



Optymalizacja doboru urządzeń dla systemów hybrydowych

Maciej Klein

Politechnika Gdańska

Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku

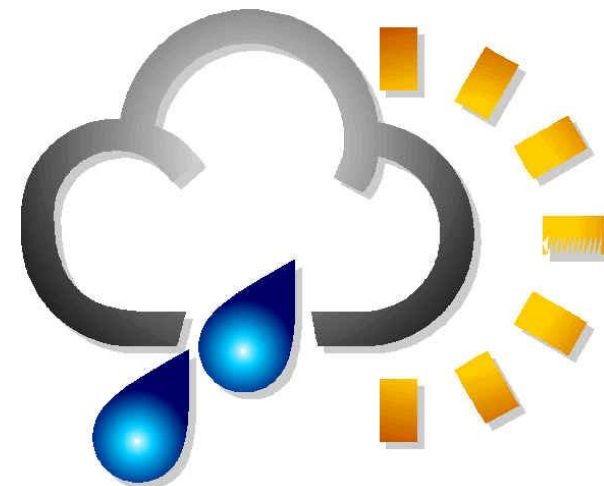
Plan prezentacji

- Autonomiczny układ hybrydowy
- Dane meteorologiczne
- Model matematyczny urządzeń
- Wielkości charakteryzujące układ
- Zastosowany algorytm
- Analiza otrzymanych wyników

Autonomiczny układ hybrydowy



Dane meteorologiczne



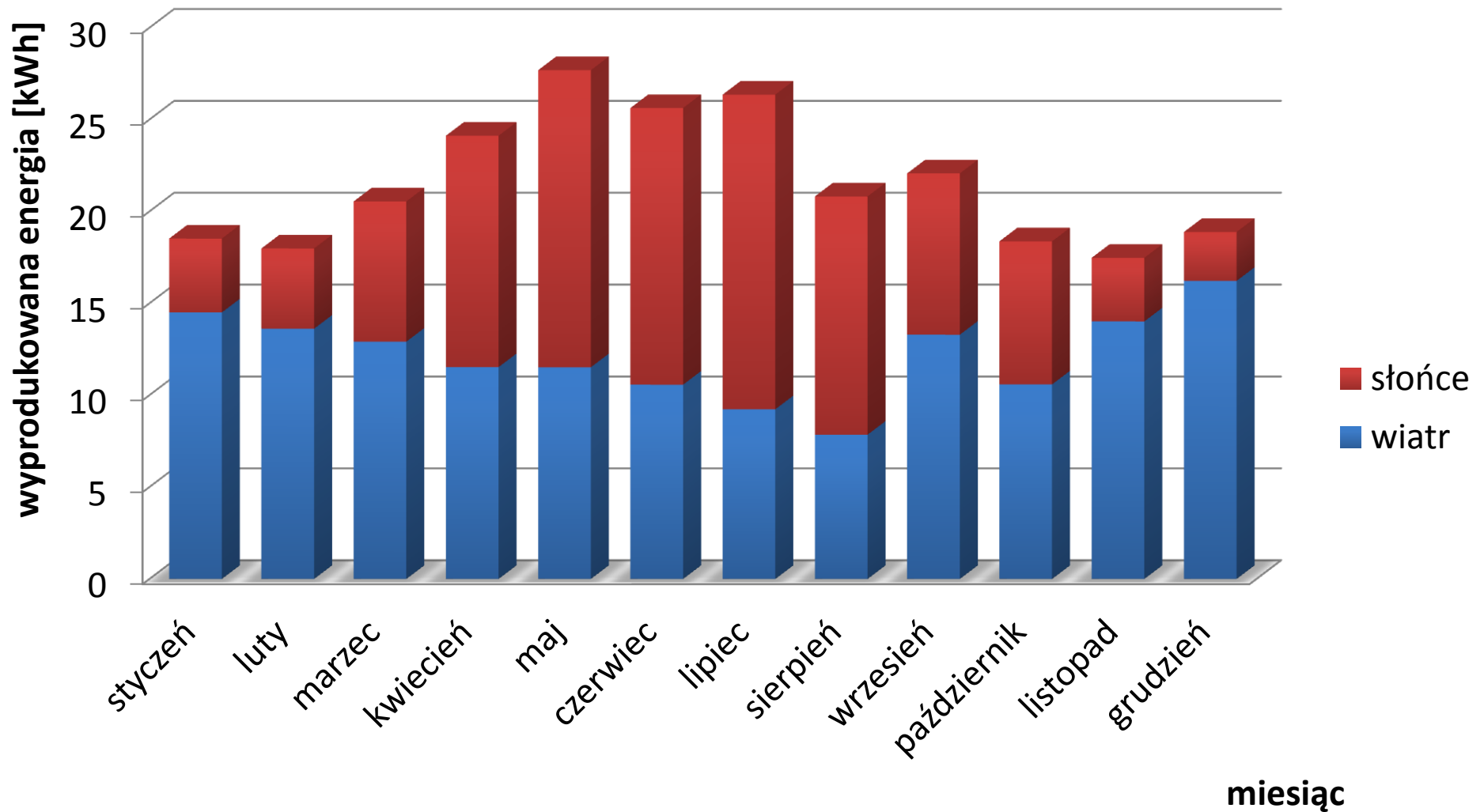
- Typowy Rok Meteorologiczny
- Pomiar wg zaleceń normy PN-EN ISO 15927-4
- Nasłonecznienie dla ośmiu stron świata

N, NE, E, SE, S, SW, W, NW

oraz dla następujących kątów: 0, 30, 45, 60, 90

- Prędkość wiatru mierzona na wysokości 10 m

Dane meteorologiczne



Model ogniwa PV

$$P_{PV} = \eta_g N A_m G_t$$

- P_{PV} – moc generowana
- η_g – sprawność chwilowa
- N – liczba ogniw
- A_m – powierzchnia modułu
- G_t – nasłonecznienie chwilowe



$$\eta_g = \eta_r [1 - \beta_t (T_c - T_r)]$$

- β_t – współczynnik wydajności temperaturowej
- T_c – temperatura modułu
- T_r - temperatura referencyjna

Model ogniwa PV

$$T_c = T_a + G_t \left(\frac{\tau \alpha}{U_L} \right)$$

T_a - temperatura otoczenia

α – współczynnik absorpcji

τ – współczynnik transmitancji

U_L – współczynnik strat ciepła

$$\left(\frac{\tau \alpha}{U_L} \right) = \frac{NOCT - 20}{800}$$

NOCT – nominal operating cell temperature



Model turbiny wiatrowej

$$P_w = R_{c_w} \frac{V^k - V_c^k}{V_R^k - V_c^k} \quad V_c \leq V \leq V_R$$

$$P_w = R_{c_w} \quad V_R < V < V_F$$

$$P_w = 0 \quad V > V_F ; V < V_c$$

- P_w – moc generowana przez turbinę wiatrową
- R_{c_w} – moc nominalna turbiny dla prędkości V_R
- V_c, V_F - prędkość startu oraz prędkość bezpieczeństwa turbiny

Model turbiny wiatrowej

Prędkość wiatru w zależności od wysokości:

$$V = V_r \left(\frac{h}{h_r} \right)^p$$

- V_r - prędkość wiatru zmierzona
- h_r - wysokość pomiaru
- p - współczynnik otoczenia (1/7 – teren otwarty)



Model akumulatora

- Pojemność maksymalna
- Minimalny poziom rozładowania
- Współczynnik samorozładowania
- Sprawność ładowania



Wielkości charakteryzujące układ

Stan naładowania:

$$E_{B(t)} = E_{B(t-1)} - (E_{L(t)} - E_{G(t)})$$

LSP – loss of power supply

$$LSP_{(t)} = E_{L(t)} - (E_{G(t)} + E_{B(t-1)} - E_{Bmin})$$

LPSP – loss of power supply probability

$$LPSP = \frac{\sum_{t=1}^T LPS_t}{\sum_{t=1}^T E_{L(t)}}$$

LPS_t – brakująca ilość energii wymagana do pokrycia zapotrzebowania

$E_{L(t)}$ - ilość energii wymagana do pokrycia zapotrzebowania

Koszt inwestycji

$$LCC = C_{PV} + C_{WG} + C_{Bat} \cdot INT \left(\frac{T_{sys}}{T_{Bat}} \right)$$

Zastosowany algorytm

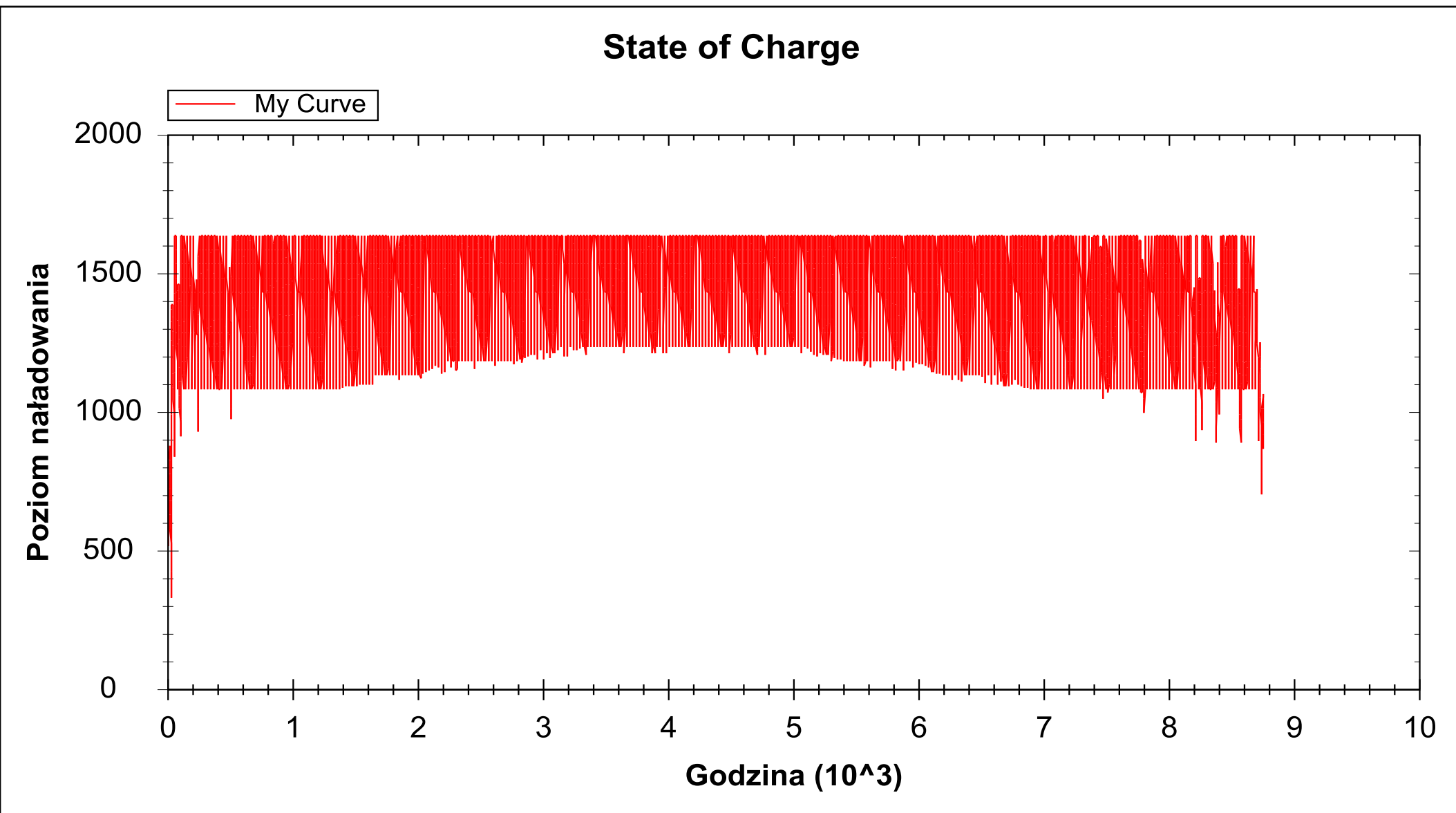
Schemat działania:

- prowadzenie obliczeń dla 8760 godzin w roku
- poszukiwanie wartości stosując krokowe zwiększanie parametrów do osiągnięcia zadanego LPSP
- Początkowy stan naładowania akumulatora

Realizowane zadania

1. Obliczanie powierzchni ogniw PV.
2. Wyznaczanie charakterystyki turbiny.
3. Wyznaczanie wysokości turbiny.
4. Obliczanie minimalnej pojemności akumulatora.
5. Wybór optymalnego kosztowo rozwiązania dla danej bazy sprzętowej.

Poziom naładowania akumulatora



Pojemność akumulatora: 1633Wh, Gdańsk

Wskaźniki ekonomiczne

Najniższy Koszt Inwestycyjny						
LPSP	0,02		0,01		0,001	
	IC	LCC	IC	LCC	IC	LCC
Gdańsk	2020	4298	2234	4551	2639	4916
Kraków	2151	4035	2282	4559	2900	5117
Bydgoszcz	2282	4559	2473	4750	3353	5630

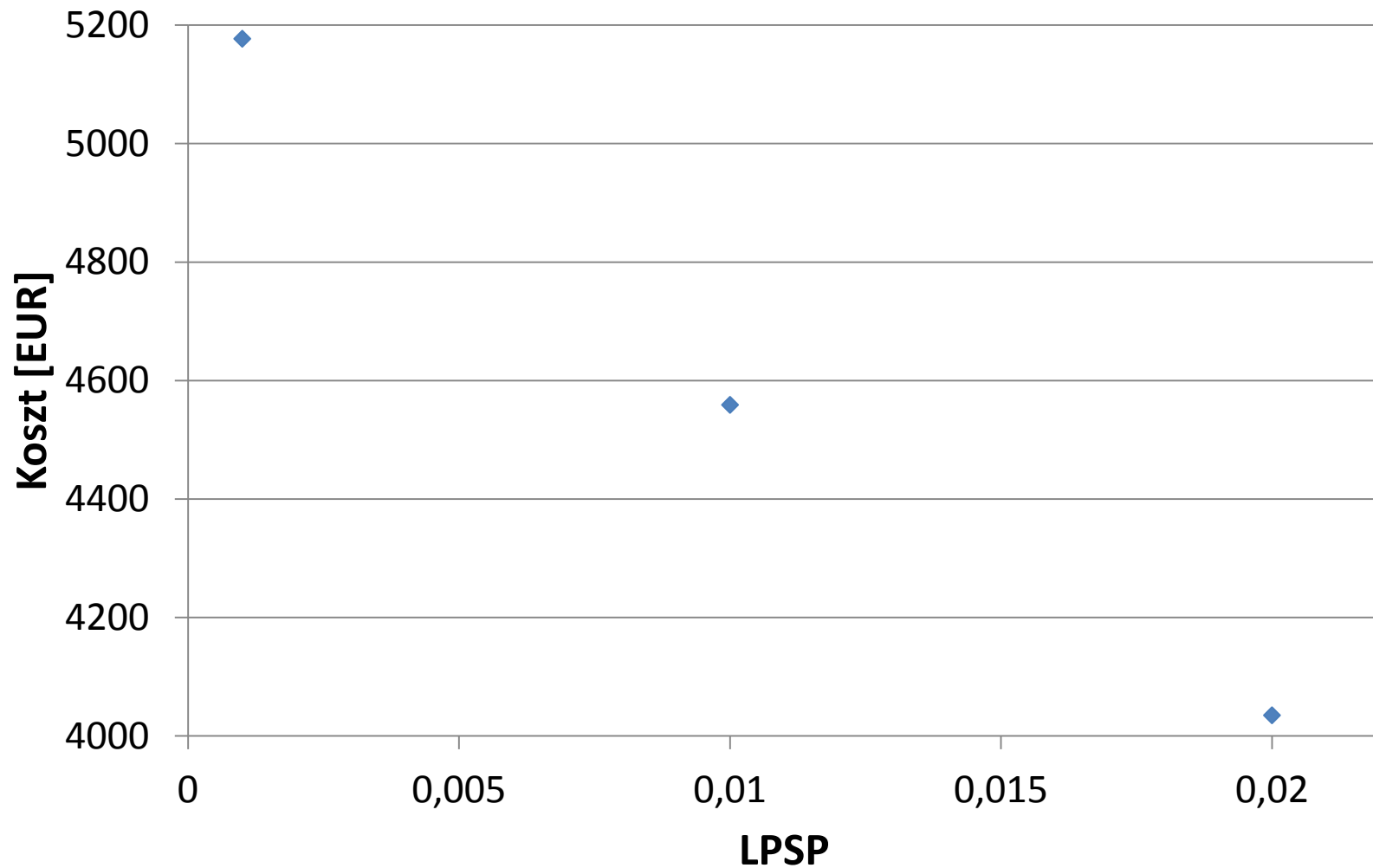
Najniższy Koszt Inwestycyjny i Eksploatacyjny						
LPSP	0,02		0,01		0,001	
	IC	LCC	IC	LCC	IC	LCC
Gdańsk	2103	3987	2270	4154	2769	4653
Kraków	2151	4035	2342	4226	3102	4986
Bydgoszcz	2282	4559	2473	4750	3353	5630

IC – koszt inwestycyjny

LCC – koszt inwestycyjny i eksploatacyjny

Ceny podane w EURO

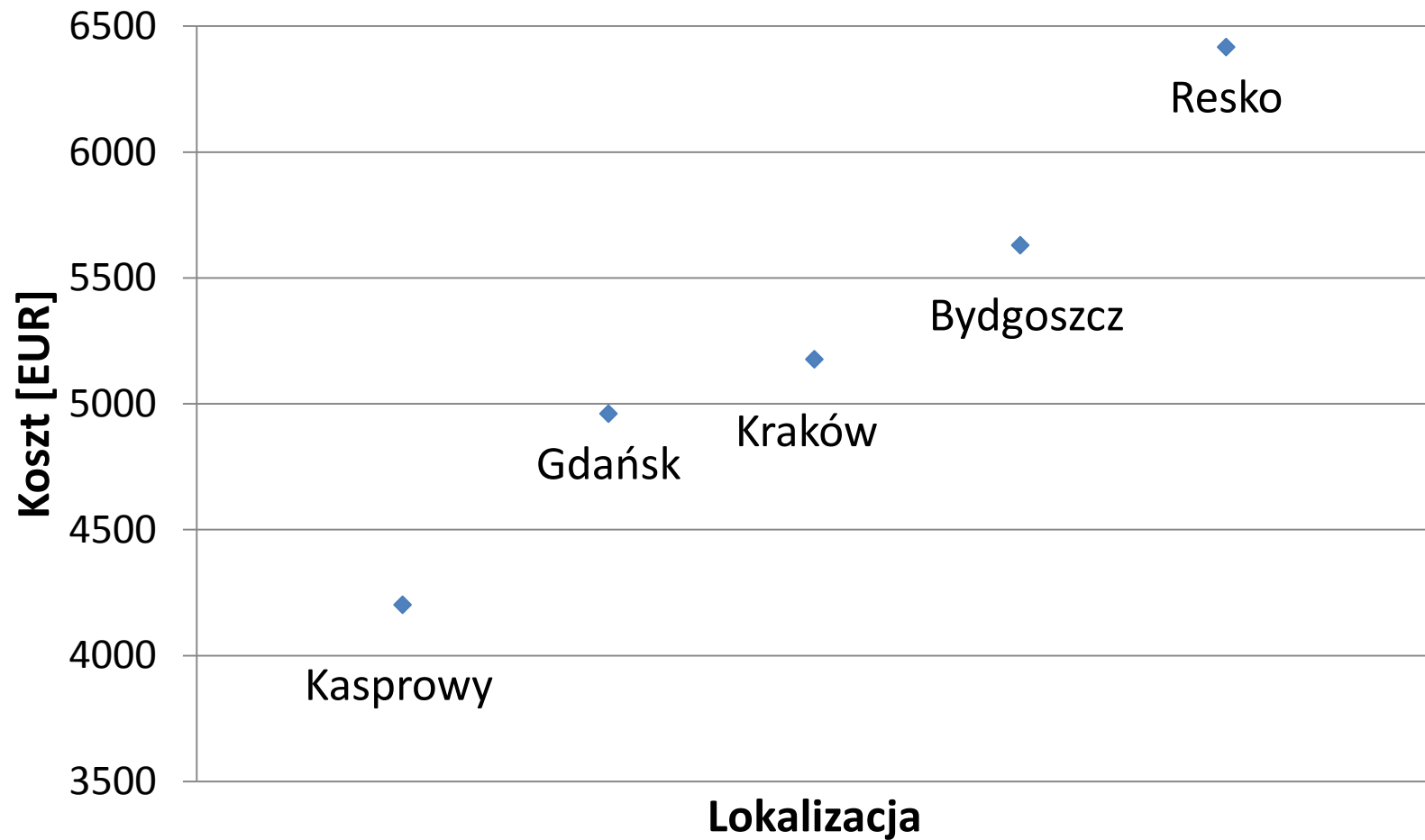
Koszt – Poziom Autonomii



Zmiana kosztów inwestycyjnych w zależności od poziomu autonomii systemu

Lokalizacja: Kraków

Koszt – Lokalizacja



Zmiana kosztów inwestycyjnych w zależności od lokalizacji

LPSP: 0,001

Dziękuję za uwagę