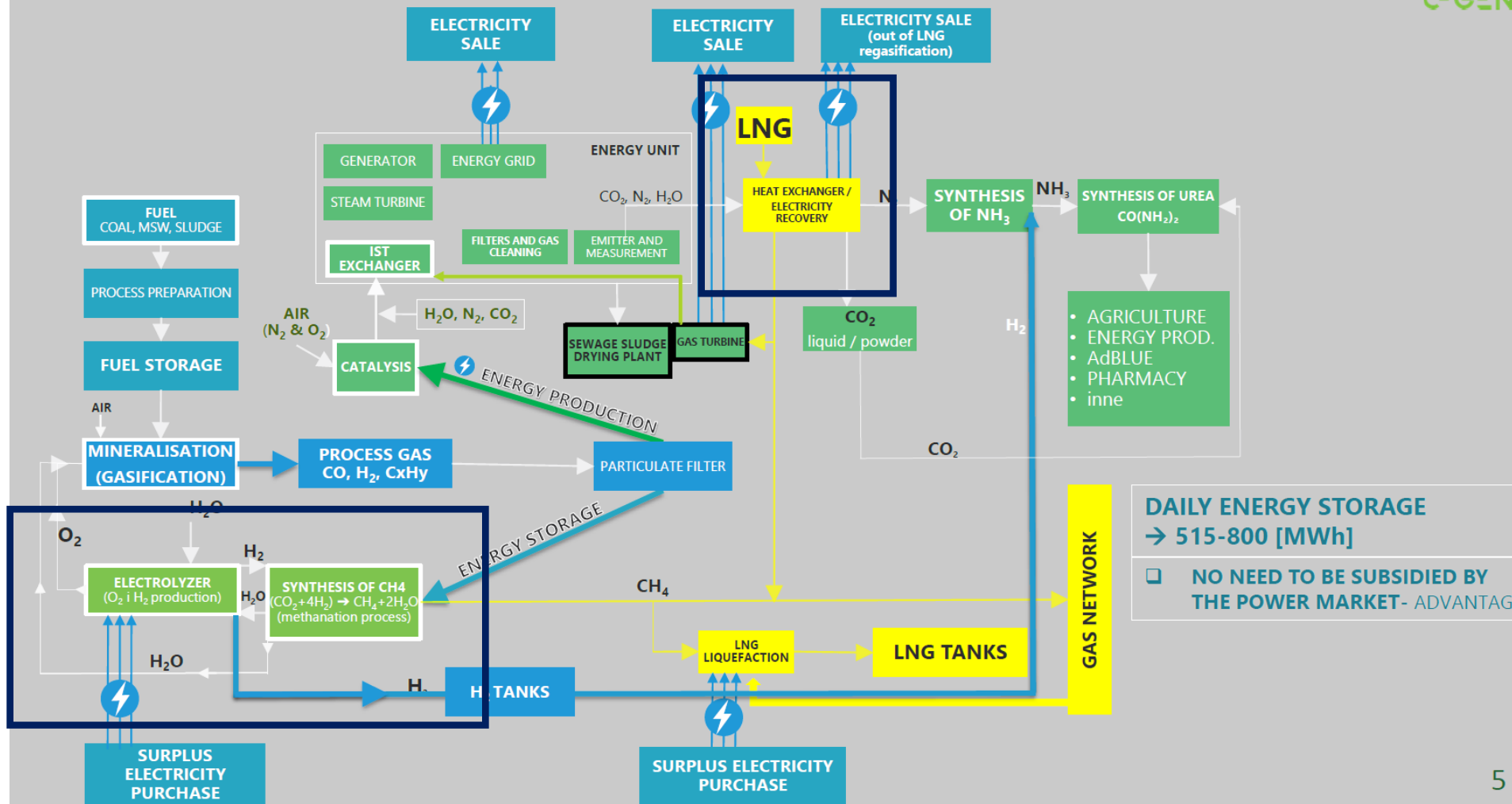


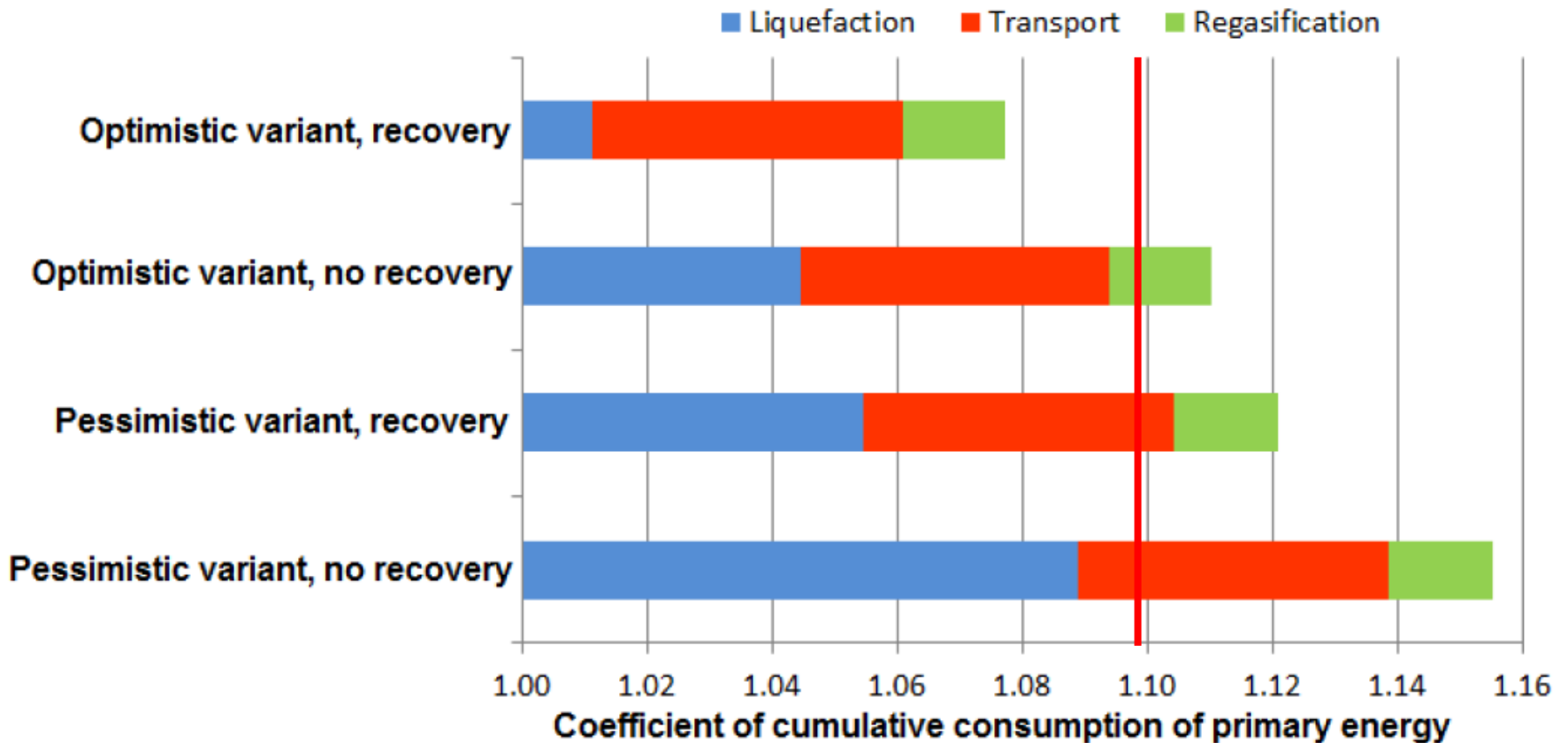
Weryfikacja technologii C-GEN technikami paradygmatu egzergetycznego

Wojciech Stanek
Katedra Techniki Ciepłej, Pol. Śl.
wojciech.stanek@polsl.pl

C-GEN – comprehensive technology – CHP & P2G & P2P ZERO – EMISSION POWER PLANT (50MW)



Technologie produkcji wodoru



TEC gaz ziemny

Technologie produkcji wodoru

Sprawności energetyczne technologii wytwarzania wodoru zasilanych paliwami (na podstawie [2])

Technologia	Paliwo	Sprawność energetyczna, % *
Reforming parowy	Gaz ziemny	65 – 75) ¹
	Ropa naftowa	
Częściowe utlenianie	Gaz ziemny	50) ¹
	Ropa naftowa	
Zgazowanie	Węgiel	42,5 – 46,5) ²
	Biomasa	
Piroliza	Węgiel	47,9) ²
	Biomasa	

1. SMR

$$\eta_{\text{SMR}} = 0,89$$

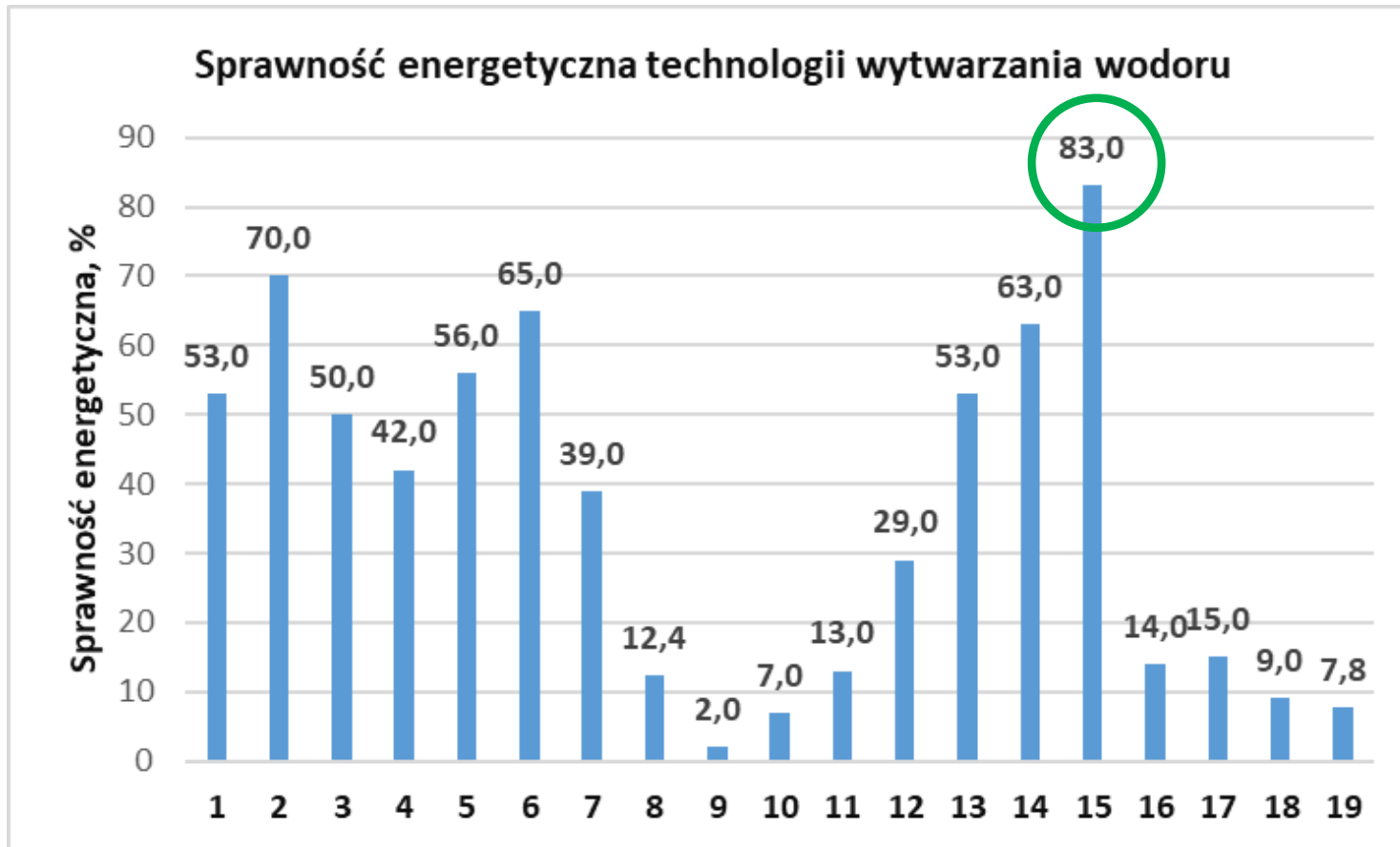
$$k_{\text{SMR}} = 1,124$$

ELEKTROLIZA

$$\eta_{\text{EL}} = 0,7$$

$$k_{\text{H2}} = 1,43$$

Technologie produkcji wodoru

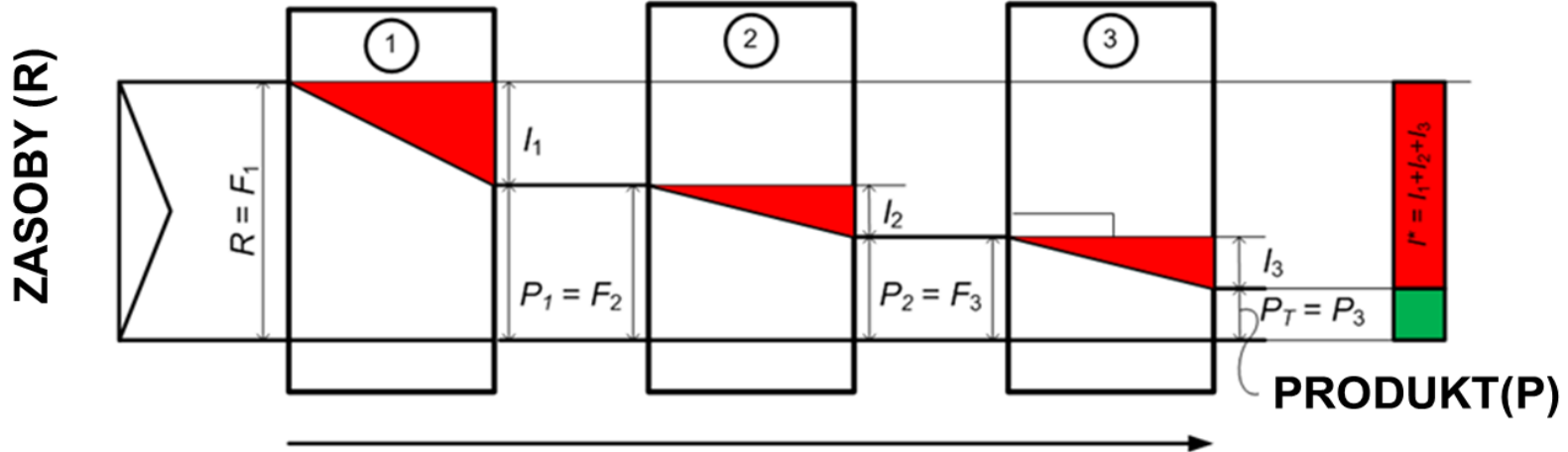


Porównanie sprawności energetycznej technologii wytwarzania wodoru
(opracowanie własne na podstawie [15])

(1 - Elektroliza, 2 – Dekompozycja łukiem plazmowym, 3 - Termoliza, 4 – Termochemiczny rozdział wody, 5 – Konwersja biomasy, 6 – Zgazowanie biomasy, 7 – reforming biomasy, 8 – Elektroliza PV, 9 - Fotokataliza, 10 – Metody foto-elektrochemiczne, 11- Ciemna fermentacja, 12 – Elektroliza wysokotemperaturowa, 13- Hybrydowe obiegi termo-chemiczne, 14 – Zgazowanie węgla, **15 – Reforming paliw kopalnych**, 16 – Fotoliza wody, 17 – Foto-fermentacja, 18 – Foto-synteza, 19 – Foto-elektroliza)

Technologie produkcji wodoru

Koszt termo-ekologiczny (TEC)



SEKWENCYJNY ŁAŃCUCH PROCESÓW WYTWÓRCZYCH

SPRAWNOŚĆ EGZERGETYCZNA (LOKALNA)

$$\eta_{B,i} = \frac{P_i}{F_i}$$

SKUMULOWANE ZUŻYCIE EGZERGII

$$k^* = \frac{F_T}{P_T} = \frac{R}{P_T}$$

Koszt termo-ekologiczny (TEC)

EGZERGIA
wspólny miernik jakości
bogactw naturalnych

PEŁNE NAKŁADY
rachunek zużycia
skumulowanego

KOSZT TERMOEKOLOGICZNY (J. Szargut)

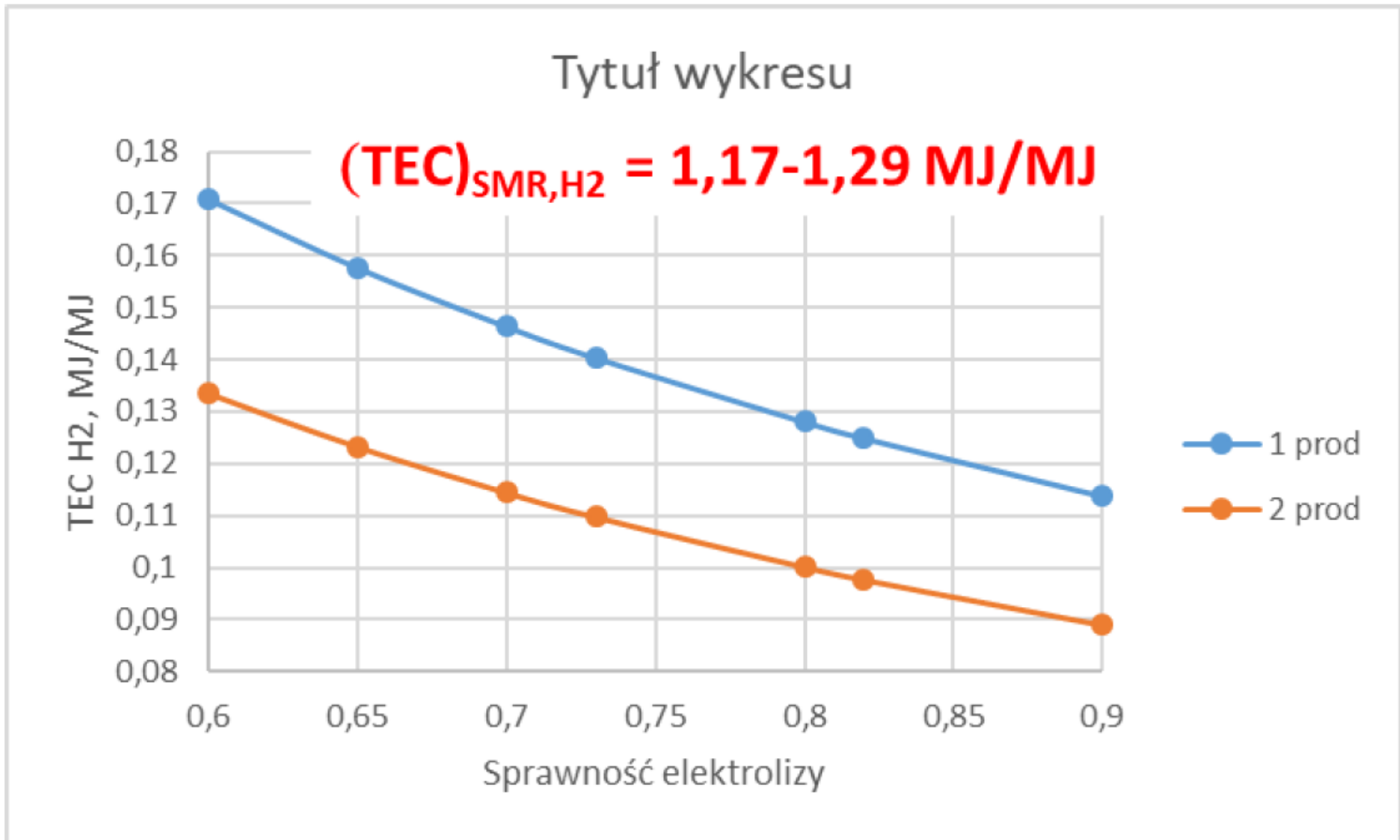
skumulowane zużycie egzergii bogactw nieodnawialnych związane z wytwarzaniem rozpatrywanego produktu użytecznego, uwzględniające konieczność zapobiegania i kompensowania strat wywoływanych odprowadzaniem substancji szkodliwych do otoczenia

Wskaźnik zrównoważonego rozwoju

$$r_i = \frac{\rho_i}{b_i} = \frac{\text{wskaźnik kosztu termoekologicznego}}{\text{egzergia właściwa}}$$

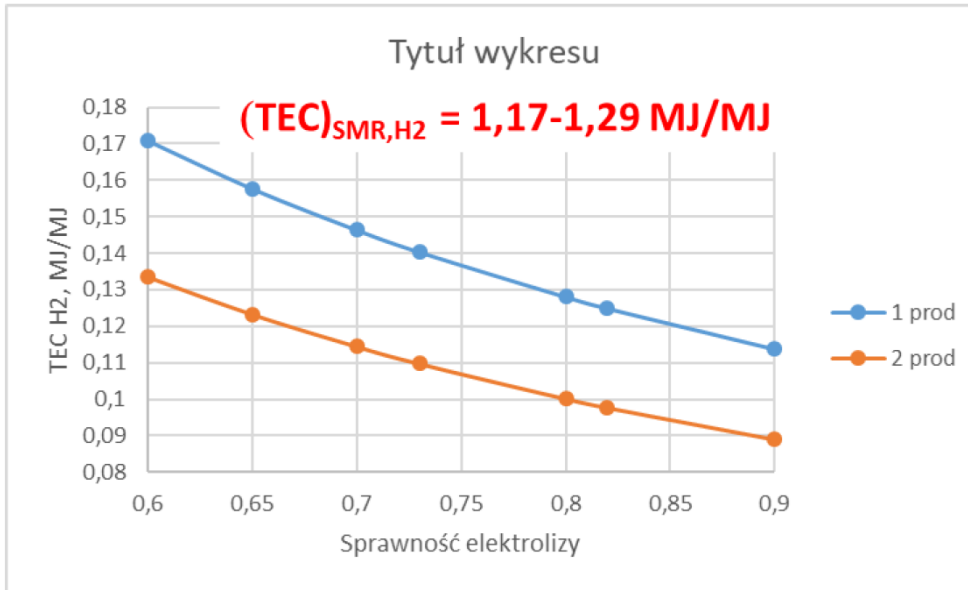
Technologie produkcji wodoru

Wpływ sprawności elektrolizera na koszt termo-ekologiczny (TEC) produkcji wodoru



Technologie produkcji wodoru

Wpływ sprawności elektrolizera na koszt termo-ekologiczny (TEC) produkcji wodoru

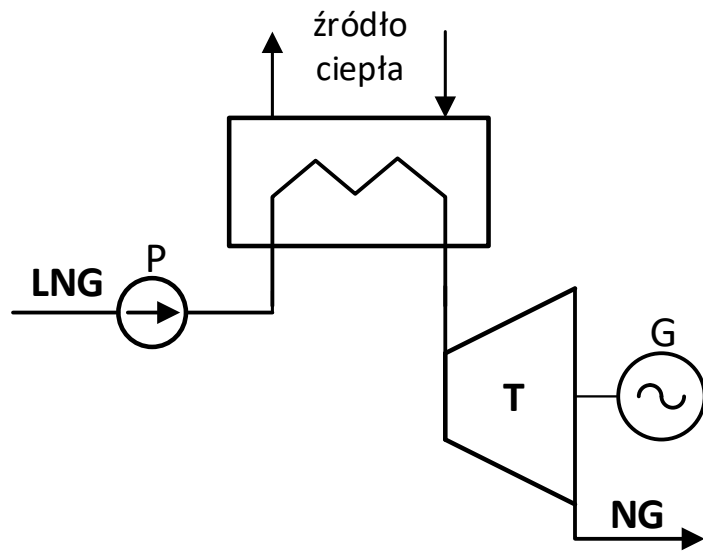


Dodatkowo ciepło uwzględnione jako produkt uboczny elektrolizy

BEZ Koszt uniknięty Q		TEC_H2	0,114466	MJ/MJ
Koszt uniknięty Q		TEC_H2	0,08356	MJ/MJ

TEC gaz ziemny

Bezpośrednie rozprężanie LNG (DEX)



proste rozwiązanie konstrukcyjne,

niska doskonałość termodynamiczna,

- brak wykorzystania egzergii termicznej,
- wykorzystanie wyłącznie $b_{f,p}$

Przykładowo:

dla $p_{in} = 27 \text{ MPa}$,

$$\eta_B = 11\%$$

TEC gaz ziemny

Obiegi Rankine'a (RC)

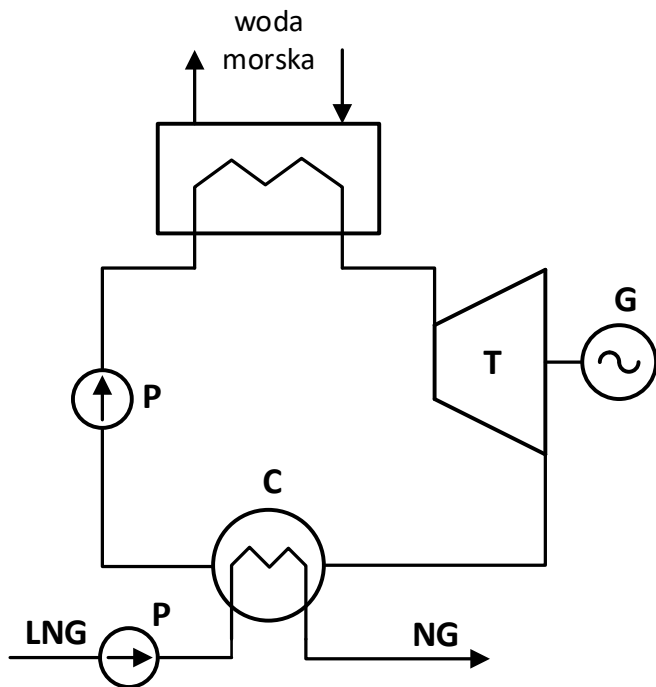
proste rozwiązanie konstrukcyjne,

niska doskonałość termodynamiczna,

$$\eta = f(T_1, T_2)$$

Zwiększenie sprawności

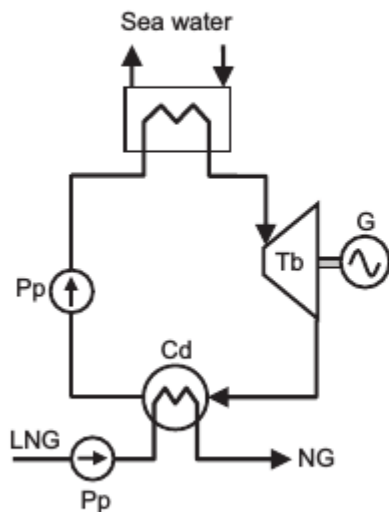
- wykorzystanie en. słonecznej,
- wykorzystanie ciepła odpadowego (spaliny wylotowe z procesu techn.)



TEC gaz ziemny

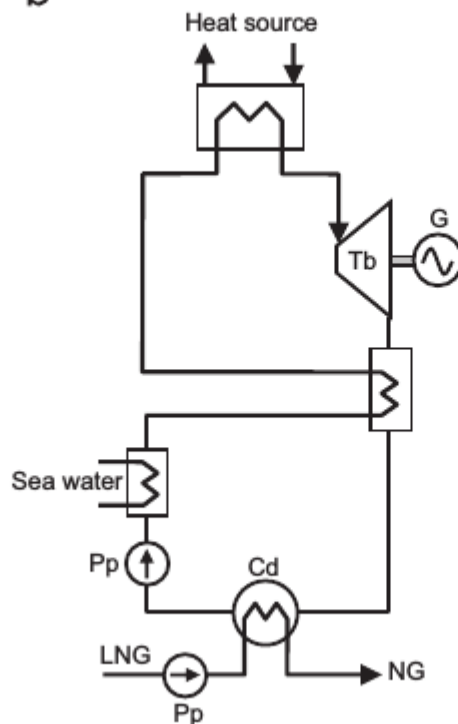
Obiegi Rankine'a (RC)

a



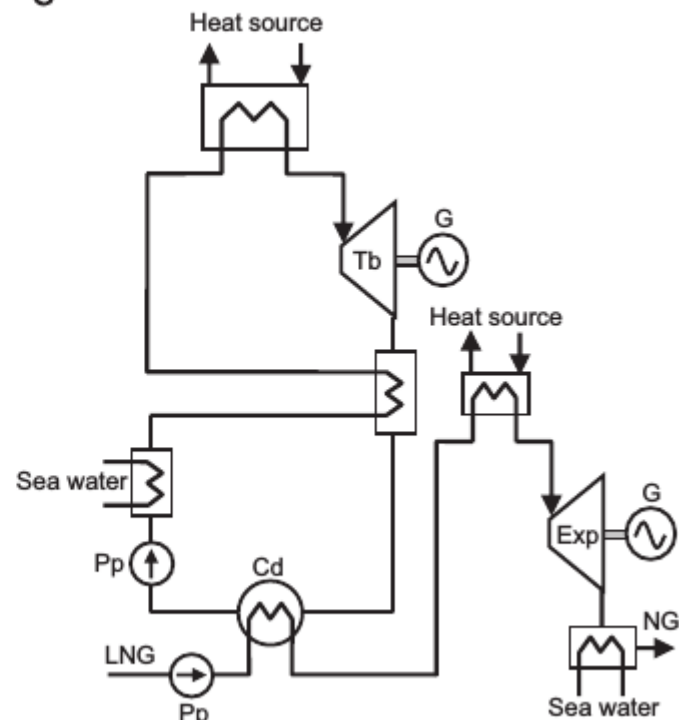
Obieg Rankine'a

b



RC z regeneracją

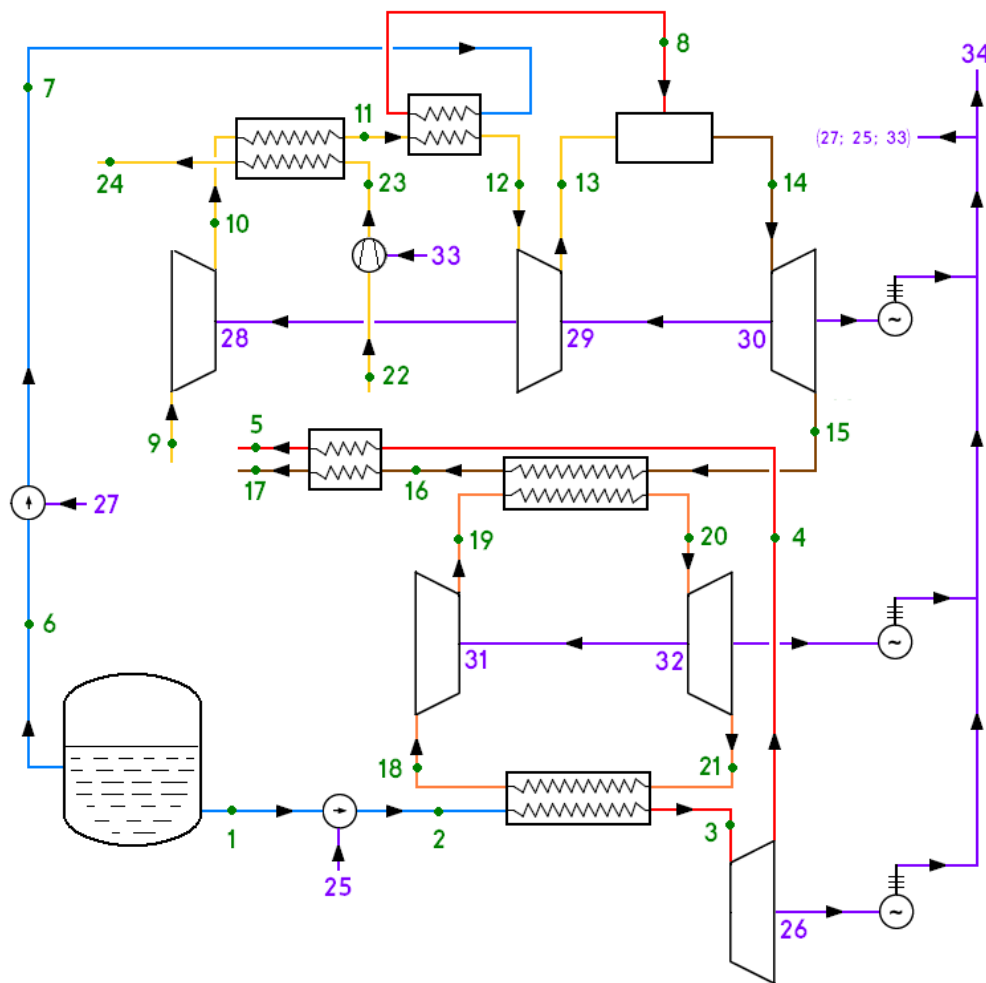
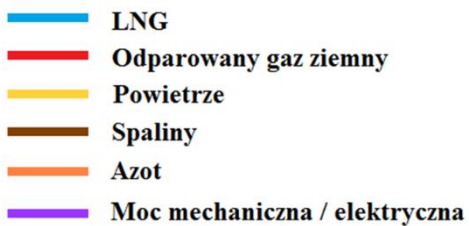
c



RC z regeneracją +
obieg otwarty

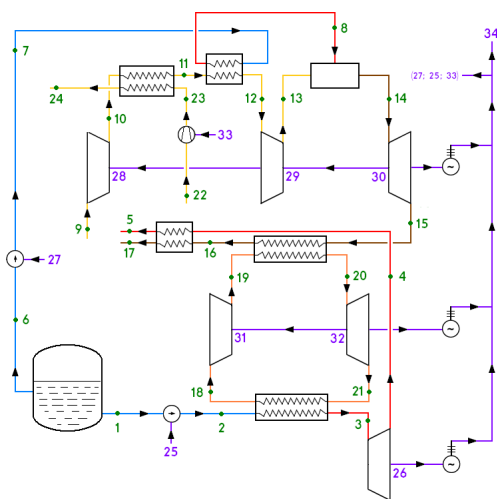
TEC gaz ziemny

Układ T.S. -2



TEC gaz ziemny

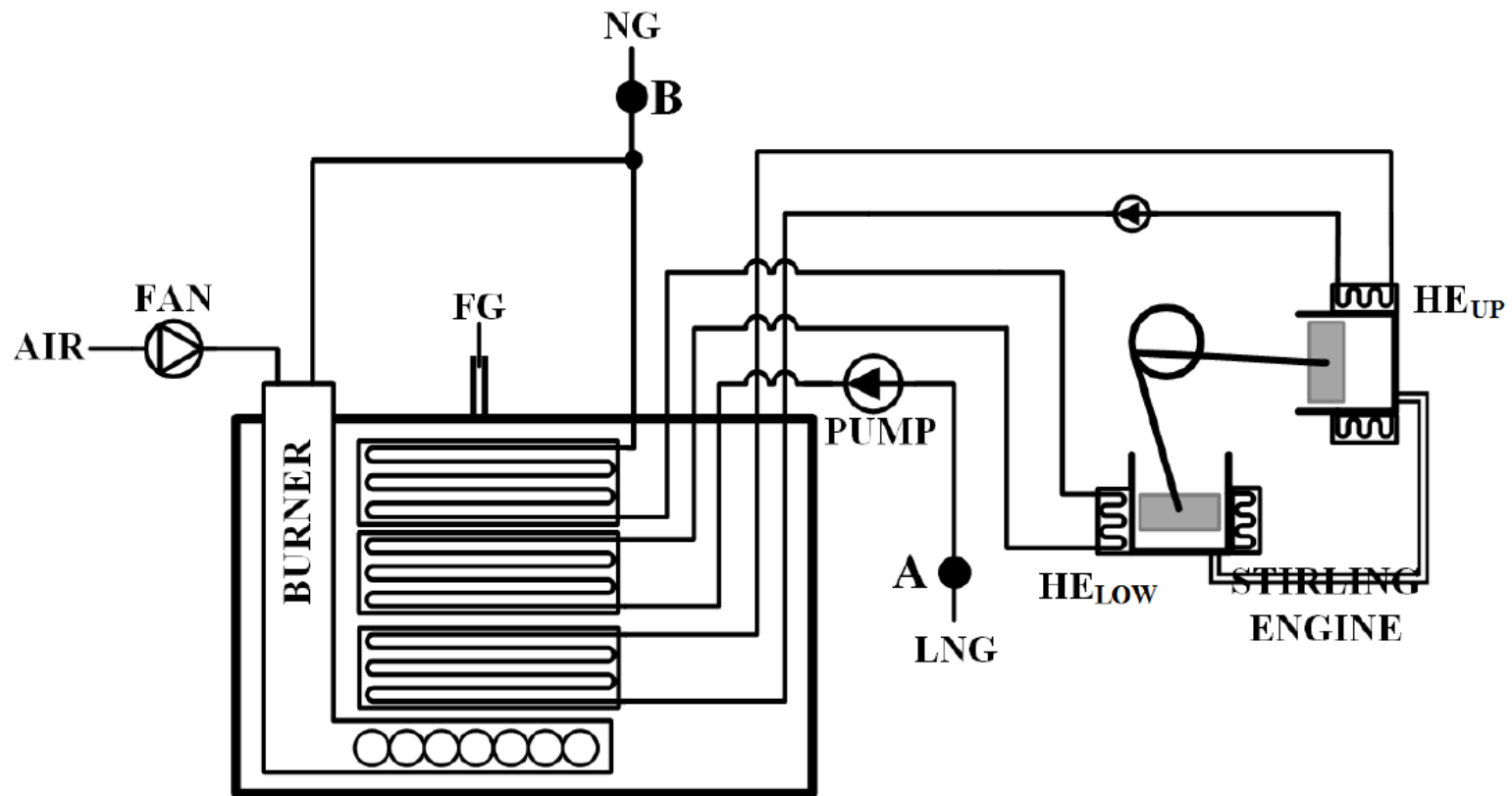
Układ T.S. -2



- Strumień odparowywanego LNG: 103,75 kg/s
- Strumień spalanego gazu: 9,75 kg/s (8,59%)
- Moc elektryczna netto: 265 MW
- Sprawność egzergytna 53,9%

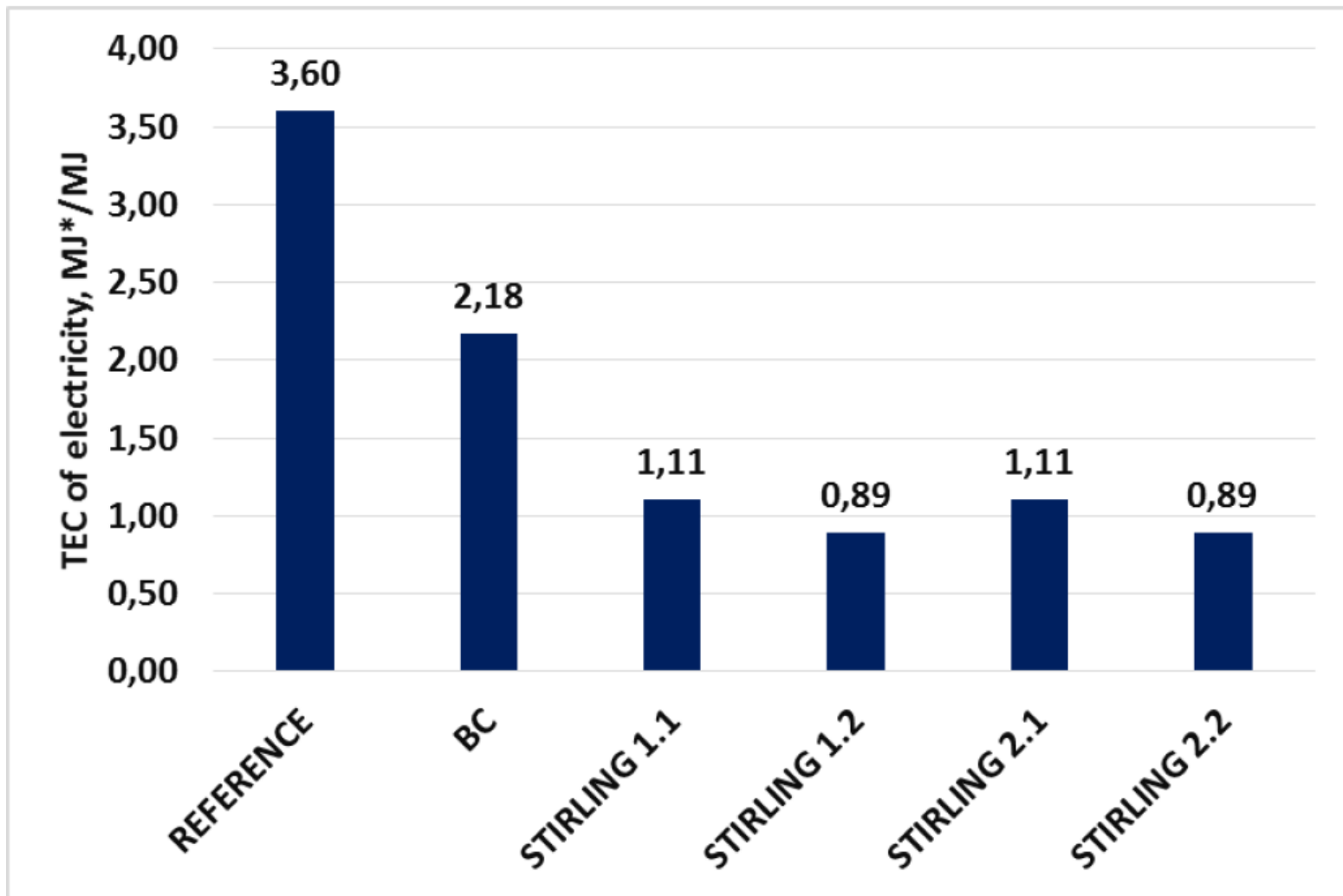
$$\eta_B = 53,9\%$$

TEC gaz ziemny

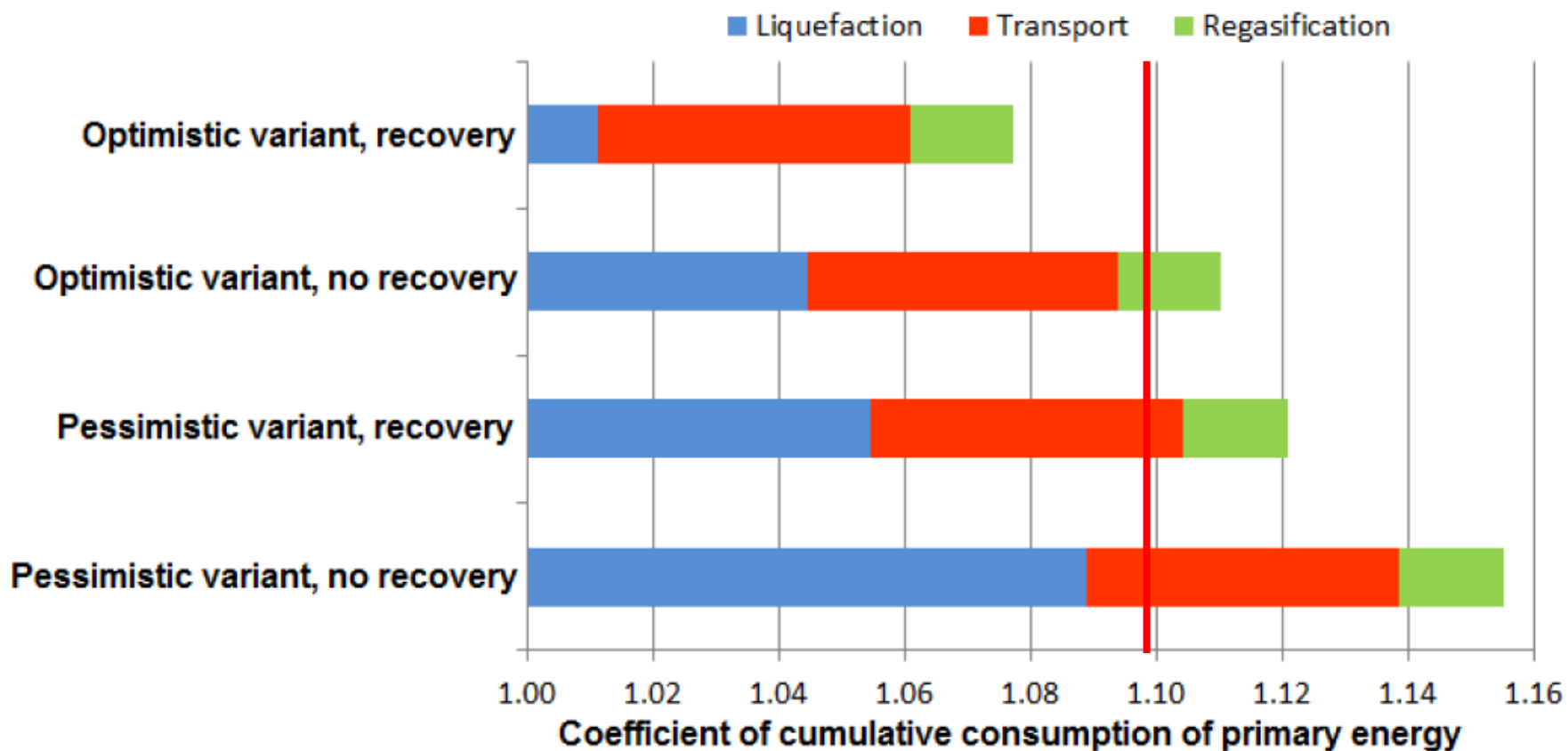


LNG SUBMERGED COMBUSTION VAPORIZERS WITH STIRLING ENGINE (OPTION 2 – WITHOUT ADDITIONAL GAS BURNER)

TEC gaz ziemny



TEC gaz ziemny



Weryfikacja technologii C-GEN technikami paradygmatu egzergetycznego

Dziękuję za uwagę !

Wojciech Stanek
Katedra Techniki Ciepłej, Pol. Śl.
wojciech.stanek@polsl.pl