



Instalacje energetyczne oparte o silniki tłokowe

Adam Rajewski

Zakład Termodynamiki
Instytut Techniki Ciepłej
Politechnika Warszawska

2181**ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA¹⁾**

z dnia 20 grudnia 2005 r.

w sprawie standardów emisyjnych z instalacji²⁾zm.³⁾ zarządza się, co następuje:**Rozdział 1****Przepisy ogólne****§ 1. Rozporządzenie określa:**

- 1) standardy emisyjne z instalacji w zakresie wprowadzania gazów lub pyłów do powietrza różnicowane w zależności od rodzaju działalności, procesu technologicznego lub operacji technicznej oraz terminu oddania instalacji do eksploatacji, terminu zakończenia jej eksploatacji lub dalszego łącznego czasu jej eksploatacji;
- 2) sytuacje uzasadniające przejściowe odstępstwa od standardów oraz granice odstępstw;
- 3) warunki uznawania standardów za dotrzymane;
- 4) wymagania w zakresie stosowania określonych rozwiązań technicznych zapewniających ograniczenie emisji;

- 6) rodzaje zakłóceń, gdy wymagane jest wstrzymanie użytkowania instalacji;
- 7) środki zaradcze, jakie powinien podjąć prowadzący instalację;

- 8) przypadki, w których prowadzący instalację powinien poinformować o zakłóceniach wojewódzkiego inspektora ochrony środowiska, termin, w jakim informacja ta powinna zostać złożona oraz jej wymagana forma.

§ 2. 1. W przypadku wystąpienia przerw w wykonywaniu ciągłych pomiarów wielkości emisji substancji, warunki uznawania standardów emisyjnych za dotrzymane, określone w § 12 ust. 1 pkt 3 i 4, ust. 2, § 19 ust. 1 i § 42 ust. 1, sprawdzają się, przyjmując za wymiary w tych przepisach średnie wielkości emisji substancji w okresach tych przerw — średnie wielkości emisji substancji w okresie poprzedzającym przerwę równym okresowi przerwy lub wielkości emisji substancji wyznaczone innymi metodami określonymi w pozwoleniu na wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza albo pozwoleniu zintegrowanym.

¹⁾ Minister Środowiska kieruje działem administracji rządowej — środowisko, na podstawie § 1 ust. 2 pkt 2 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 31 października 2005 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Środowiska (Dz. U. Nr 220, poz. 1868).

²⁾ Przepisy niniejszego rozporządzenia dokonują w zakresie swojej regulacji wdrożenia następujących dyrektyw Wspólnot Europejskich:

- 1) dyrektywę Rady 87/217/EWG z dnia 19 marca 1987 r. w sprawie ograniczania zanieczyszczenia środowiska azbestem i zapobiegania temu zanieczyszczeniu (Dz. Urz. WE L 85 z 28.03.1987 r., str. 40);
- 2) dyrektywę Rady 92/112/EWG z dnia 15 grudnia 1992 r. w sprawie procedur harmonizacji programów mających na celu ograniczenie i ostateczną eliminację zanieczyszczeń powodowanych przez odpady pochodzące z przemysłu dillenku tytanu (Dz. Urz. WE L 409 z 31.12.1992 r., str. 11); Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 2, str. 170);
- 3) dyrektywę Rady 1999/13/WE z dnia 11 marca 1999 r. w sprawie ograniczenia emisji lotnych związków spowodowanej użyciem organicznych rozpuszczalników podczas niektórych czynności i w niektórych urządzeniach (Dz. Urz. WE L 85 z 29.03.1999 r., str. 1); Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 4, str. 118);
- 4) dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/76/WE z dnia 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów (Dz. Urz. WE L 332 z 28.12.2000 r., str. 91); Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 5, str. 353);
- 5) dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/80/WE z dnia 23 października 2001 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dymów obiektów energetycznego spalania (Dz. Urz. WE L 309 z 27.11.2001 r., str. 1); Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 6, str. 299);
- 6) dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/42/WE z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie ograniczeń emisji lotnych związków organicznych w wyniku stosowania rozpuszczalników organicznych w niektórych farbach i lakierach oraz produktach do odnawiania pojazdów, a także zmieniającej dyrektywę 1999/13/WE (Dz. Urz. WE L 143 z 30.04.2004 r., str. 87); Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 8, str. 376).

Dane dotyczące ogłoszenia aktów prawa Unii Europejskiej, zamieszczone w niniejszym rozporządzeniu — z dnia uzyskania przez Rzeczpospolitą Polską członkostwa w Unii Europejskiej — dotyczą ogłoszenia tych aktów w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej — wydanie specjalne.

³⁾ Zmiany wymienionej ustawy zostały ogłoszone w Dz. U. z 2001 r. Nr 115, poz. 1229, z 2002 r. Nr 74, poz. 676, Nr 113, poz. 984, Nr 153, poz. 1271 i Nr 233, poz. 1957, z 2003 r. Nr 46, poz. 392, Nr 80, poz. 717 i 721, Nr 162, poz. 1568, Nr 175, poz. 1608, Nr 190, poz. 1865 i Nr 217, poz. 2124, z 2004 r. Nr 19, poz. 177, Nr 49, poz. 464, Nr 70, poz. 631, Nr 91, poz. 875, Nr 92, poz. 880, Nr 96, poz. 959, Nr 121, poz. 1263, Nr 273, poz. 2703 i Nr 281, poz. 2784 oraz z 2005 r. Nr 25, poz. 202, Nr 62, poz. 562, Nr 113, poz. 954, Nr 130, poz. 1087, Nr 132, poz. 1110, Nr 163, poz. 1362, Nr 167, poz. 1399, Nr 169, poz. 1420, Nr 175, poz. 1458 i 1462, Nr 180, poz. 1495 i Nr 249, poz. 2104.

3. Przepisów niniejszego rozdziału nie stosuje się także do instalacji napędzanych silnikami Diesla i silnikami benzynowymi lub gazowymi, włącznie z silnikami gazowymi, z zastrzeżeniem ust. 4.

4. Przepisy niniejszego rozdziału stosuje się do kotłowni gazowych, dla których decyzje o pozwoleniu na budowę wydano po dniu 30 czerwca 2002 r. i które zostały oddane do użytkowania po dniu 27 czerwca 2003 r., a do pozostałych turbin gazowych włącznie z turbinami gazowymi, o którym mowa w § 12 ust. 5, § 13 ust. 2 i § 14 ust. 1, że przepisów tego rozdziału nie stosuje się do turbin gazowych usytuowanych na platformach wiertniczych.

wych, wyrażoną w procentach zmierzoną albo obliczoną).

Rozdział 2**Instalacje spalania paliw**

§ 5. 1. Przepisy niniejszego rozdziału stosuje się do stacjonarnych urządzeń technicznych, w których następuje proces spalania paliw w celu wytworzenia energii, zwanych dalej „źródłami”.

2. Przepisów niniejszego rozdziału nie stosuje się do źródeł, w których produkty spalania są wykorzystywane bezpośrednio w procesach wytwórczych, w tym w szczególności do:

- 1) źródeł, w których produkty spalania są wykorzystywane do ogrzewania, suszenia lub innej obróbki przedmiotów lub materiałów;
- 2) źródeł wrotnego spalania przeznaczonych do oczyszczania gazów odlotowych poprzez spalanie, nieeksploatowanych jako niezależne źródła spalania paliw;

- a) roślinne z rolnictwa i leśnictwa,
- b) roślinne z przemysłu przetwórstwa spożywczego, jeżeli odzyskuje się wytworzoną energię cieplną,
- c) włókiennicze roślinne z procesu produkcji pierwotnej masy celulozowej i z procesu produkcji papieru z masy, jeżeli odpady te są spalane w miejscu, w którym powstają, a wytworzona energia cieplna jest odzyskiwana,
- d) korka,
- e) drewna, z wyjątkiem odpadów drewna zanieczyszczonego impregnatami i powłokami ochronnymi, które mogą zawierać związki chłorowcoorganiczne lub metale ciężkie, oraz drewna pochodzącego z odpadów budowlanych lub z rozbiorów.

§ 6. 1. Standardy emisyjne dwutlenku siarki, tlenków azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu, pyłu, zwane dalej w niniejszym rozdziale „standardami emi-

Co to jest „duży silnik”?

TO!
97 MW



Dlaczego silniki?

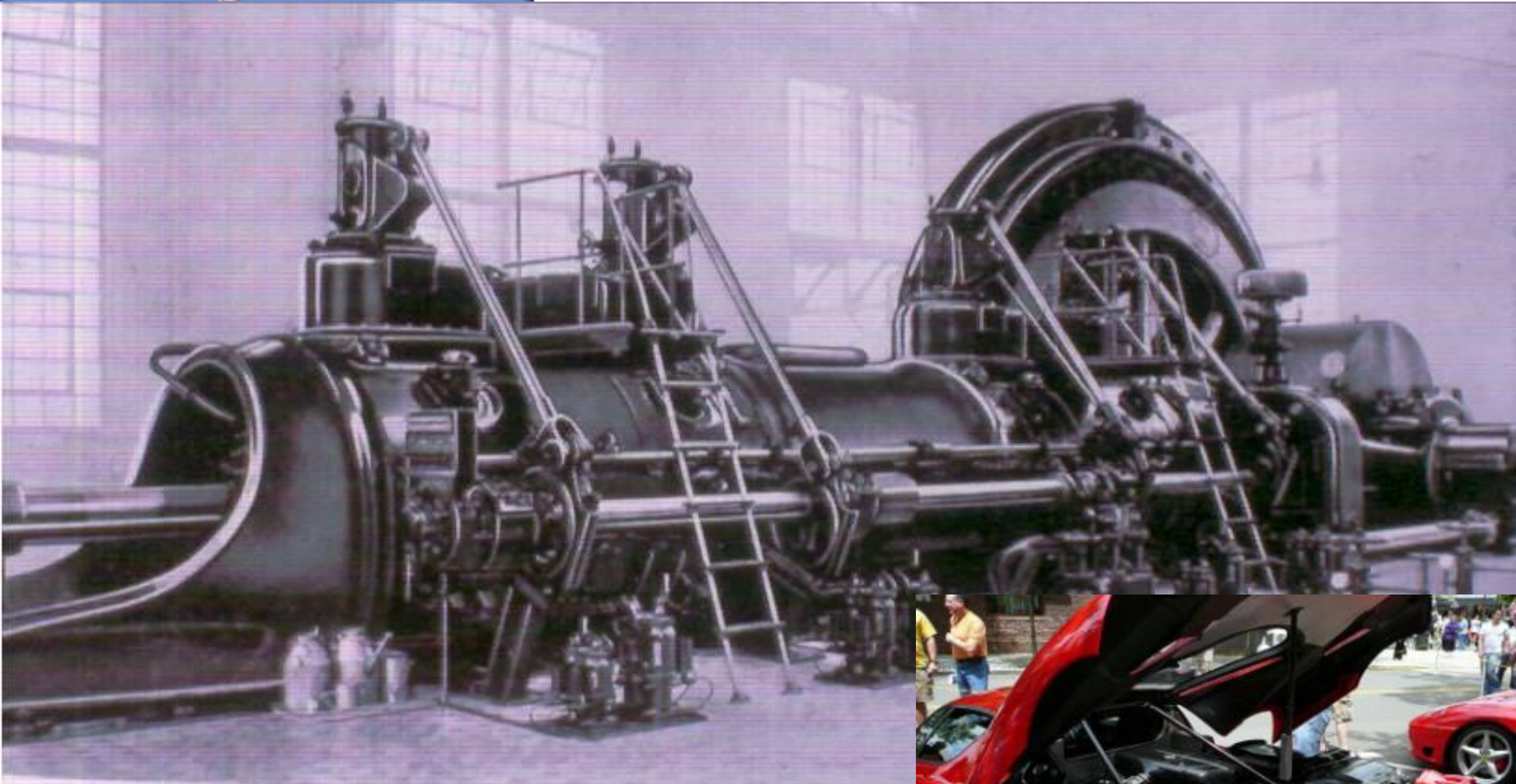


Bild 181. Die Nürnberger Großgasmaschine

2012-02-02



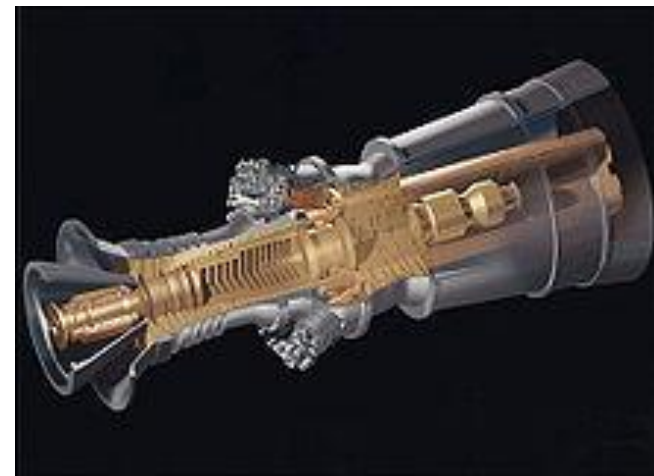
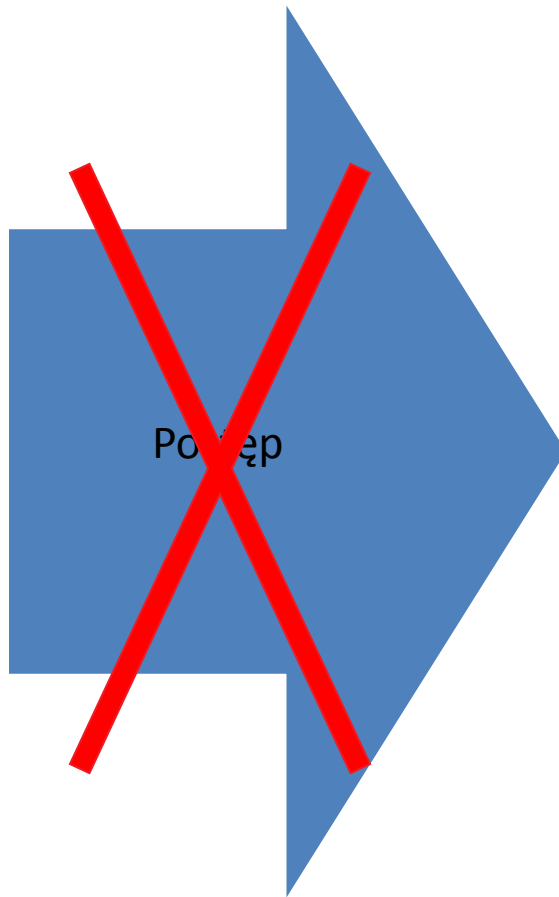
W powietrzu...



Postęp

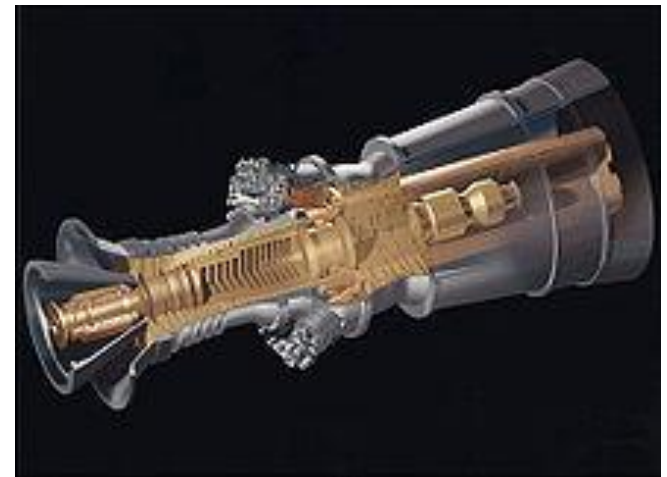


...i na ziemi





Różne maszyny do
różnych
zastosowań



Kto produkuje „duże” silniki tłokowe?



Caterpillar



GE-Jenbacher



MAN (B&W)



MTU



MWM (d. Deutz)



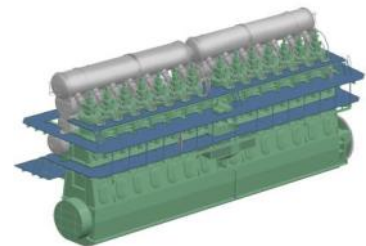
RR-Bergen



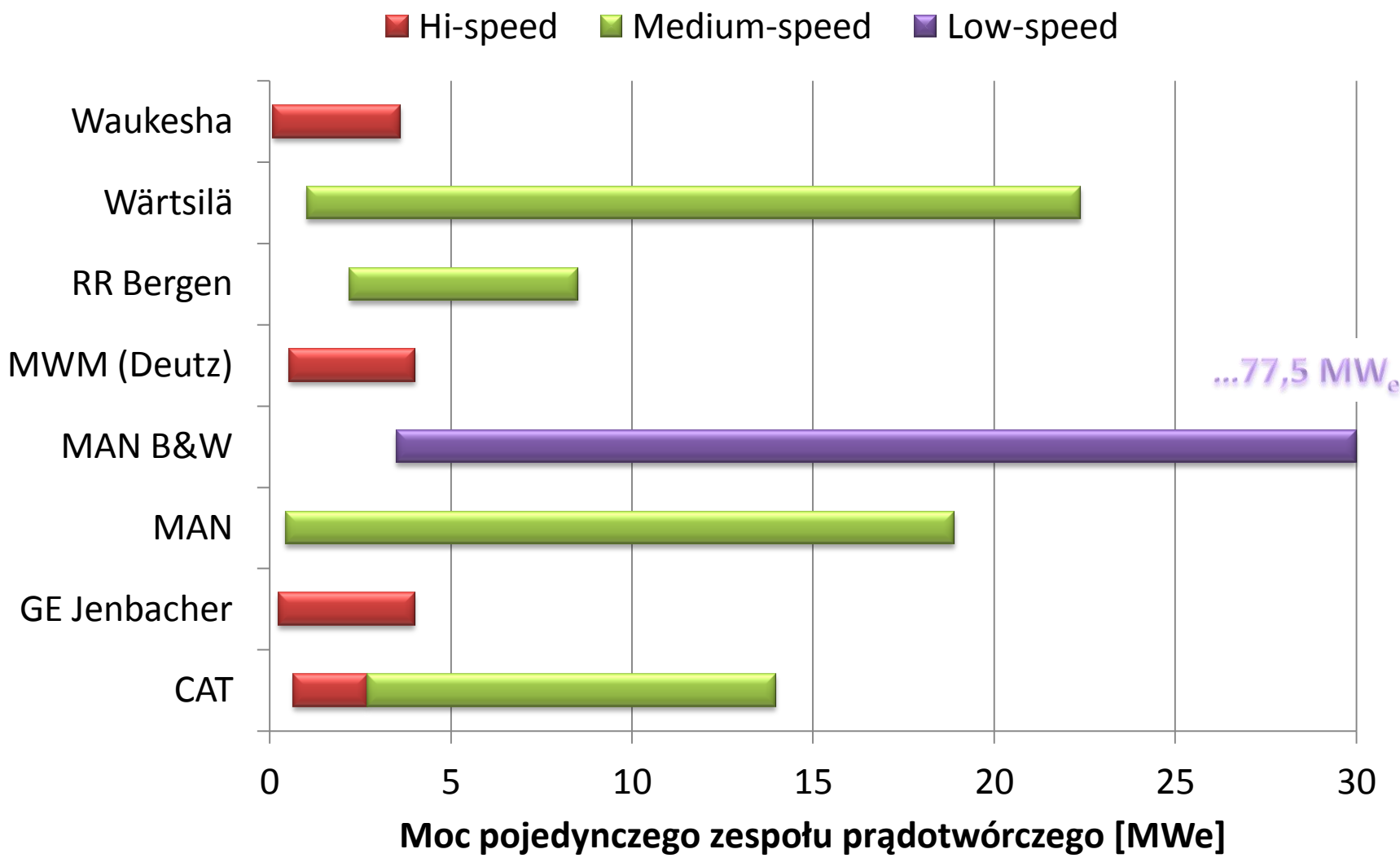
Wärtsilä



Waukesha



Silniki tłokowe dla energetyki – zakres mocy



Silnik tłokowy w cyklu prostym

Wysoka sprawność

- >40% sprawności elektrycznej NETTO

Bardzo dobra elastyczność

- Minimum techniczne na poziomie 30%
- Płaska charakterystyka sprawności

Krótki czas rozruchu

- Moc maksymalna po ok. 10 minutach

Duża elastyczność paliwowa

- Lekkie i ciężkie oleje (LFO, HFO, MFO), biodiesel, oleje nierafinowane, ropa surowa
- Gaz ziemny, biogaz, gazy specjalne

Łatwa eksploatacja

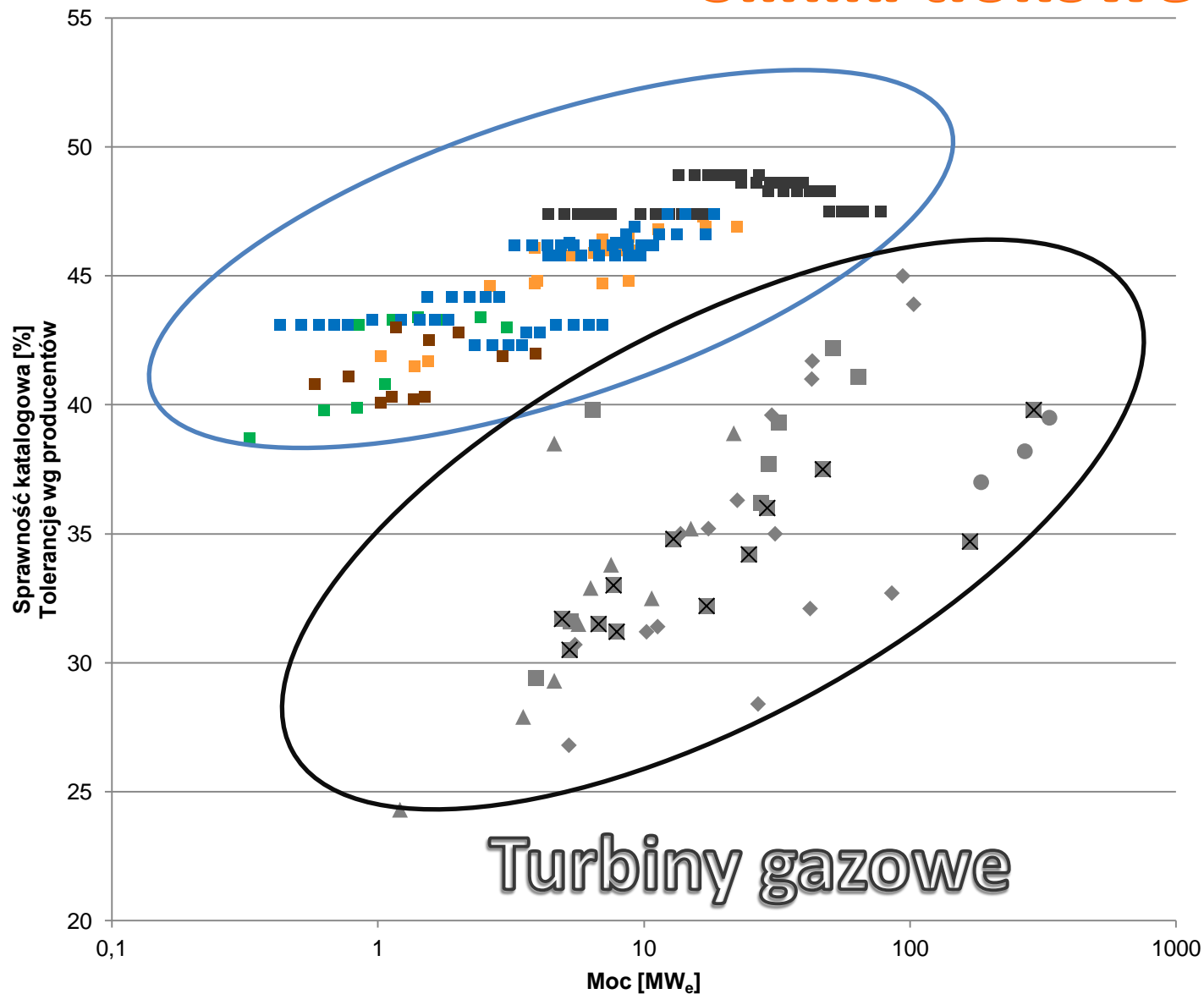
- Remonty prowadzone na obiekcie

Obiekty wieloblokowe, modułowe

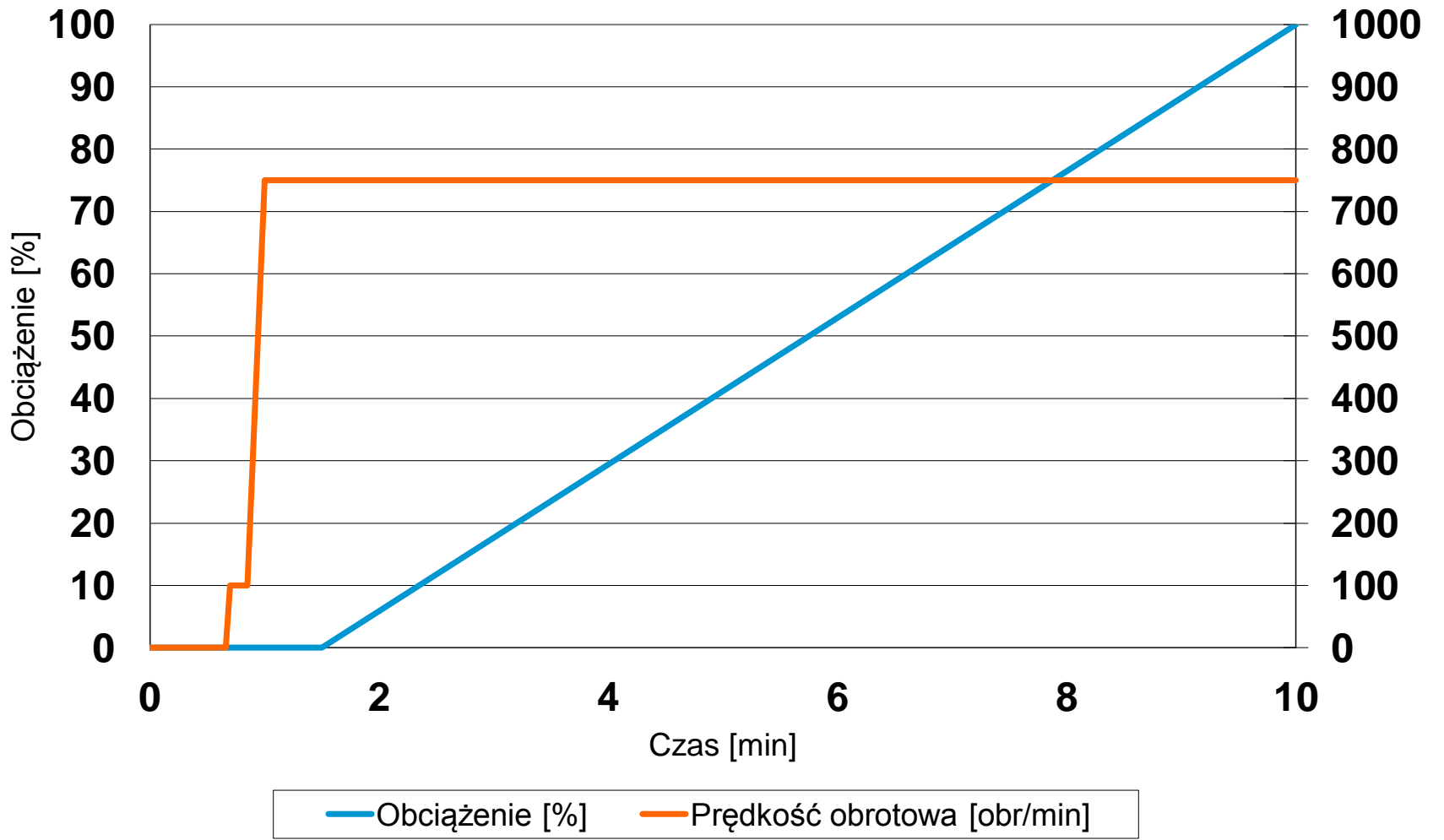
- „Nie zauważalne” remonty
- Doskonała elastyczność całego obiektu
- Wysoka dyspozycyjność

Silnik tłokowy a turbina gazowa

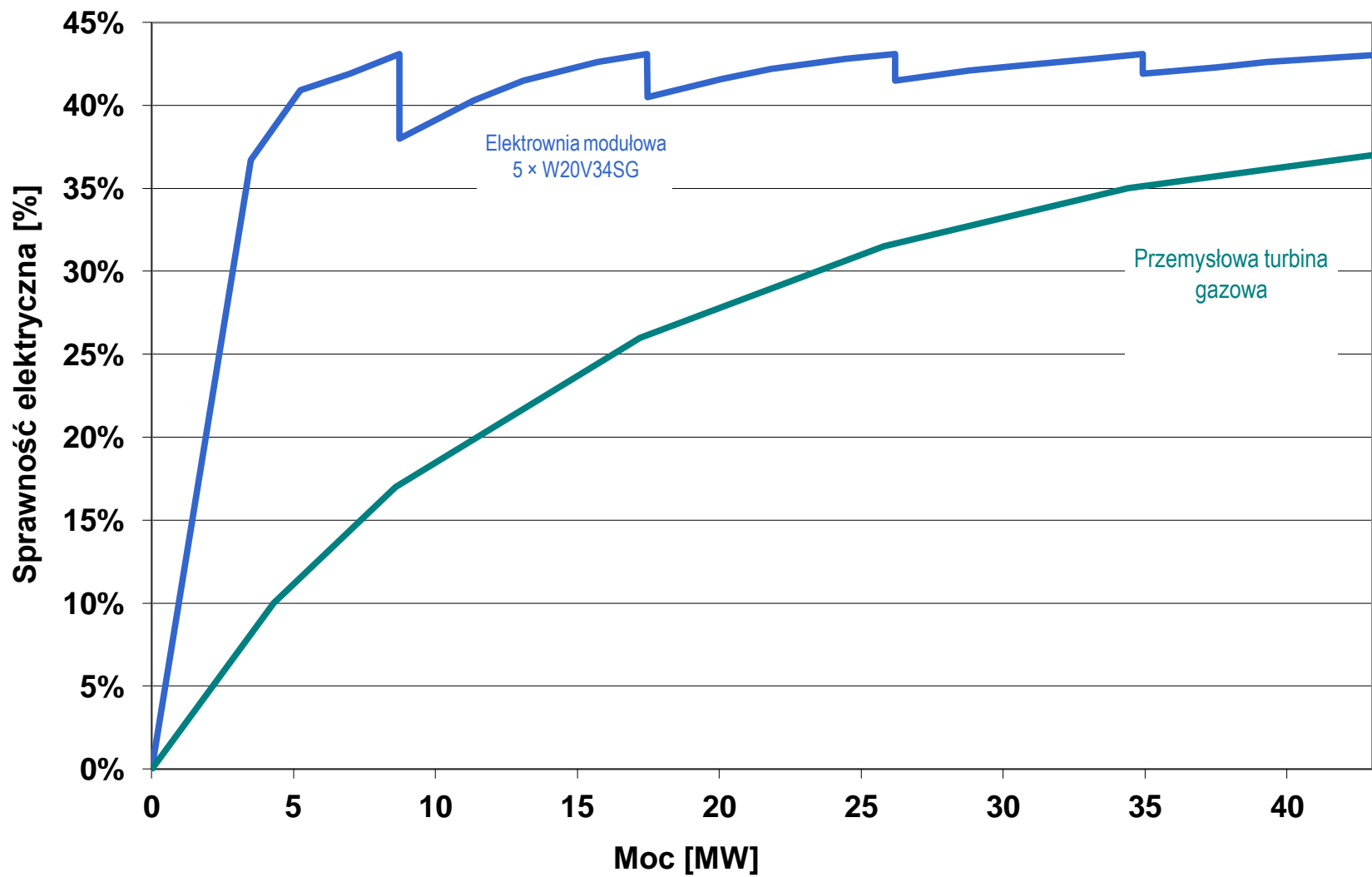
Silniki tłokowe



Czas rozruchu

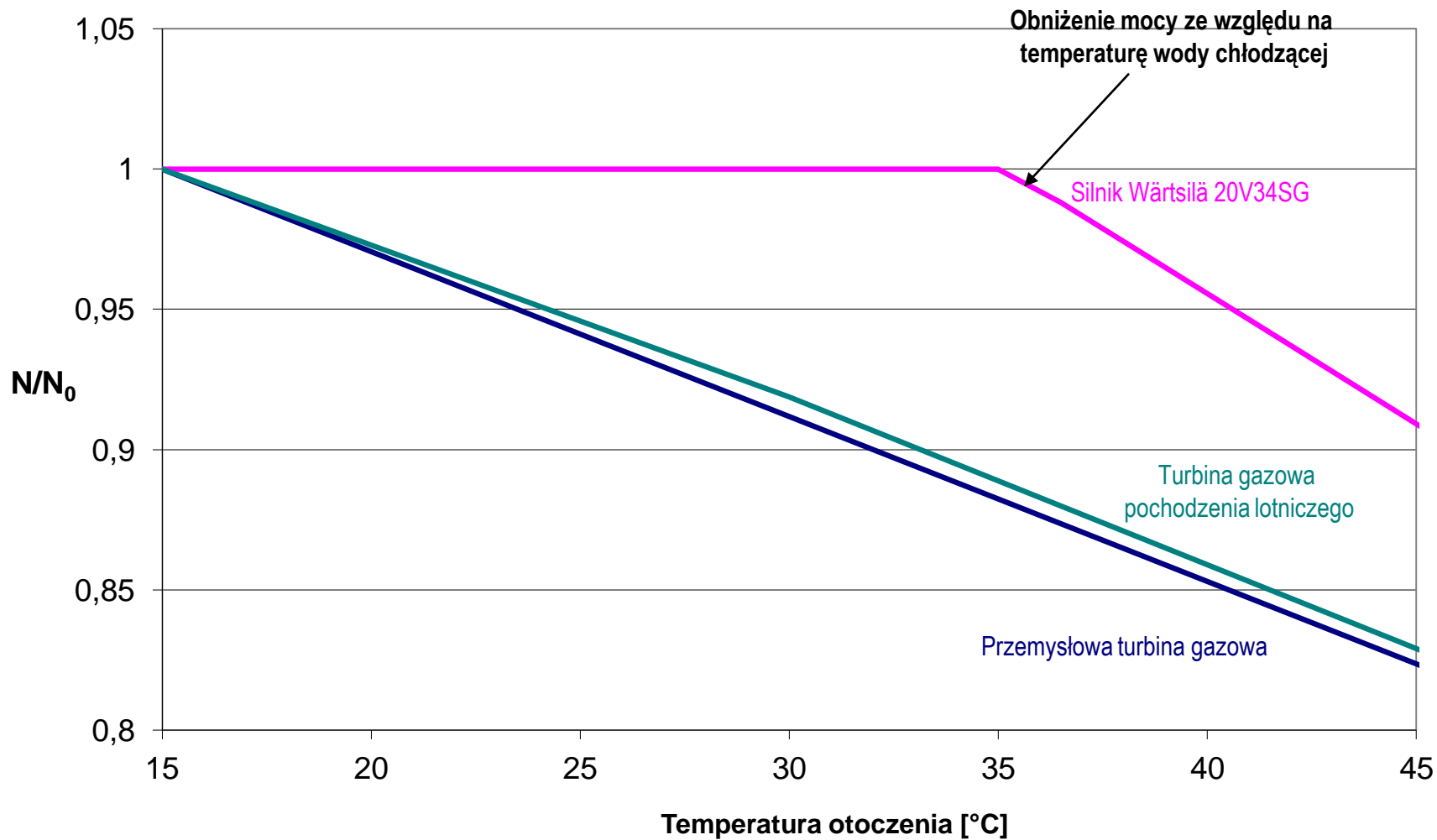


Elastyczność obiektu



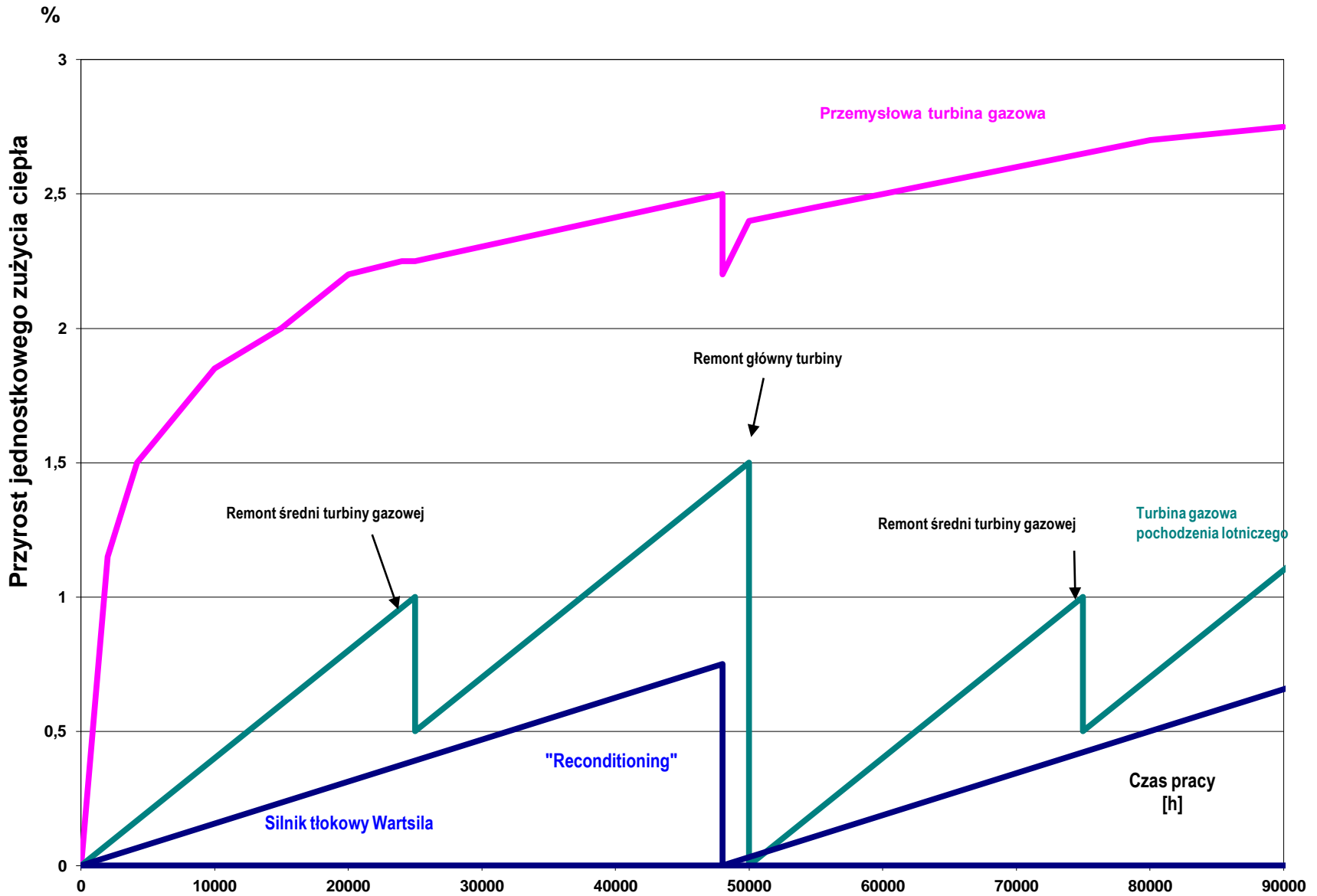
Source: Alstom product brochure 01; Wärtsilä perf

Odporność na warunki otoczenia

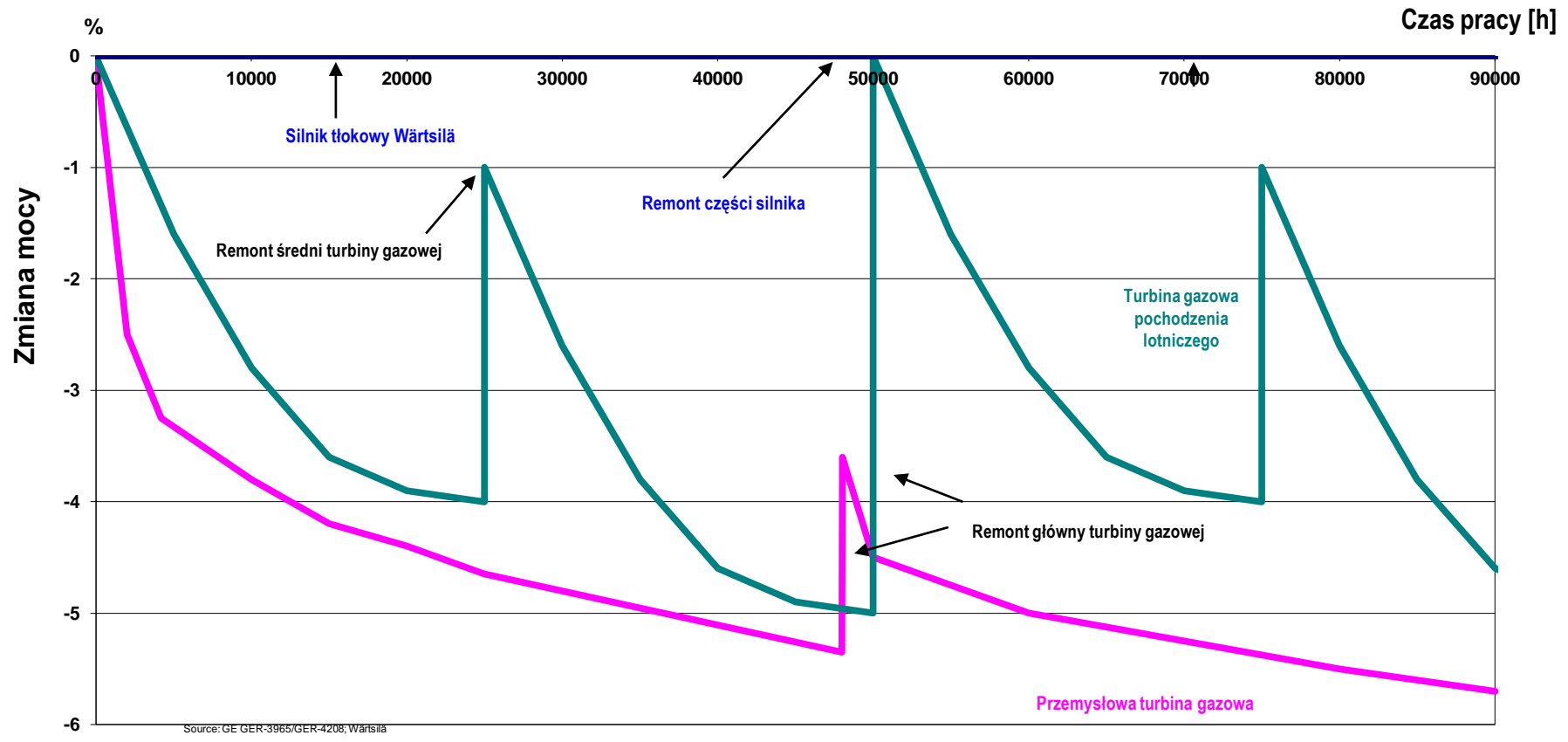


Source: GE Ger-3567 Ger-3695; Wärtsilä perf

Odporność na zużycie



Ograniczony wpływ zużycia



Silnik tłokowy a turbina gazowa – cykl prosty



Silnik tłokowy

- Wyższa sprawność
- Lepsza elastyczność
- Krótszy czas rozruchu
- Lepsza elastyczność paliwowa
- Lepsza elastyczność eksploatacji (obiekt wieloblokowy)



Turbina gazowa

- Mniejszy obiekt
- Łatwiejszy montaż



Dwusuw a czterosuw w energetyce



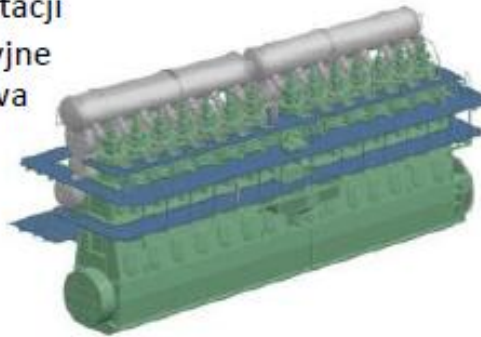
Silnik 4-suwowy

- Mniejsze rozmiary
- Niższy koszt inwestycyjny
- Niższe zużycie oleju smarnego
- Mniejsze zakłócenia do sieci
- Łatwe spalanie paliwa gazowego
- Niższe emisje



Silnik 2-suwowy

- Nieco wyższa sprawność
- Niższe koszty eksploatacji
- Nieco mniej restrykcyjne wymagania dot. paliwa ciekłego



Zwiększanie sprawności ogólnej układu



Układ
poligeneracyjny



Układ gazowo-
-parowy

Bilans energetyczny silnika

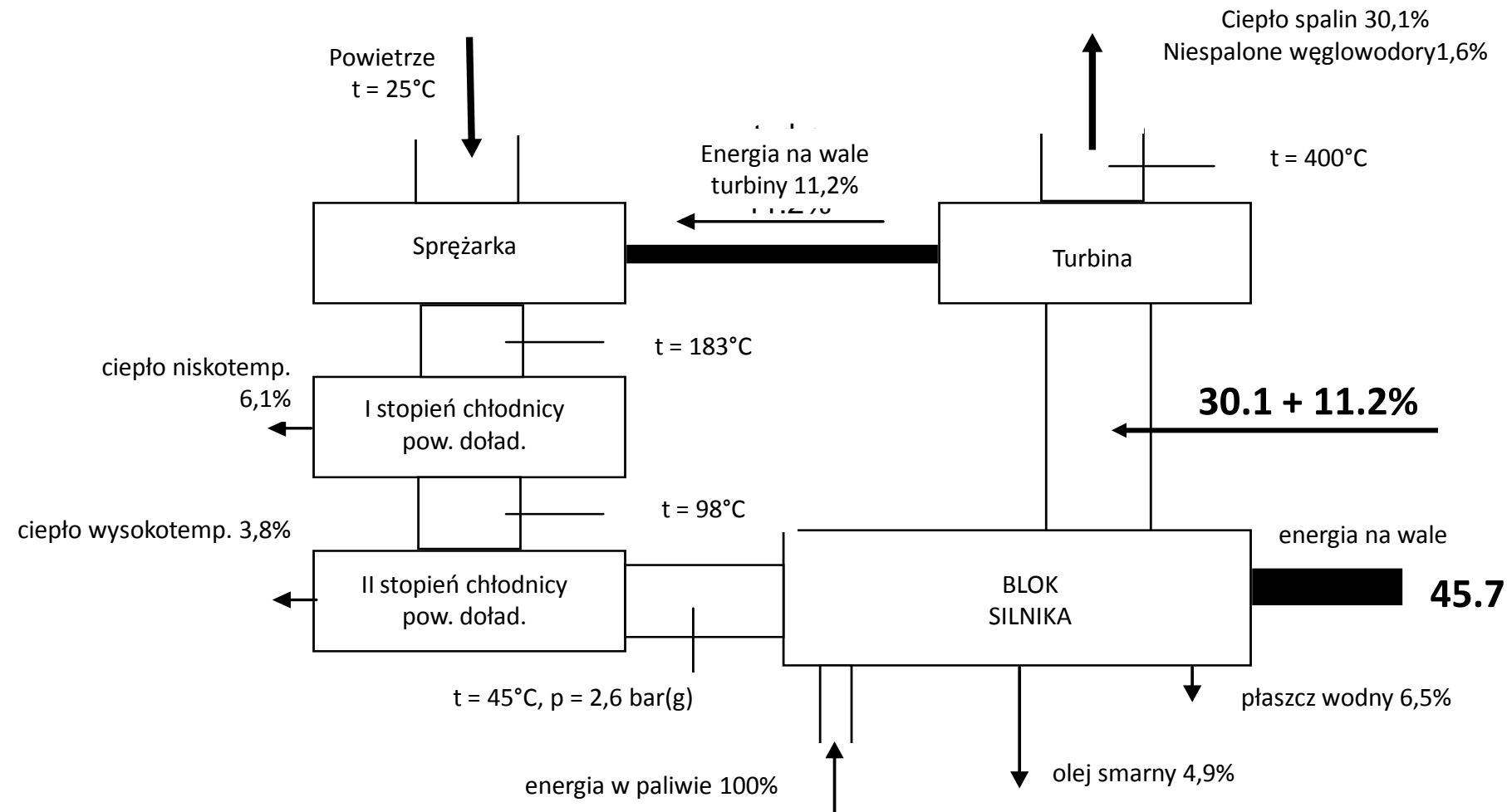


Diagram Sankeya – Silnik Wärtsilä W20V34SG

Energia na wale silnika
46%

Energia
chemiczna
paliwa
100%

Energia gazów spalinowych
31%
~400°C

Płaszcz wodny – 5,5%; ~90°C

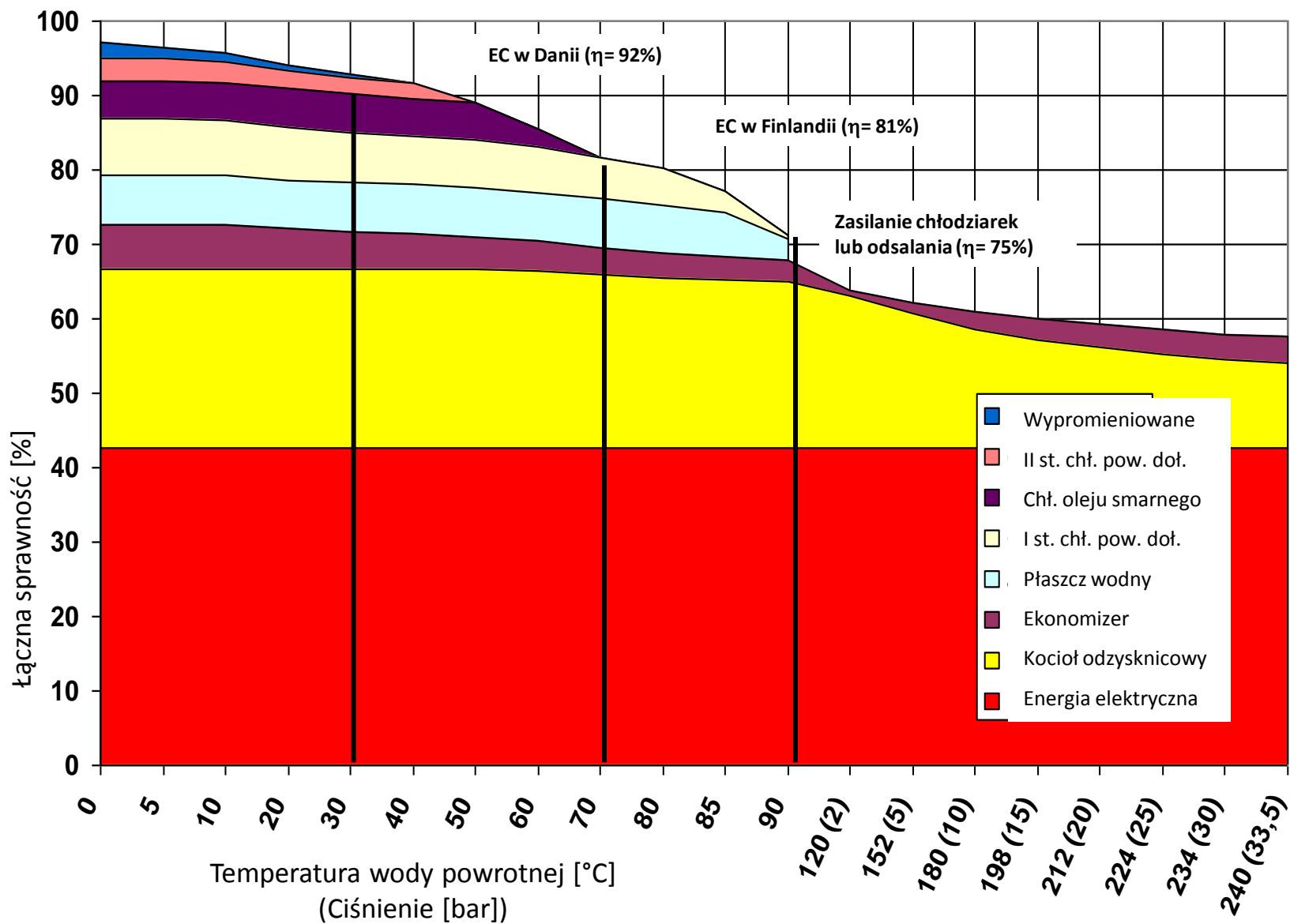
I°CPD – 5,5%; ~90°C

Chł. oleju – 5,0%; ~60°C

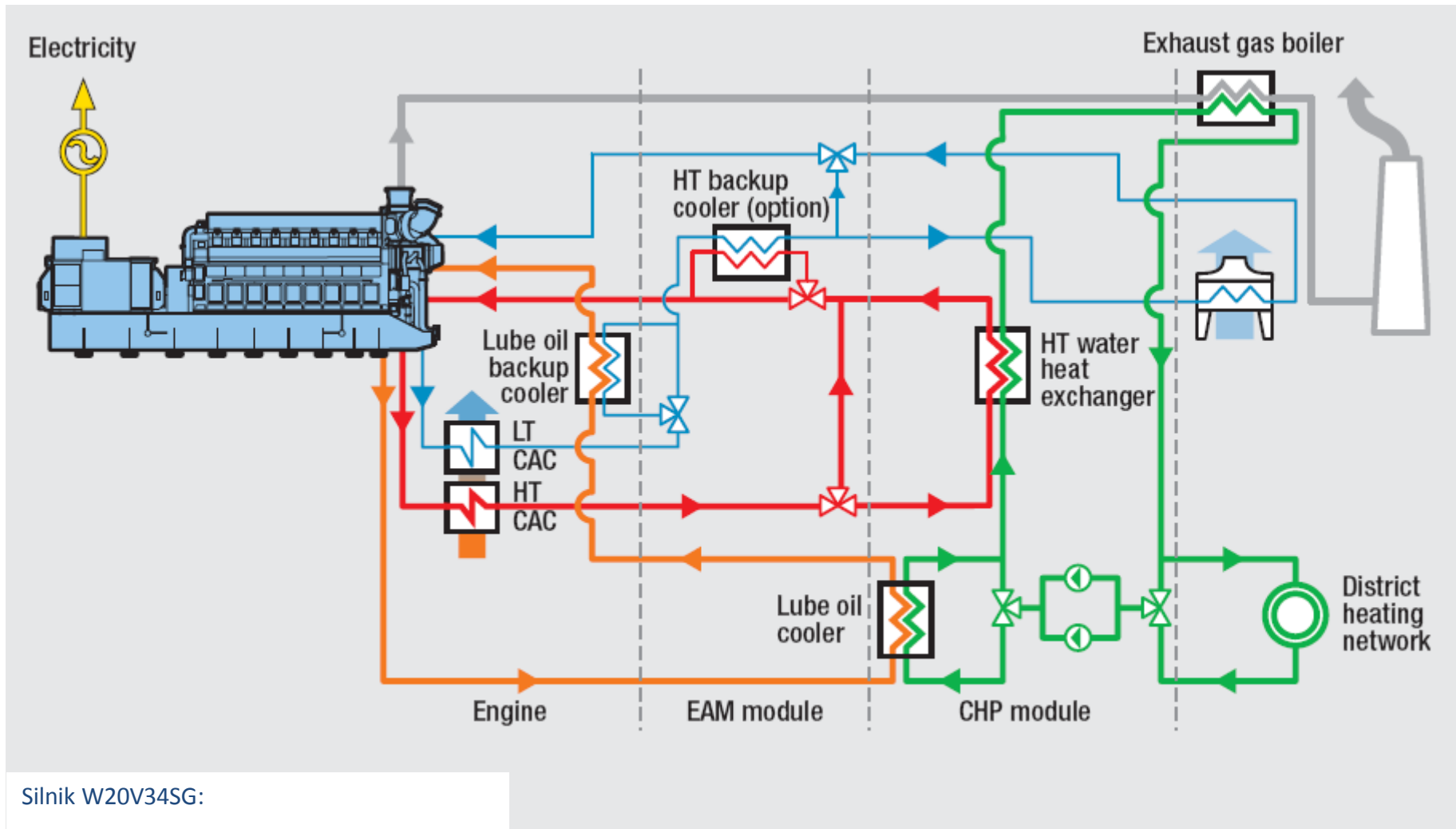
II°CPD – 4,0%; ~40°C



Możliwości odzyskania ciepła



Elektrociepłownia – produkcja wody gorącej



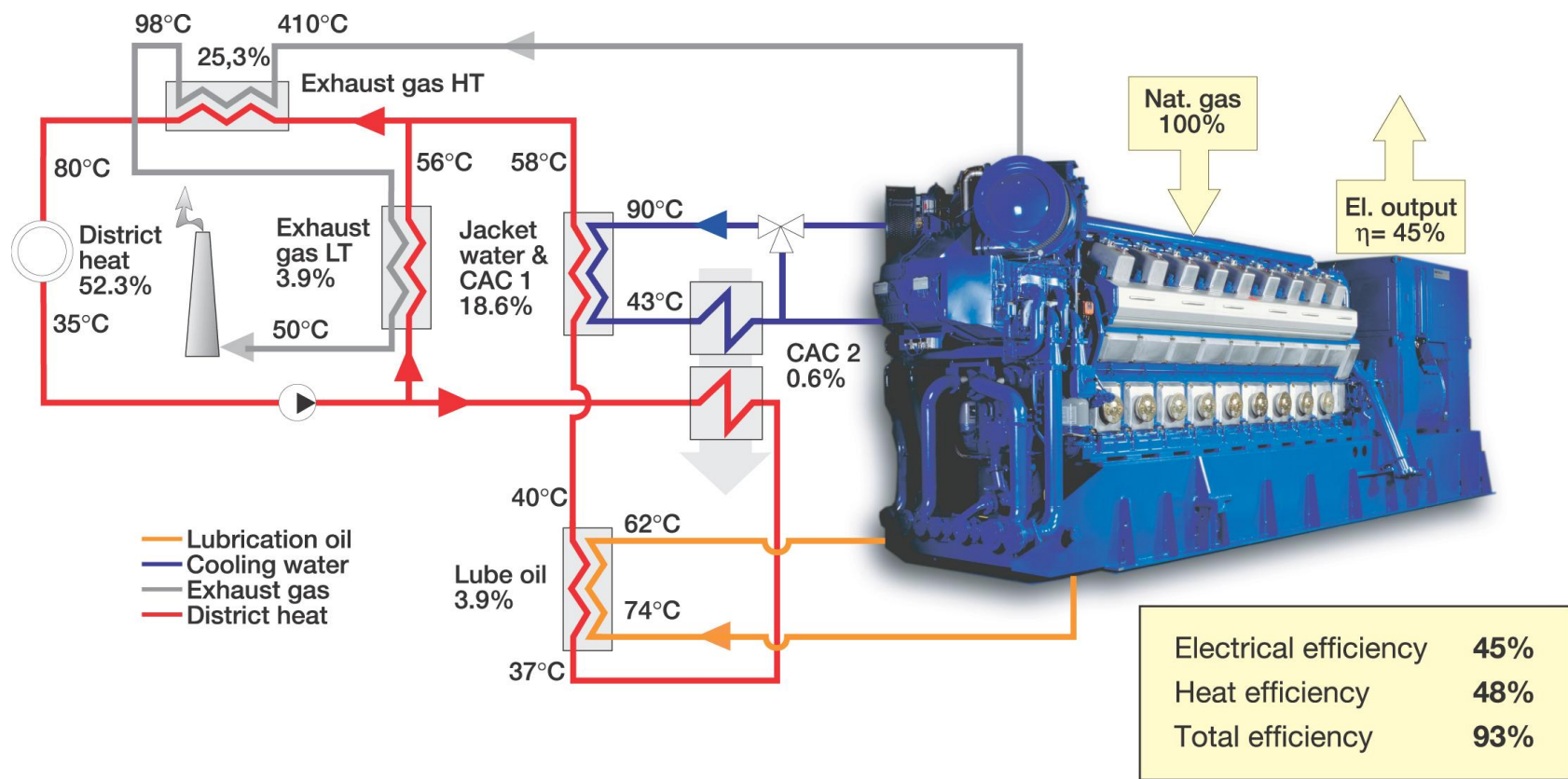
Silnik W20V34SG:

Moc na zaciskach generatora: 8730 kW_e

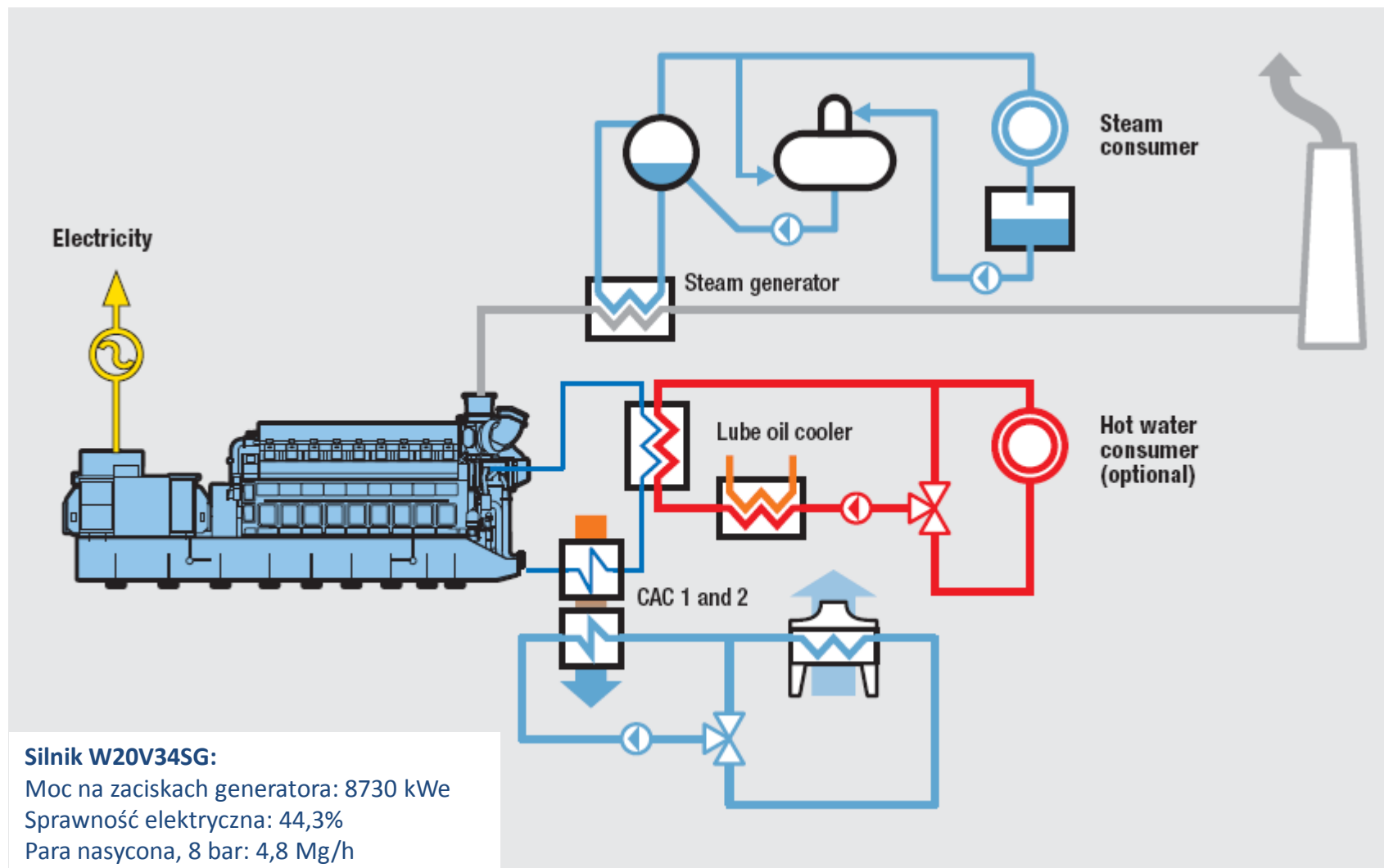
Moc cieplownicza: 8050 kW_{th}

łączna sprawność: 85%

Elektrociepłownia – warunki optymalne

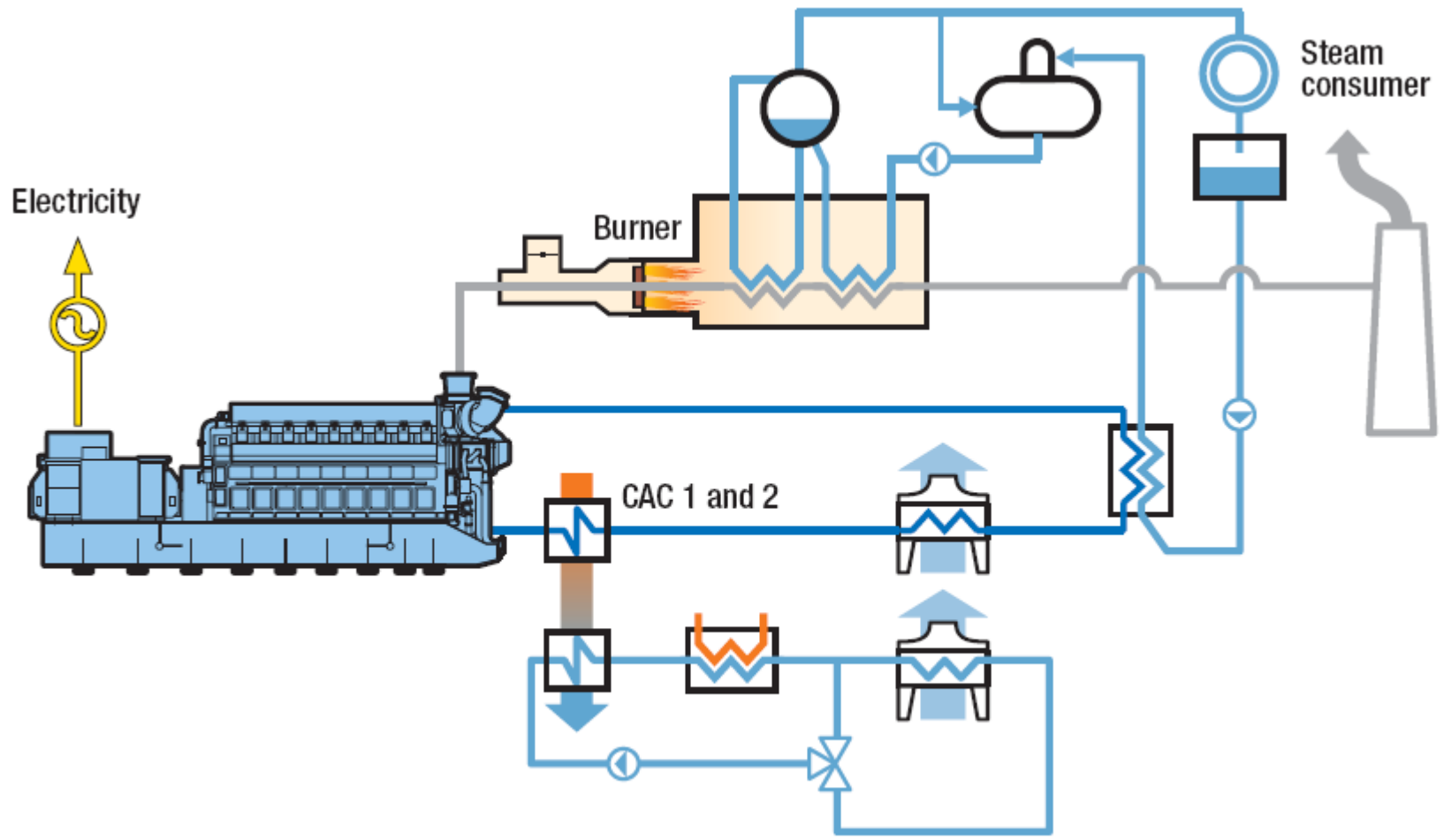


Elektrociepłownia – para + woda



Silnik W20V34SG:
Moc na zaciskach generatora: 8730 kW_e
Sprawność elektryczna: 44,3%
Para nasycona, 8 bar: 4,8 Mg/h
łączna sprawność: 60,5%
Gorąca woda 90/50°C: 3350 kW_{th}
łączna sprawność: 77%

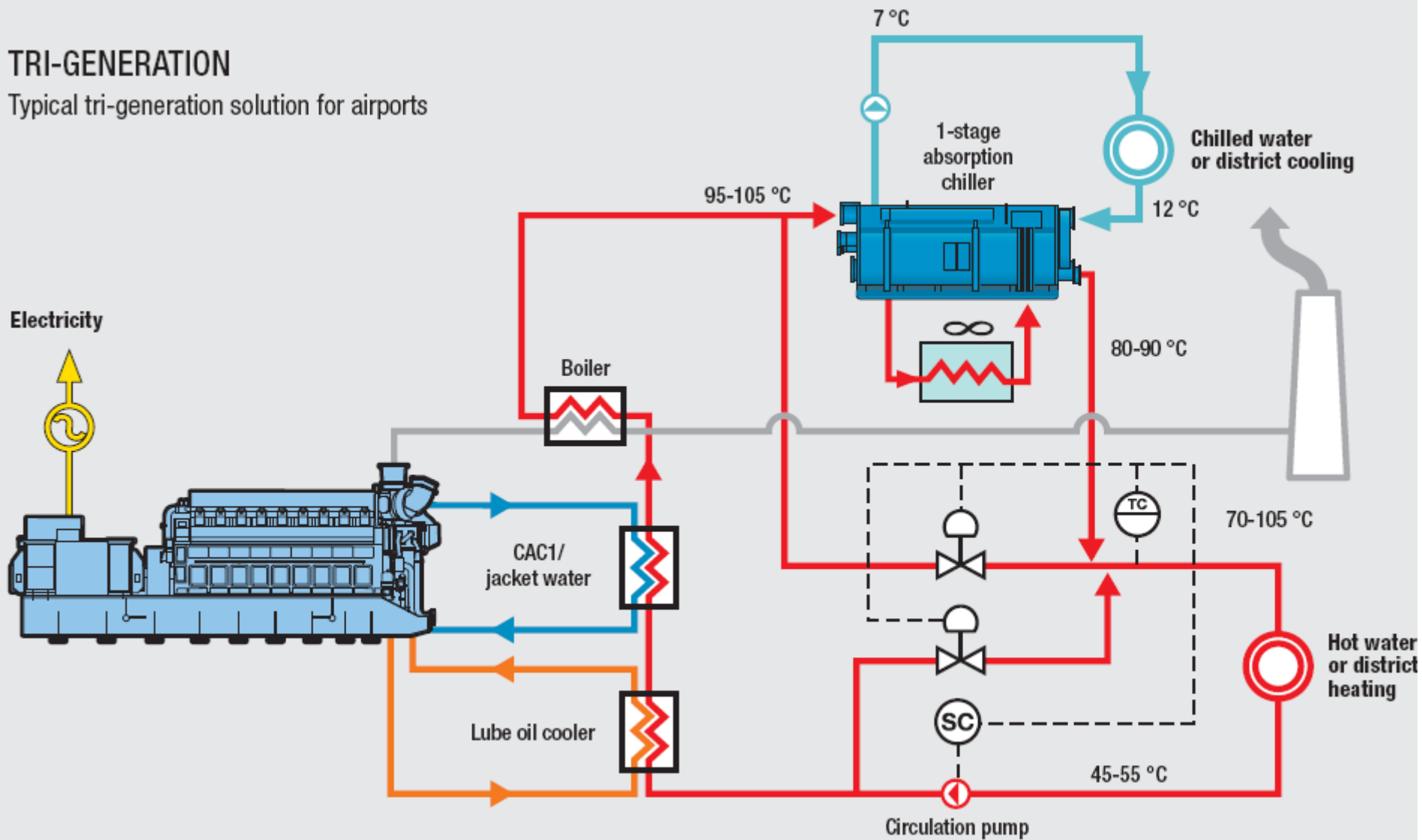
Elektrociepłownia – produkcja pary technolog.



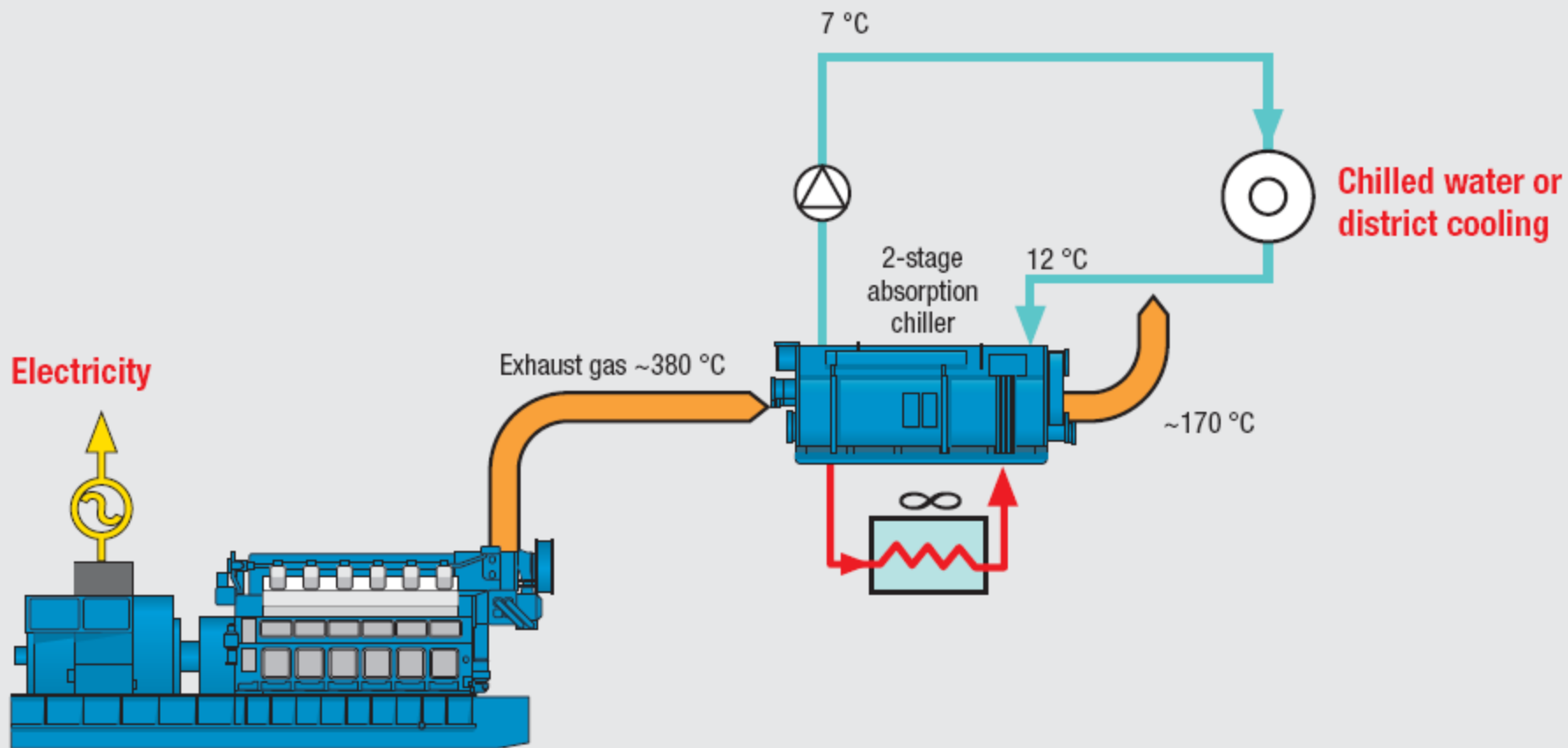
Trójgeneracja

TRI-GENERATION

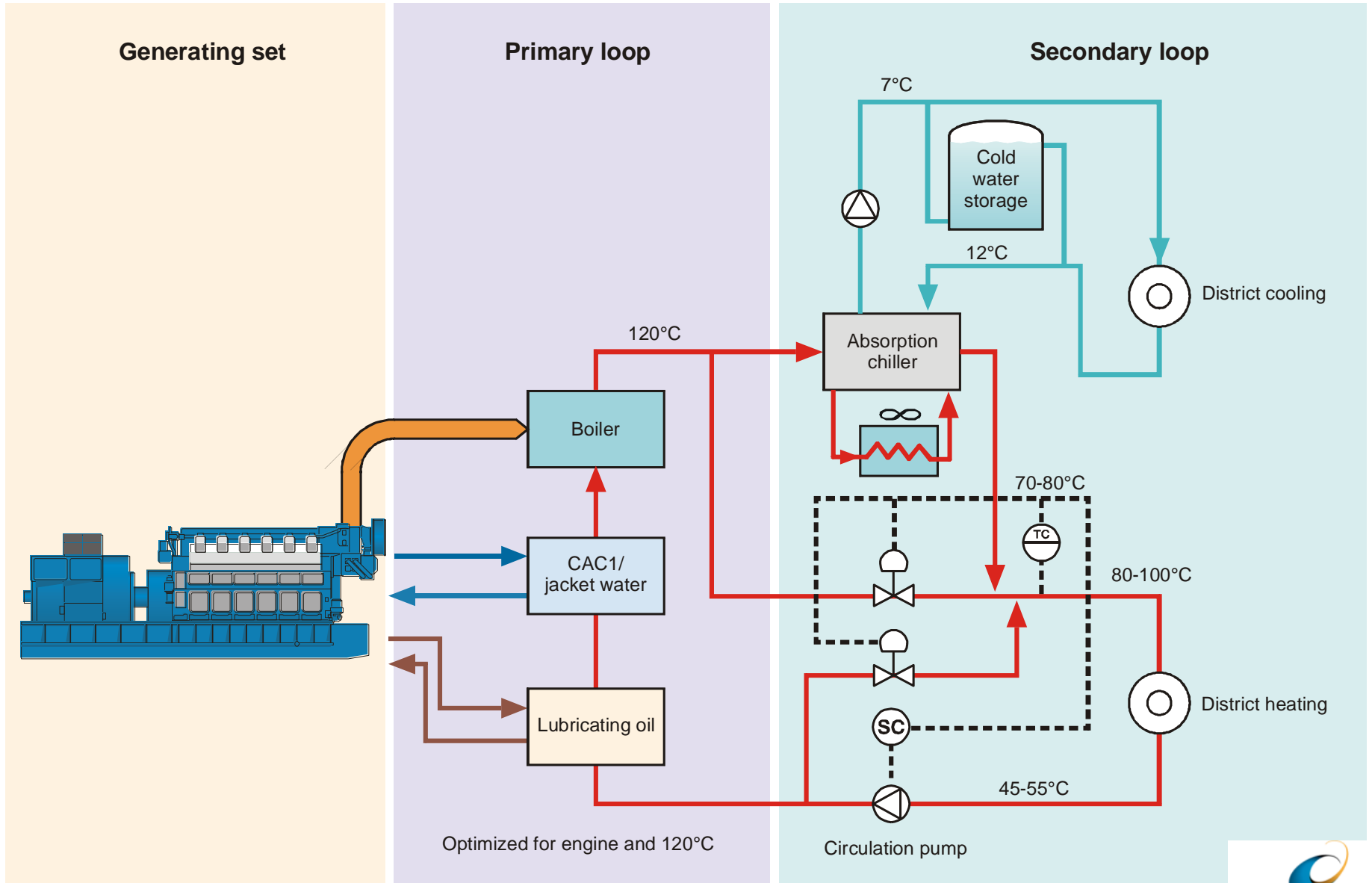
Typical tri-generation solution for airports



Kogeneracja energii elektrycznej i chłodu

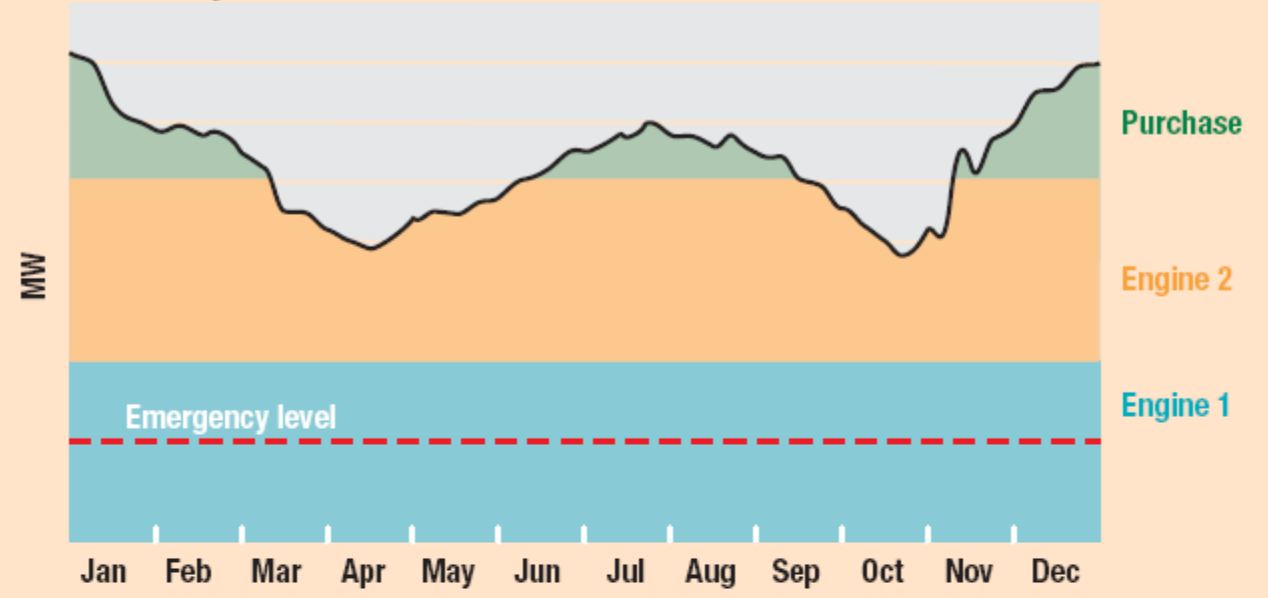


Trójgeneracja

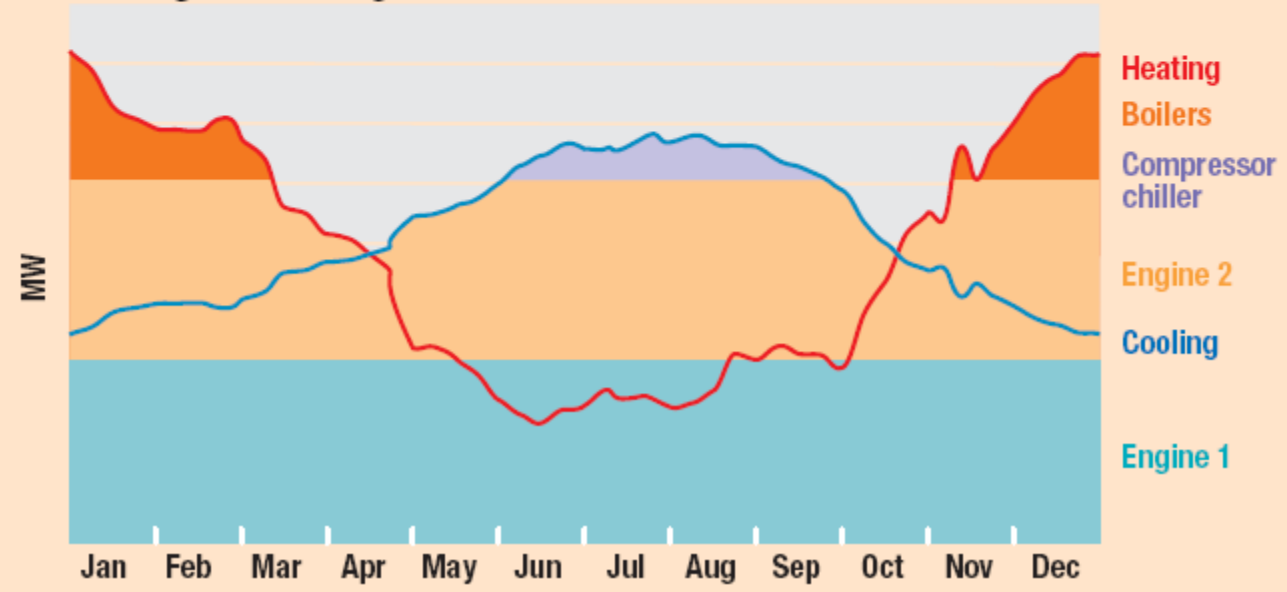


Trójgeneracja

Electricity



Heating and cooling



Układ gazowo-parowy

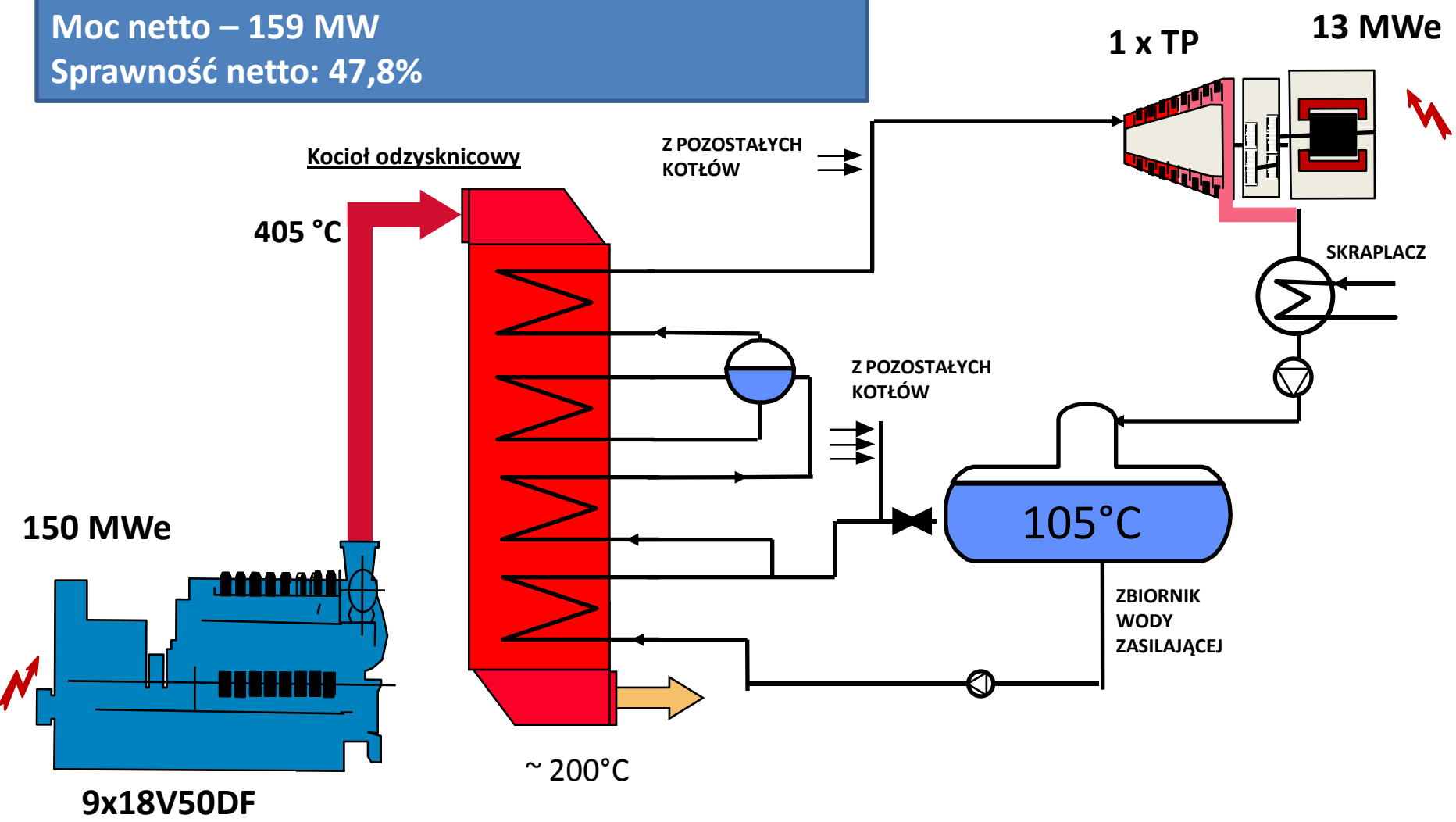


Układ gazowo-parowy



Układ gazowo-parowy Wärtsilä

Układ gazowo-parowy
Moc netto – 159 MW
Sprawność netto: 47,8%

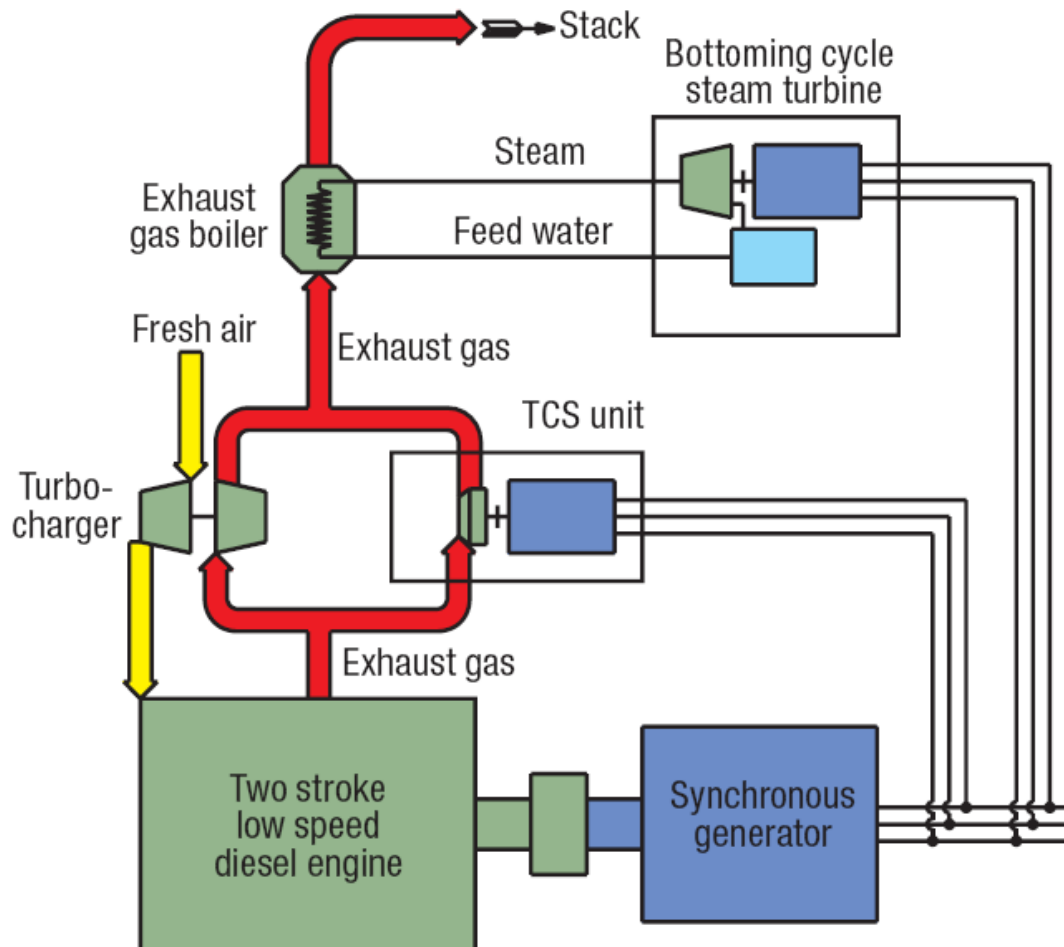


Układ gazowo-parowy MAN B&W

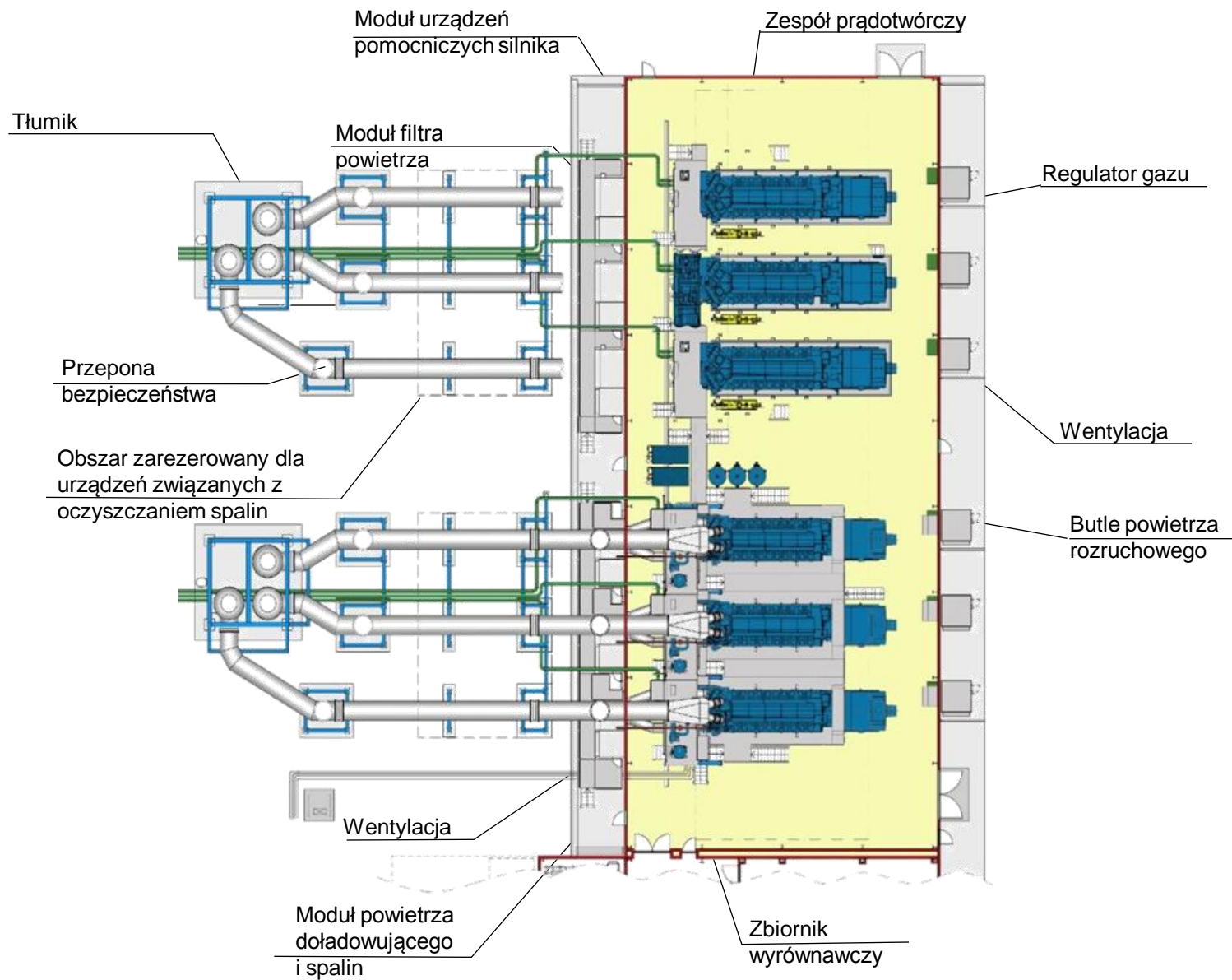
MAN B&W

General Information

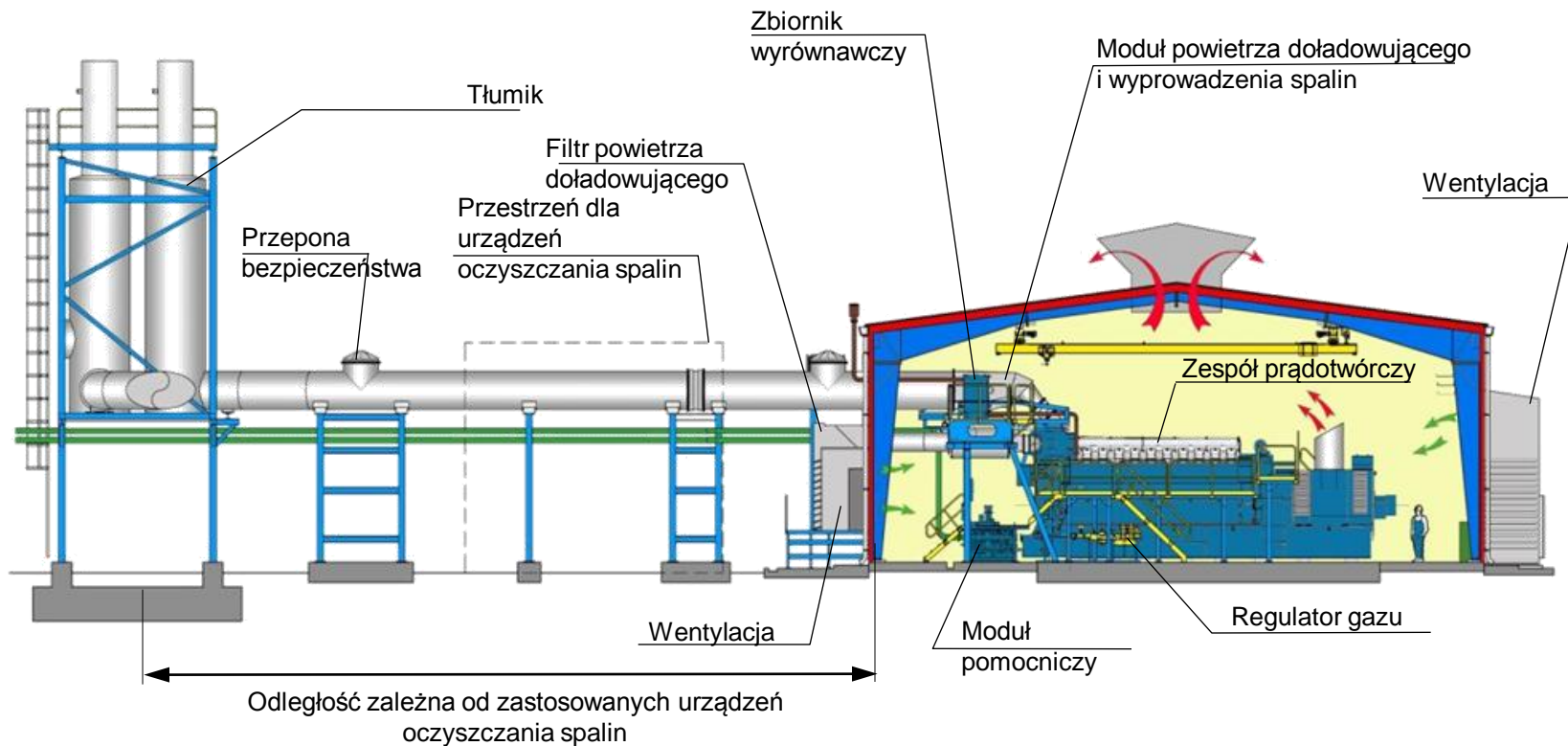
Two-stroke Low Speed Diesel Engine of MAN B&W Design in Combined Cycle



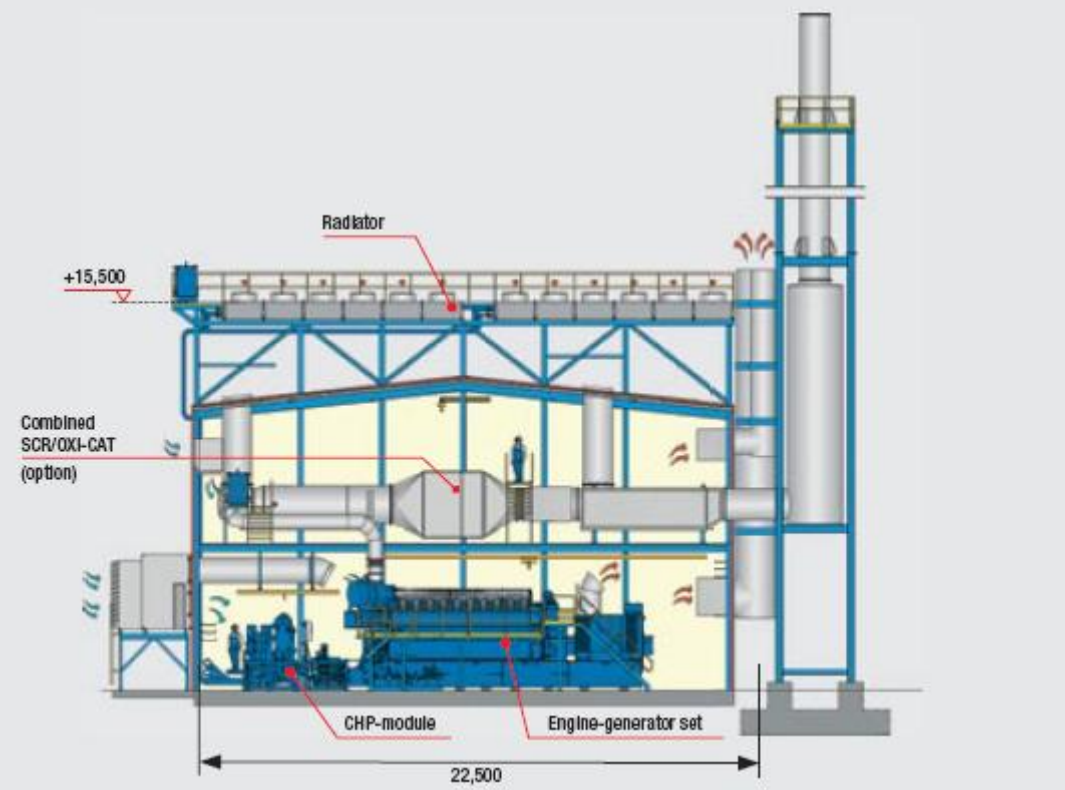
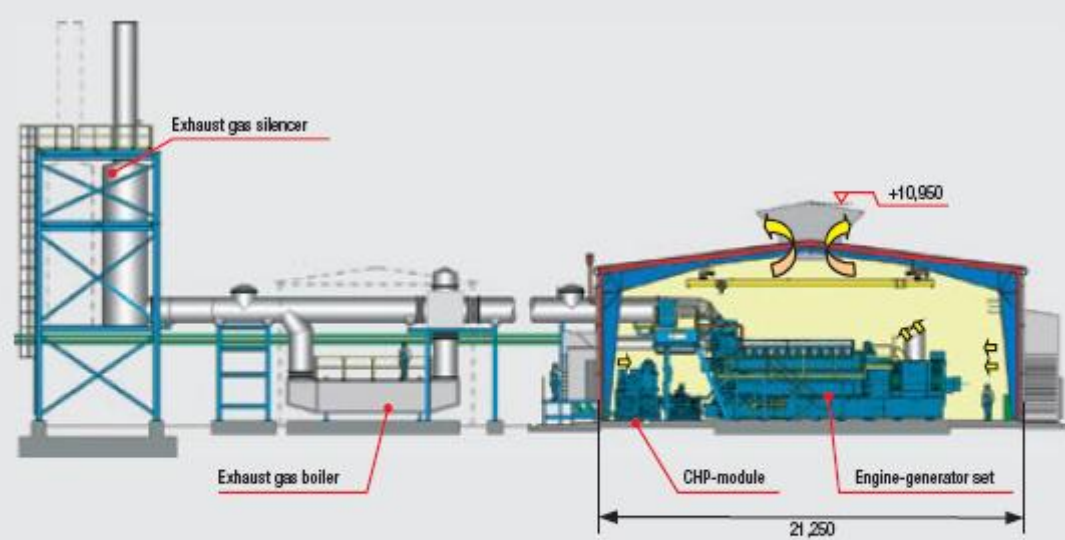
Plan obiektu



Przekrój obiektu

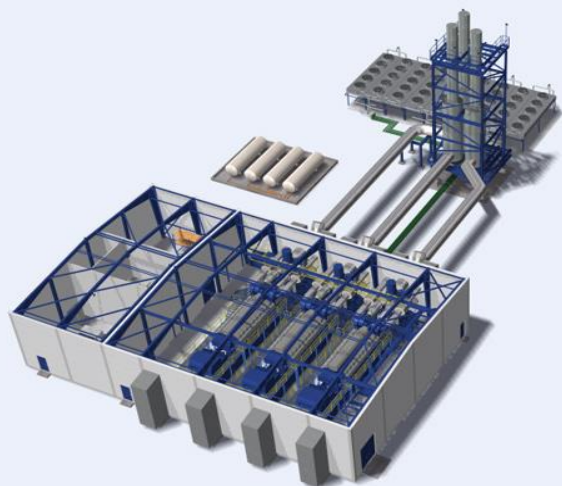


Przekrój obiektu



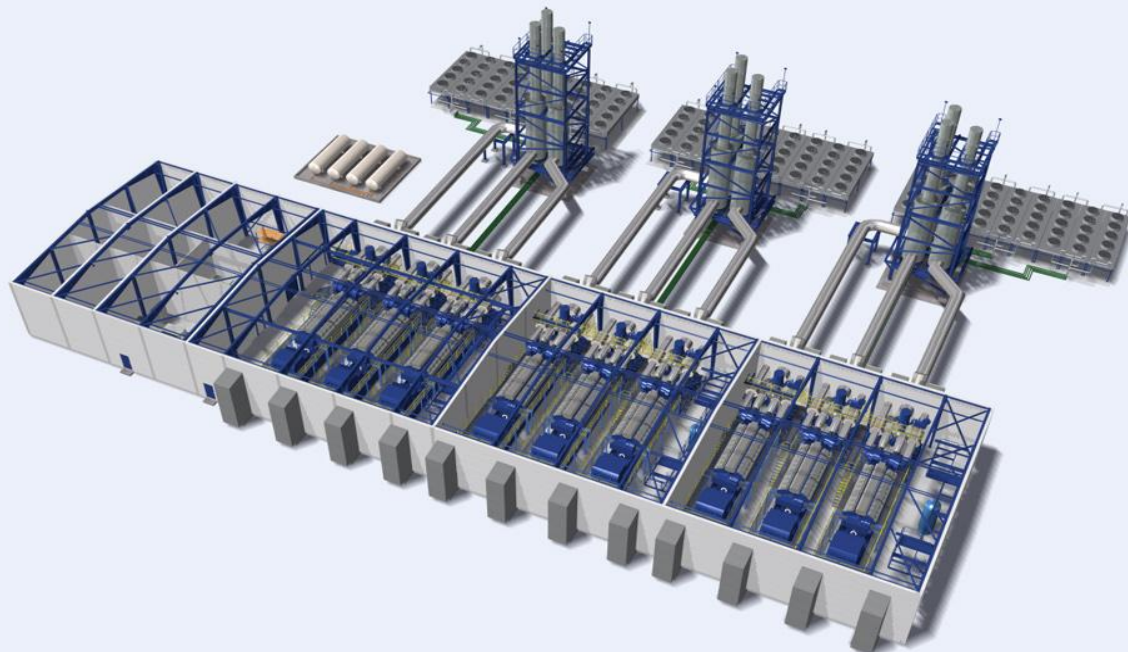
Obiekt modułowy

25 MW



3 x Wärtsilä 20V34SG

75 MW



Rozszerzenie do 9 x Wärtsilä 20V34SG

Budowa



Przykładowe obiekty – porty lotnicze



Detroit

- 3 × Wärtsilä 18V34SG
- 16,20 MW_e
- 7,30 MW_t

Søndre Strømfjord

- 2 × Wärtsilä 6L20
- 1 × Wärtsilä 9L20
- 3,14 MW_e
- 2,20 MW_t

Madrid-Barajas

- 6 × Wärtsilä 18V32DF
- 33,60 MW_e
- 24,00 MW_t
- 18,00 MW_c

Przykładowe obiekty – elektrociepłownie



Ujpalota (HUN)

- 3 × Wärtsilä 20V34SG
- 20,0 MW_e
- 19,2 MW_t
- $\eta = 84,6\%$



Győr (HUN)

- 3 × Wärtsilä 18V34SG
- 19,0 MW_e
- 16,4 MW_t
- $\eta = 82,9\%$



Ringkøbing (DEN)

- 1 × Wärtsilä 20V34SG
- 8,0 MW_e
- 9,6 MW_t
- $\eta = 96,3\%$

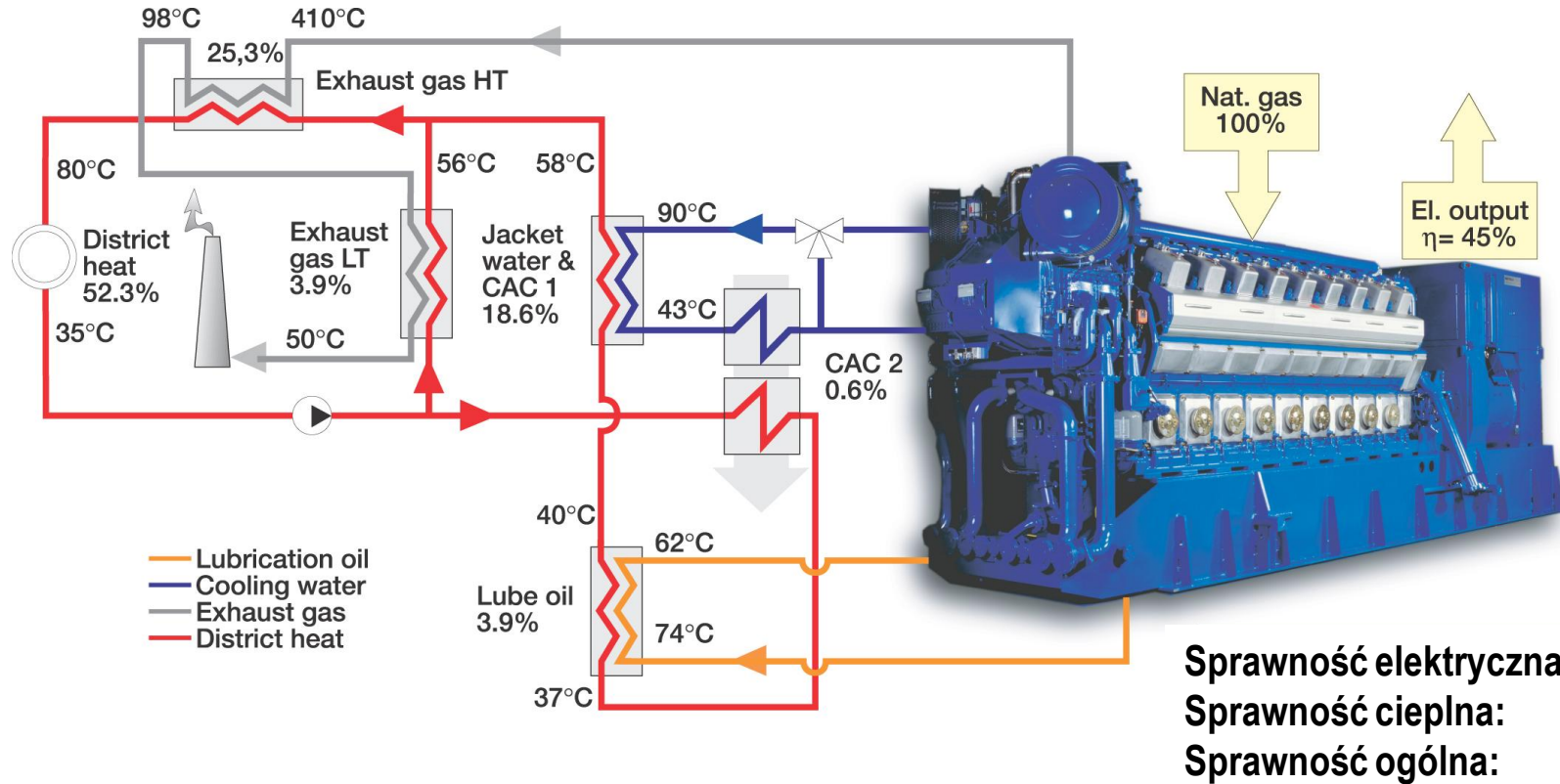
Przykładowe obiekty – Dania



EC Ringkøbing: jeden silnik 20V34SG eksploatowany od 2001.
Łączna sprawność 96,3% (temperatura wody powrotnej 35°C)!

Maksymalizacja sprawności

EC, optymalny odzysk ciepła



Przykładowe obiekty – elektrownie



Cabras, Guam (USA)

- 2 × MAN
B&W
12K80MC-S
- 82,6 MW_e



Plains End II (USA-CO)

- 14 × Wärtsilä
20V34SG
- 118 MW_e



Sangaszal (AZE)

- 18 × Wärtsilä
18V50DF
- 308 MW_e

Przykładowe obiekty – Polska



Gdańsk- -Matarnia

- 2 × Jenbacher J320 GS
- 2,1 MW_e
- 2,5 MW_t

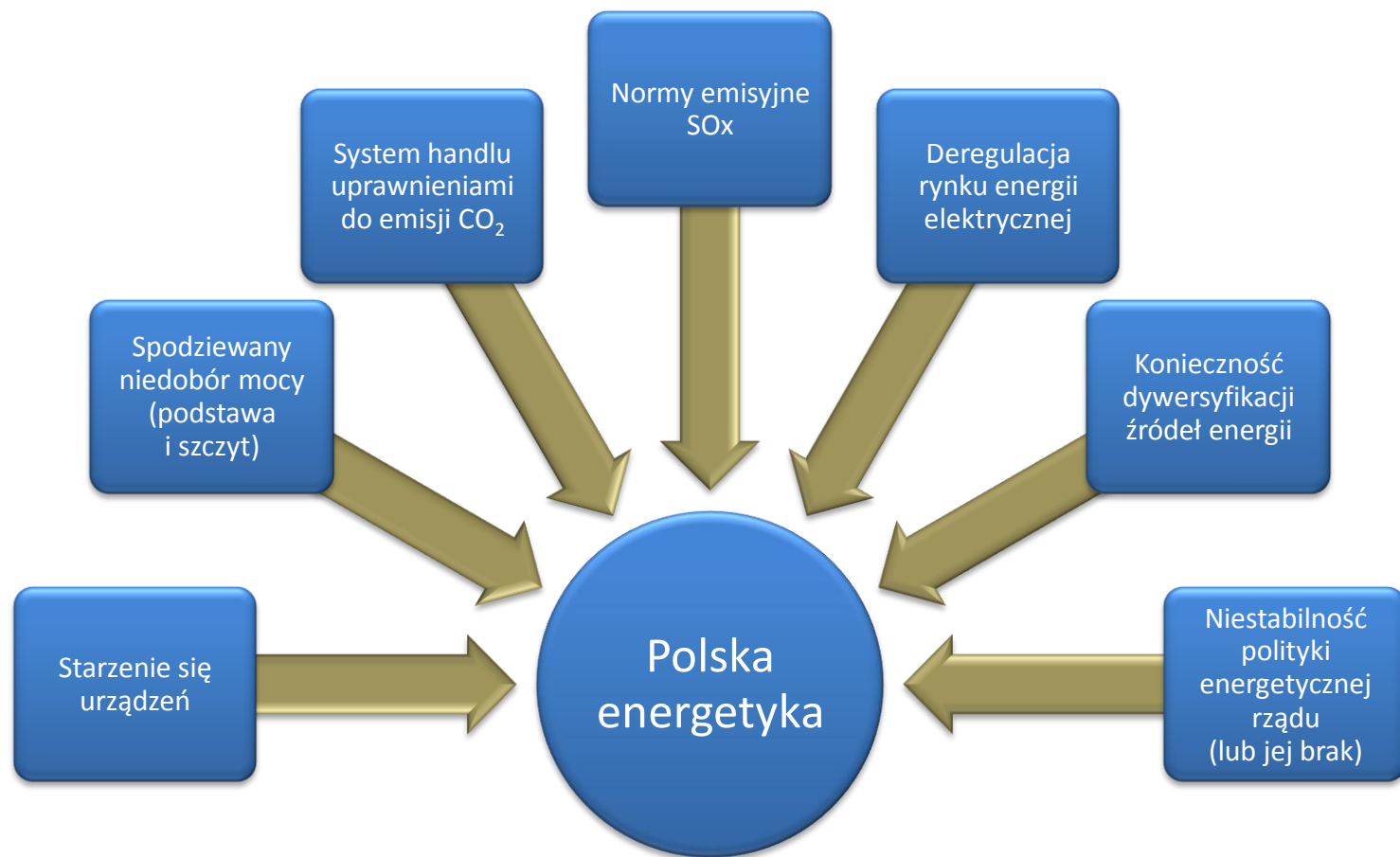
Geotermia Podhalańska

- 3 × Jenbacher JMS312
- 1,6 MW_e
- 2,1 MW_t

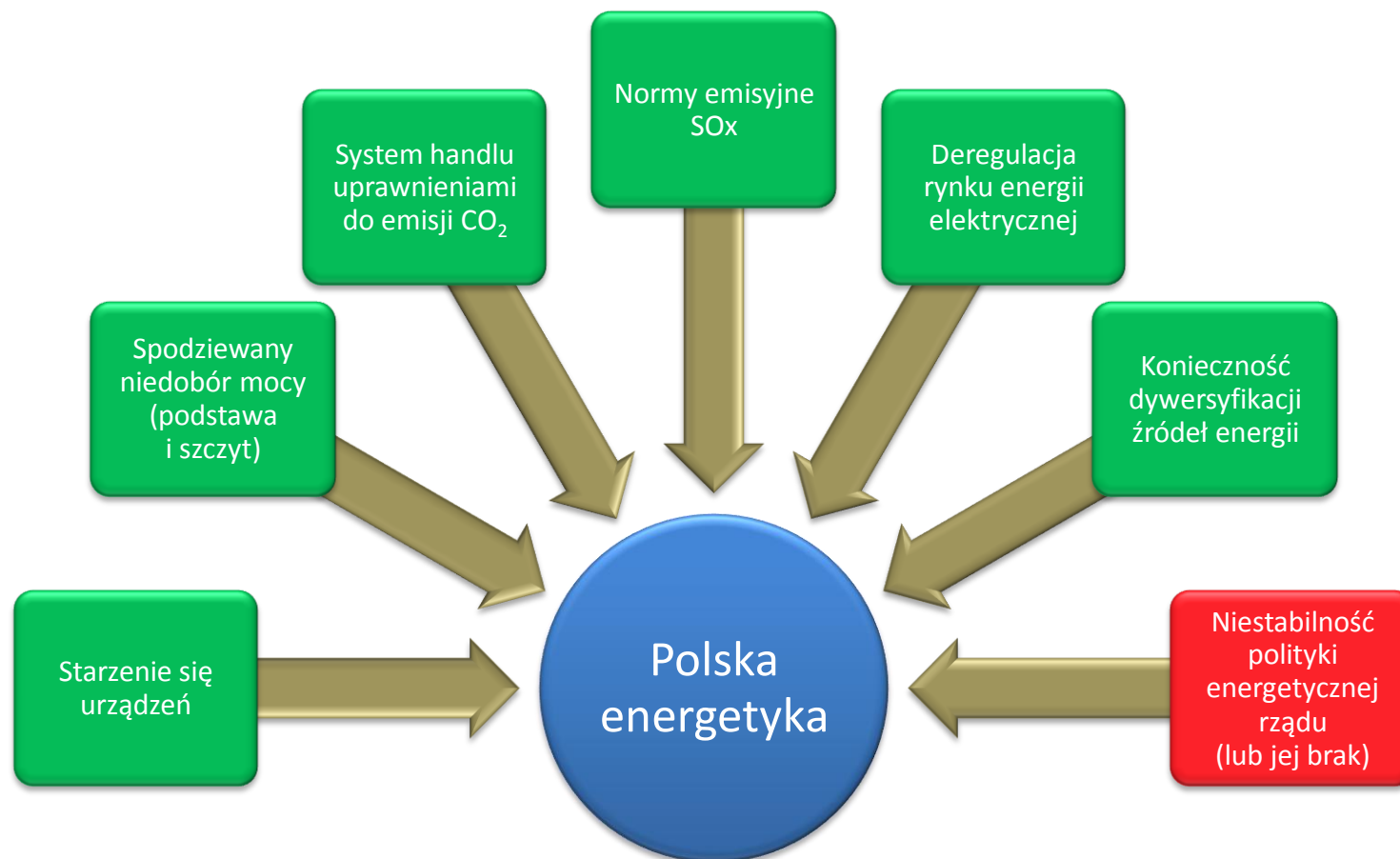
KWK Pniówek

- 2 × Deutz TBG632V16
- 1 × Deutz TCG632V16
- 10,3 MW_e

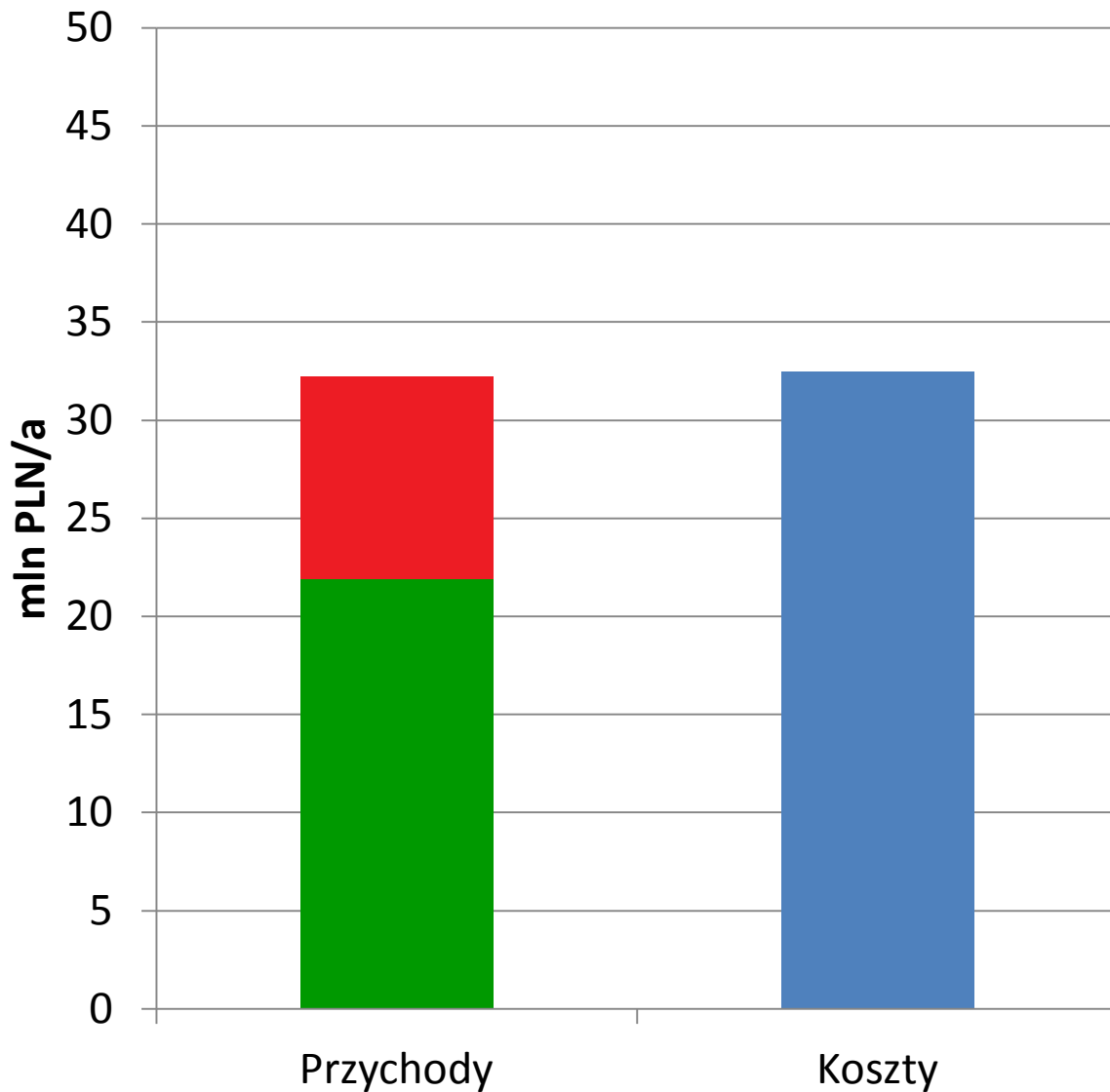
Analiza rynku polskiego – skala makro



Analiza rynku polskiego – skala makro



Czy to się opłaca finansowo w Polsce?

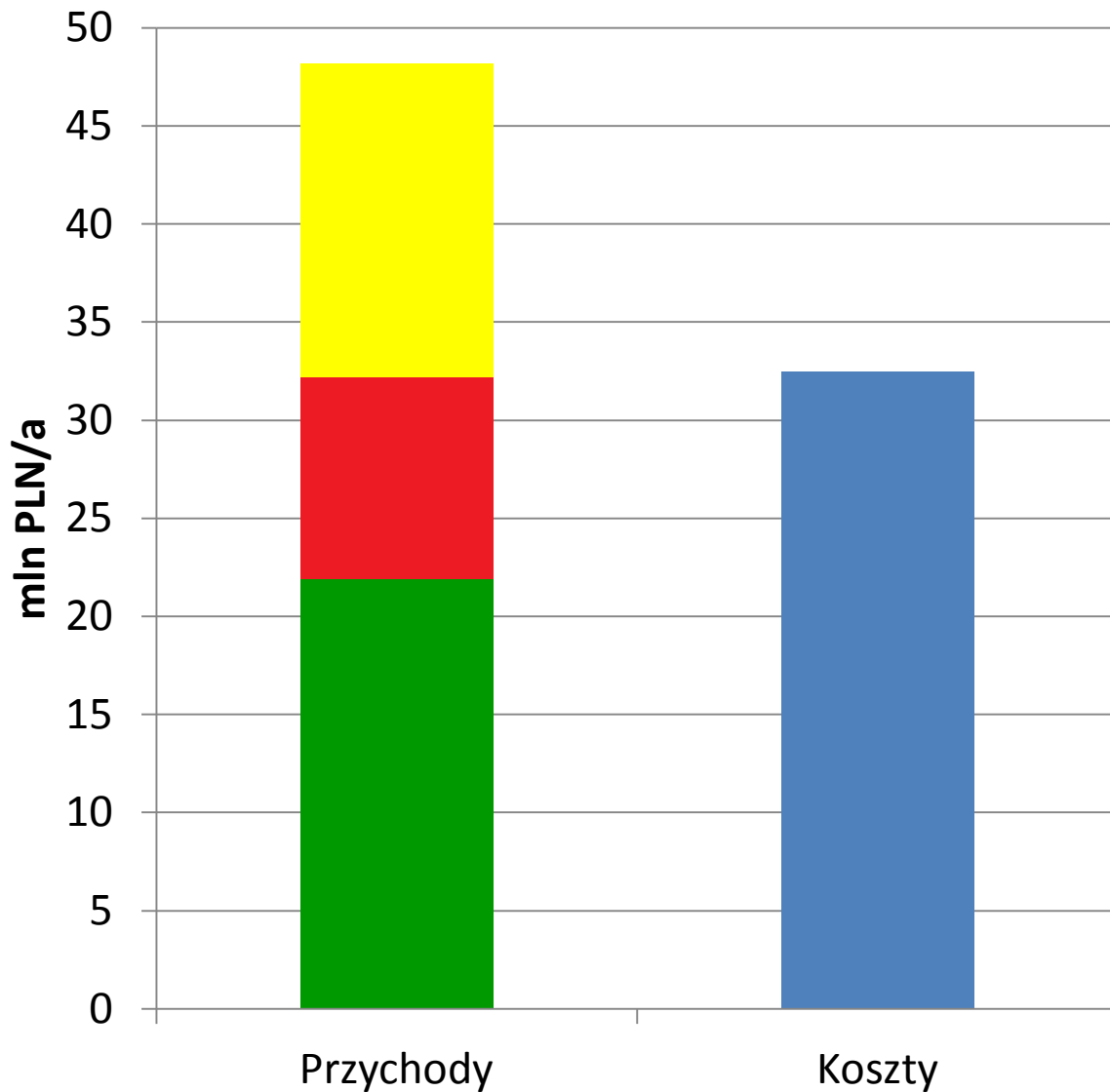


Elektrociepłownia
2 silniki gazowe
Wärtsilä 20V34SG

- Ciepło
- Energia elektryczna
- Paliwo



Czy to się opłaca finansowo w Polsce?

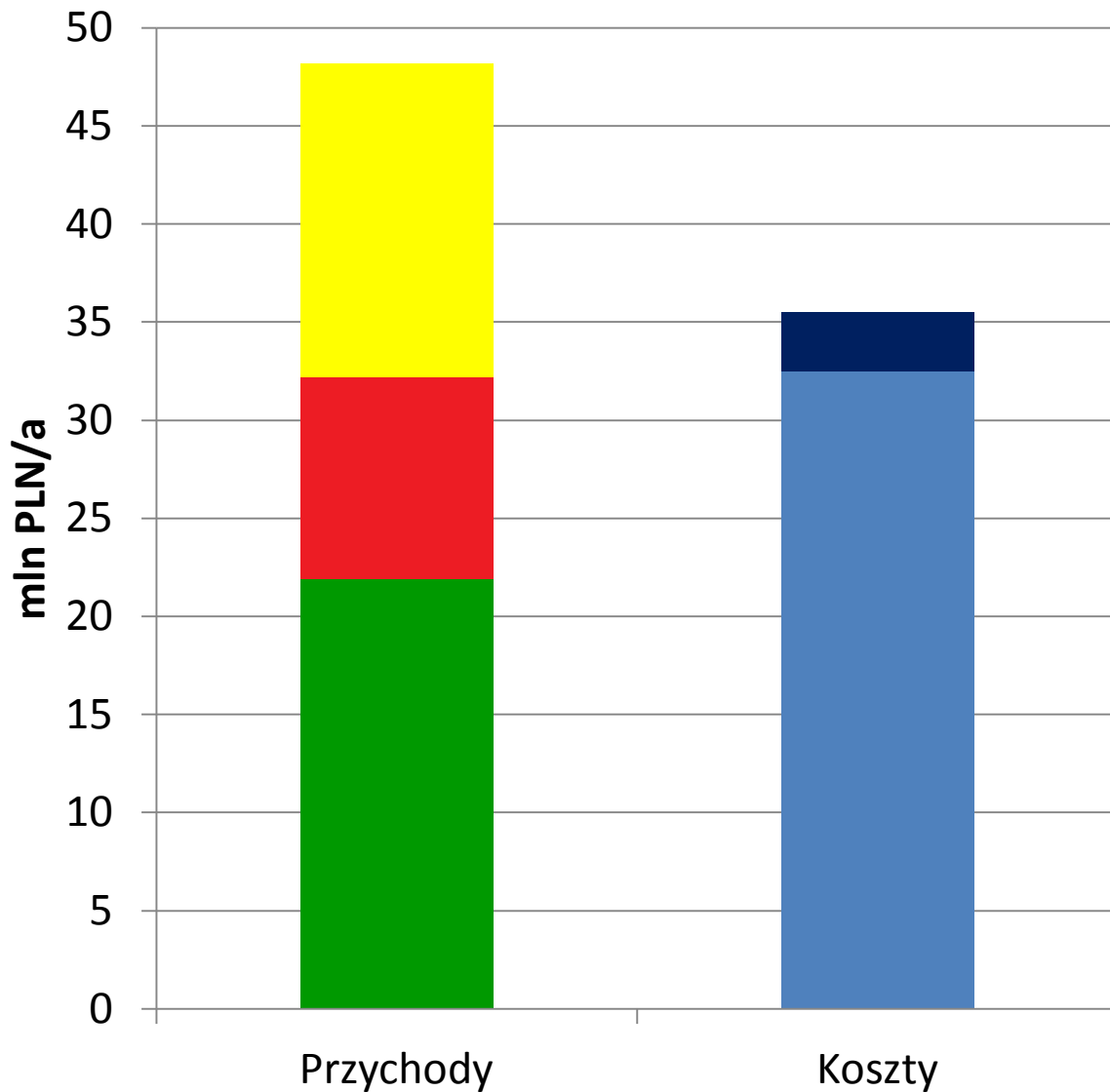


Elektrociepłownia
2 silniki gazowe
Wärtsilä 20V34SG

- Świadectwa pochodzenia
- Ciepło
- Energia elektryczna
- Paliwo



Czy to się opłaca finansowo w Polsce?



Elektrociepłownia
2 silniki gazowe
Wärtsilä 20V34SG

- Eksploatacja
- Świadectwa pochodzenia
- Ciepło
- Energia elektryczna
- Paliwo



GAS ENGINES

Wärtsilä 34SG

Technical data 50 Hz/750 rpm	Unit	9L34SG	16V34SG	20V34SG
Power, electrical	kW	3888	6970	8730
Heat rate	kJ/kWh	7817	7753	7737
Electrical efficiency	%	46.1	46.4	46.5
Technical data 60 Hz/720 rpm				
Power, electrical	kW	3758	6737	8439
Heat rate	kJ/kWh	7817	7753	7737
Electrical efficiency	%	46.1	46.4	46.5
Dimensions and dry weight with generating set				
Length	mm	10400	11303	12890
Width	mm	2780	3300	3300
Height	mm	3842	4472	4243
Weight	tonne	77	120	132

Heat rate and electrical efficiency at generator terminals, including engine-driven pumps, ISO 3046 conditions and LHV > 28 MJ/m³. Tolerance 5%. Power factor 0.8. Gas Methane Number >80.

outputs and efficiencies

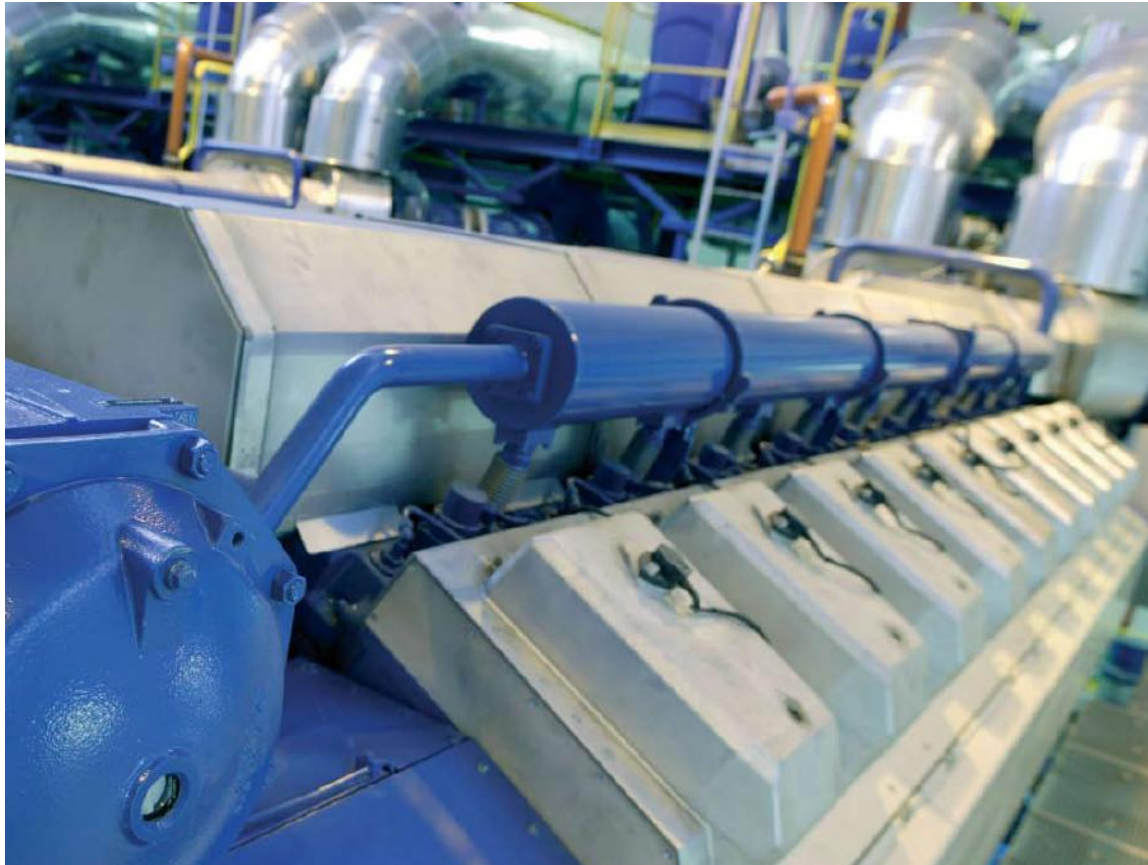
Natural gas

		1,500 rpm 50 Hz					1,500 rpm 60 Hz				
NOx <	Type	Pel (kW) ²	η_{el} (%)	Pth (kW) ²	η_{th} (%)	η_{tot} (%)	Pel (kW) ²	η_{el} (%)	Pth (kW) ²	η_{th} (%)	η_{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	612	1,820	43.3	1,792	42.7	86.0	1,801	42.9	1,814	43.2	86.1
	616	2,433	43.4	2,399	42.8	86.2	2,390	42.6	2,431	43.4	86.0
	620	3,041	43.0	3,020	42.7	85.7	2,994	42.3	3,062	43.3	85.6
250 mg/m ³ _N	612	1,820	42.6	1,843	43.2	85.8	1,801	42.2	1,865	43.7	85.9
	616	2,433	42.9	2,420	42.7	85.6	2,390	42.2	2,452	43.3	85.5
	620	3,041	42.3	3,070	42.7	85.0	2,994	41.6	3,112	43.3	84.9

Biogas

		1,500 rpm 50 Hz					1,500 rpm 60 Hz				
NOx <	Type	Pel (kW) ²	η_{el} (%)	Pth (kW) ²	η_{th} (%)	η_{tot} (%)	Pel (kW) ²	η_{el} (%)	Pth (kW) ²	η_{th} (%)	η_{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	612	1,458	39.8	1,648	45.0	84.8	1,432	39.1	1,671	45.6	84.7
	616	1,946	39.8	2,196	45.0	84.8	1,914	39.2	2,220	45.4	84.6
	620	2,425	39.7	2,746	45.0	84.7	2,388	39.1	2,779	45.5	84.6
250 mg/m ³ _N	612	1,458	39.2	1,645	44.2	83.4	1,432	38.5	1,668	44.8	83.3
	616	1,946	39.2	2,194	44.2	83.4	1,914	38.6	2,218	44.7	83.3
	620	2,425	39.1	2,743	44.2	83.3	2,388	38.5	2,776	44.7	83.2

2) Electrical output based on ISO standard output and standard reference conditions according to ISO 3046/I-1991 and p.f. = 1.0 according to VDE 0530 REM with respective tolerance; minimum methane number 80 for natural gas
 3) Total heat output with a tolerance of +/- 8%, exhaust gas outlet temperature 120°C, for biogas exhaust gas outlet temperature 180°C
 All data according to full load and subject to technical development and modification.



Dziękuję za uwagę.

Adam Rajewski
adam.rajewski@gmail.com