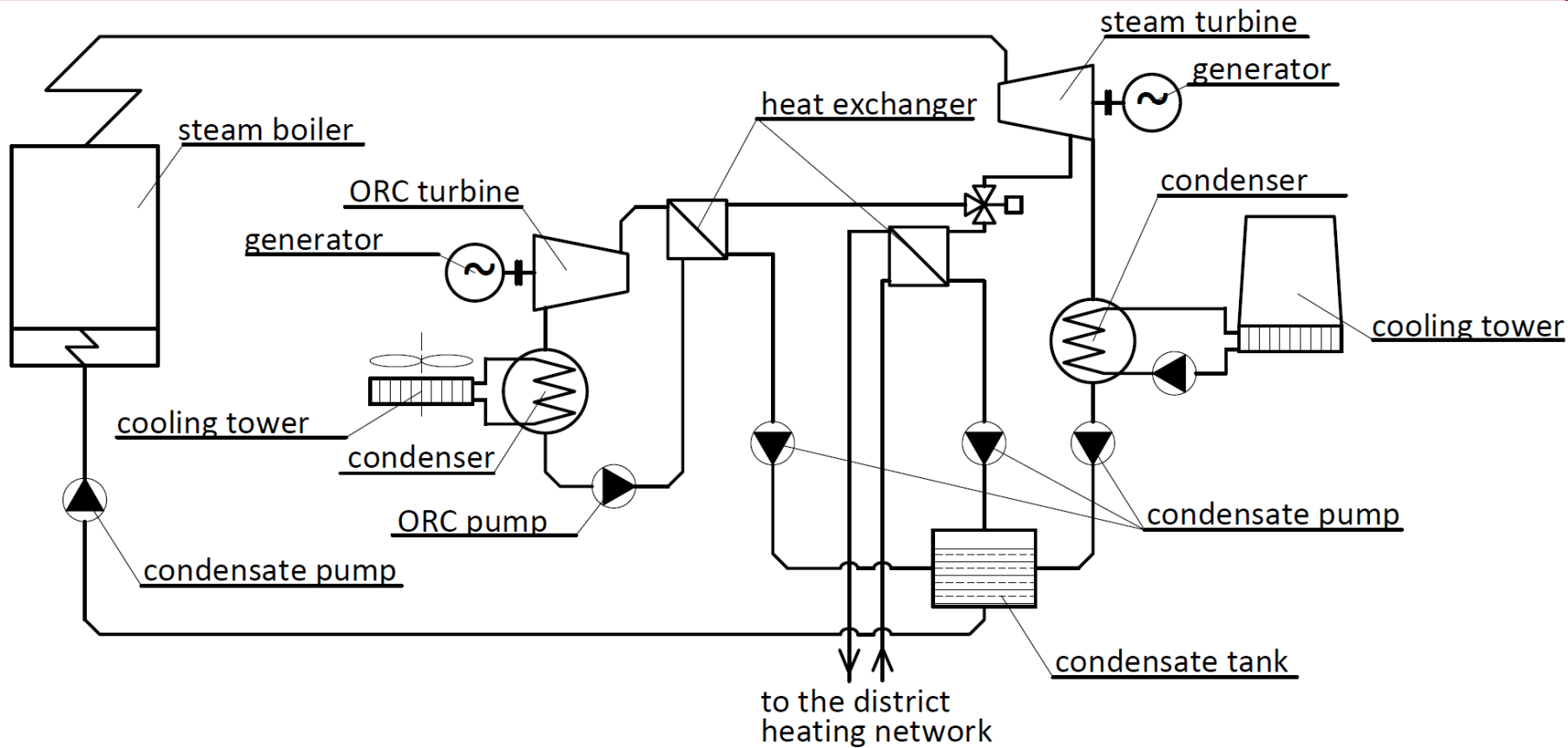
ORC współpracujący z turbiną gazową





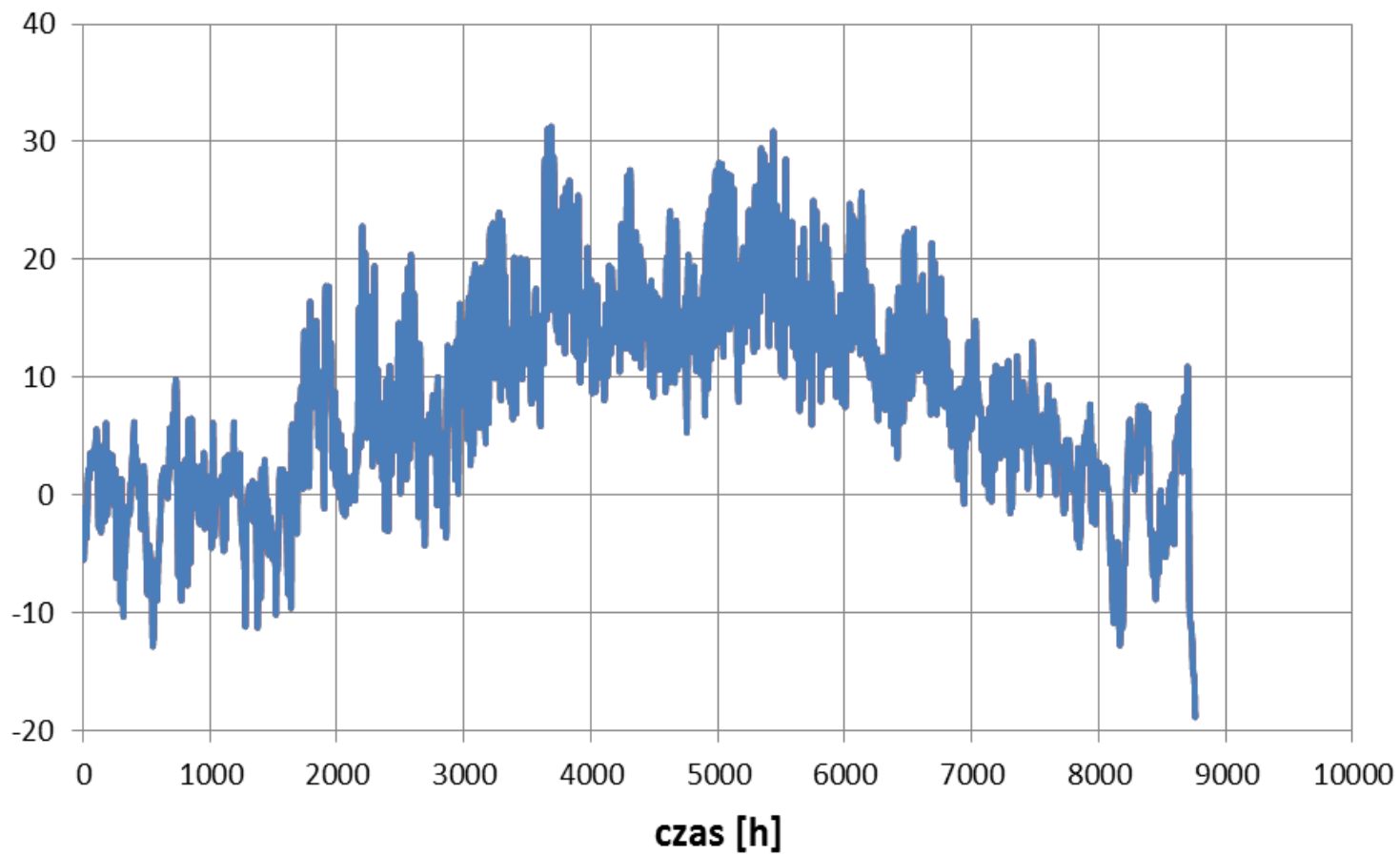
Rys .3. Schemat obiegu ORC współdziałającego z turbiną gazową

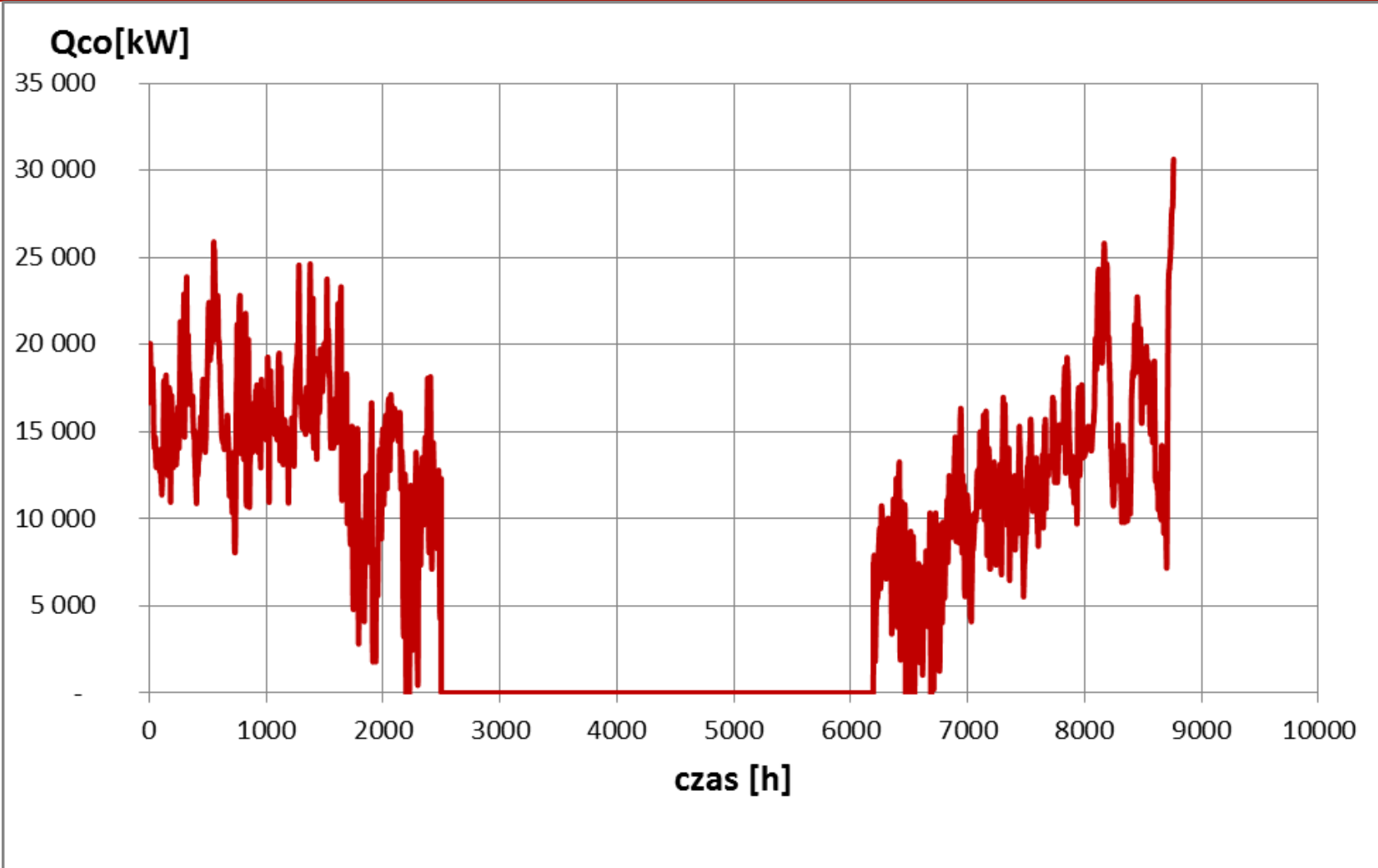


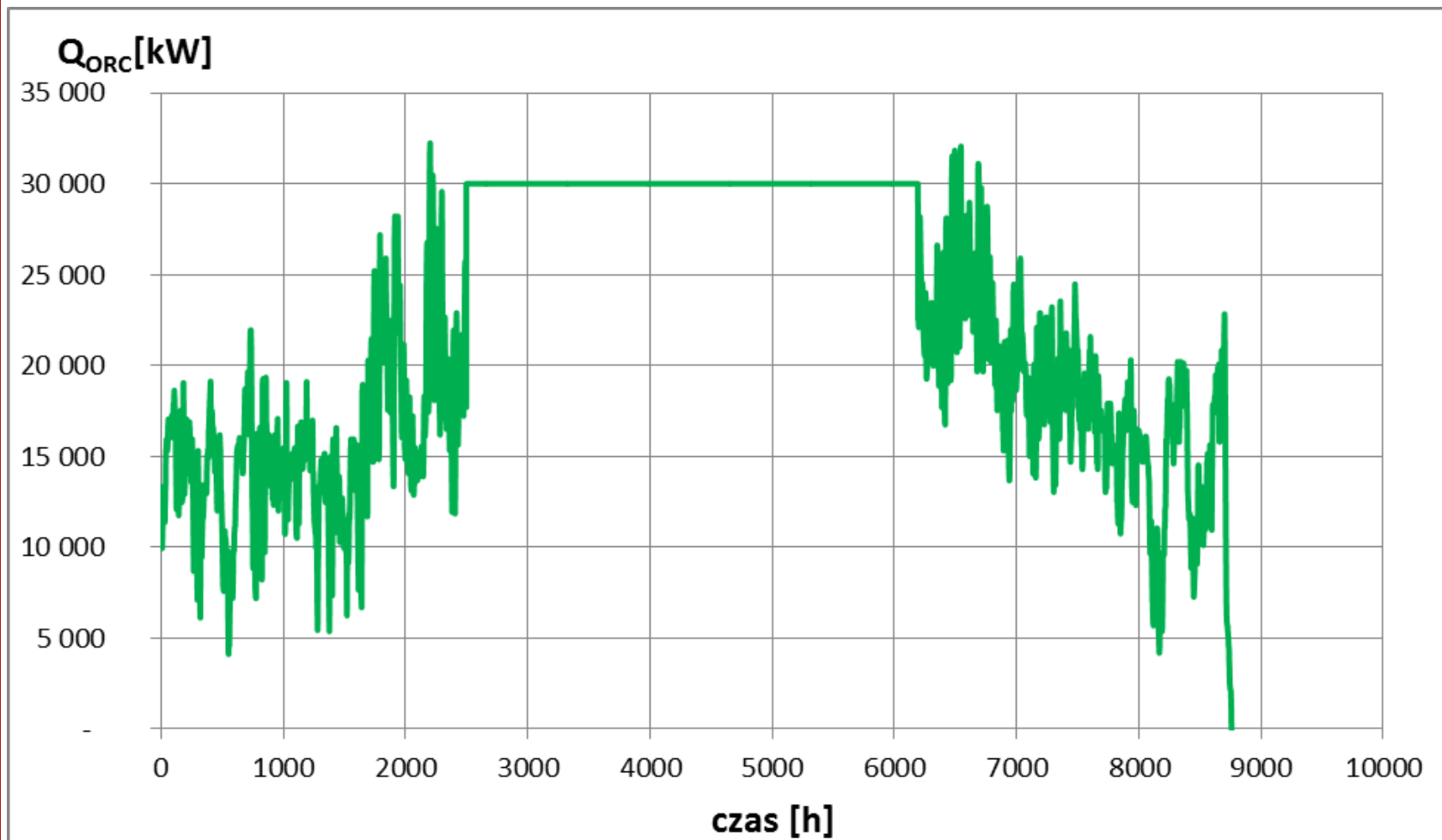


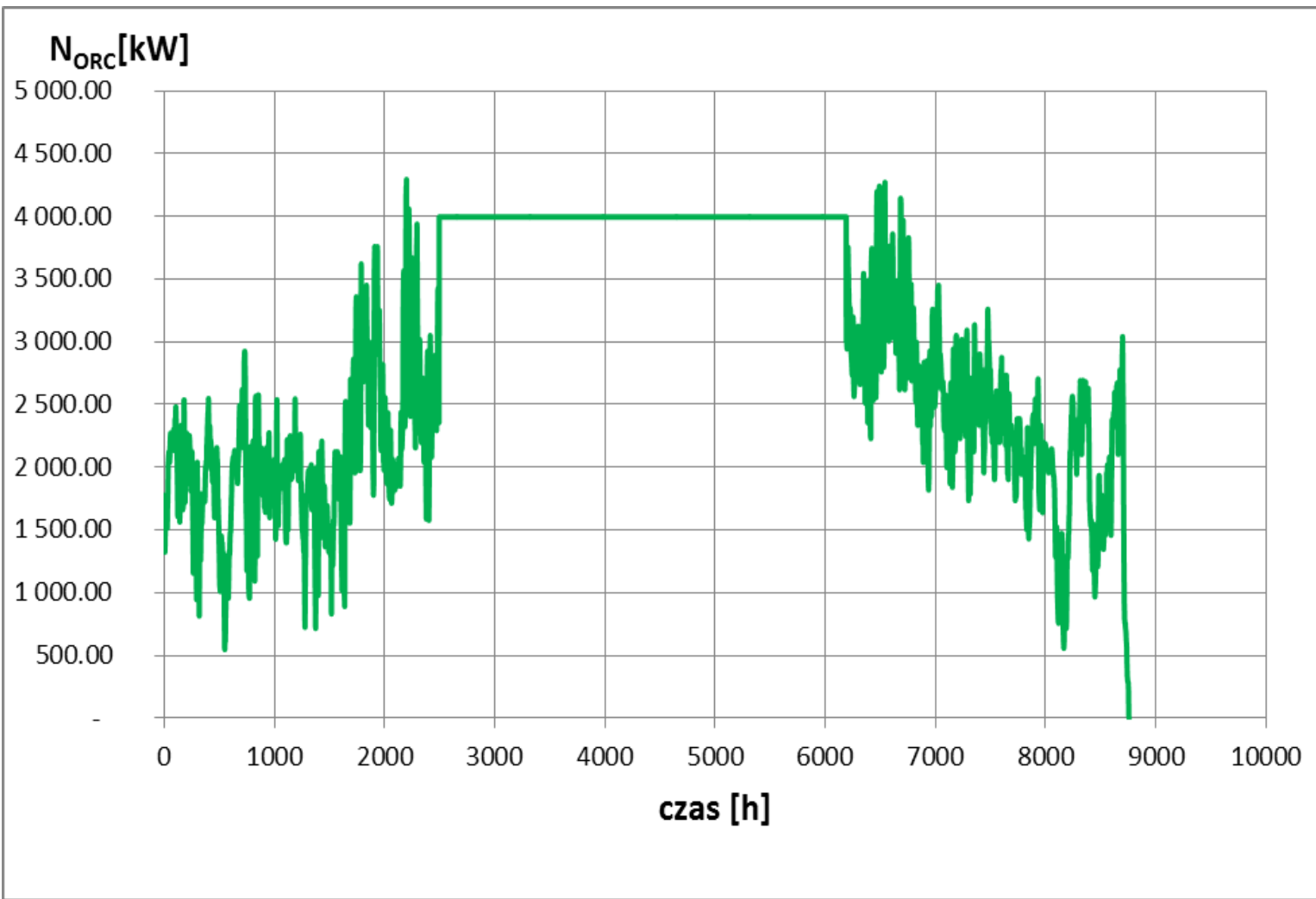


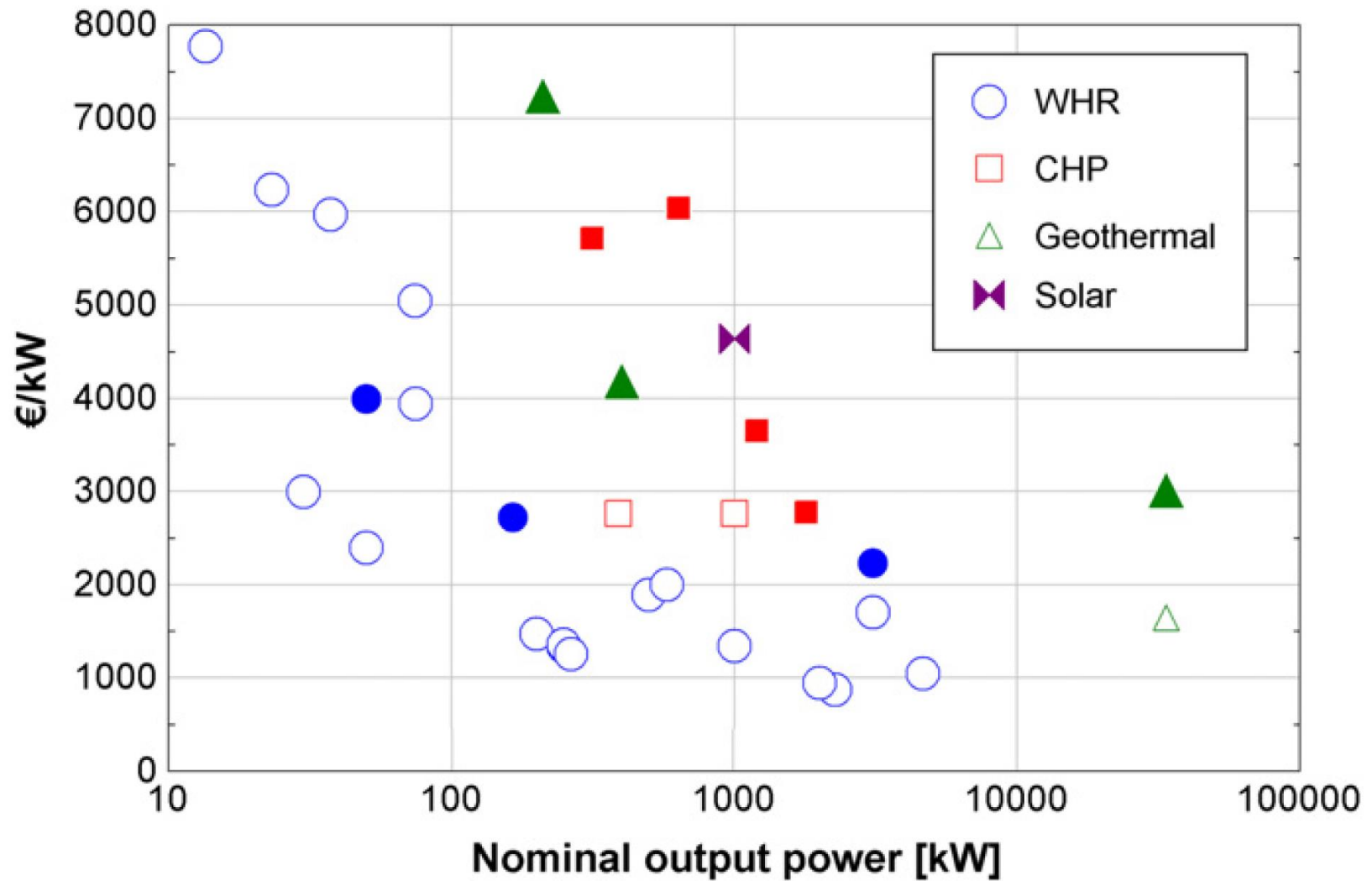
$t[^\circ\text{C}]$













Moc Elektrociepłowni (moc z upustu)	30	MW
moc ORC	3	MW
koszt ORC	30 000 000	Zł
ilość wyprodukowanej energii przez ORC	22.19	GWh
cena 1 kWh	0.12	zł/kWh
cena energii	2 662 476.69	Zł
SPBT	11.27	lat



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Politechnika Wroclawska
Wydział Inżynierii Środowiska
Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony
Powietrza

Materiał pochodzi z Konferencji Naukowo-Technicznej Heat Not Lost
organizowanej przez <https://hnl.pl/>