



# Zastosowanie metod wielokryterialnego wspomaganiania decyzji w planowaniu strategii zrównoważonego rozwoju gminy

**dr inż. Tadeusz Bewszko**

**[tbewszko@prz.edu.pl](mailto:tbewszko@prz.edu.pl)**

---

**Politechnika Rzeszowska – Wydział Elektrotechniki i Informatyki**

# PROGRAM WYSTĄPIENIA:



1. Strategia zrównoważonego rozwoju Gminy
2. Wielokryterialność problemu planowaniu strategii zrównoważonego rozwoju gminy
3. Koncepcja nowej metody rozwiązania problemu wyboru strategii zrównoważonego rozwoju gminy
4. Przykład obliczeniowy
5. Podsumowanie

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY

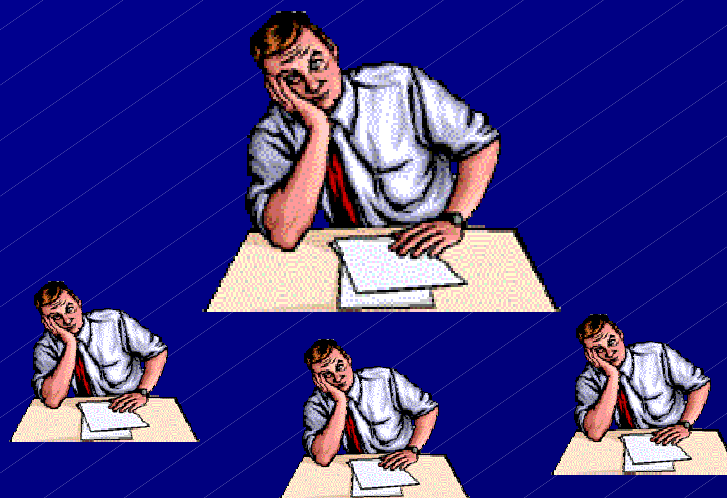


- W planowaniu energetycznym sprawą bardzo istotną jest odpowiednia wizja rozwoju regionu/powiatu/gminy.
- Takowa wizja oraz związana z nią strategia zrównoważonego rozwoju lokalnego powinna uwzględniać:
  1. lokalne zasoby energii odnawialnej,
  2. brać pod uwagę możliwości zastosowania najnowszych, innowacyjnych technologii przetwarzania energii oraz
  3. dawać obiektywną odpowiedź jakie **rozwiązanie jest optymalne wielokryterialnie i najlepsze** dla konkretnego regionu/powiatu/gminy

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY - realia



- Obecnie lokalni decydenci doświadczają wielkiego *szumu informacyjnego* utrudniającego podejmowanie globalnie najlepszych decyzji dla swojego regionu.



- Wielość możliwych technologii wykorzystujących OZE jest ogromna: od prostych kolektorów słonecznych możliwych do zastosowania na budynkach gminnych poprzez bardziej złożone układy z pompami ciepła a skończywszy na możliwości wykorzystania np. energii geotermalnej do zasilania lokalnych kompleksów rekreacyjnych oraz ogrzewania i przygotowania c.w.u. w budynkach komunalnych.

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY



- Zawsze jednak lokalny decydent musi odpowiedzieć sobie na dwa pytania:
  1. co wybrać z tej ogromnej oferty wszystkich propozycji?
  2. w jakiej kolejności realizować wybrane warianty rozwojowe regionu?aby rozwój jego gminy był jak najlepszy.
- Innymi słowy należałoby wszystkie możliwe warianty rozwojowe **obiektywnie uporządkować, uszeregować od najbardziej korzystnych do tych najmniej korzystnych dla konkretnego regionu.**

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY



**Kryteria decyzyjne** mogą być o charakterze:

- finansowym (np. nakłady inwestycyjne, roczne koszty eksploatacji, roczne przychody do lokalnego budżetu),
- ekologicznym (emisja do atmosfery różnorodnych zanieczyszczeń: np. CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, czy też pyłów),
- technicznym (możliwość zastosowania danej technologii dla konkretnej lokalizacji),
- społecznym (ostatnio coraz ważniejszym, np.: ilość nowych miejsc pracy tworzonych bezpośrednio czy też pośrednio w związku z daną inwestycją).

Również należy uwzględnić pojawiające się właśnie nowe i bardzo preferowane kryteria decyzyjne:

- możliwości dofinansowania wielu inwestycji z różnorodnych funduszy unijnych oraz,
- nacisk na ekorozwój regionu oparty na maksymalnym wykorzystaniu lokalnie dostępnych kopalnych i odnawialnych zasobów energii
- innowacyjność proponowanych rozwiązań

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY



- Wykorzystanie w procesie podejmowania decyzji tylko kryteriów finansowych bez uwzględnienia pozostałych (bądź próbując inne wskaźniki przeliczyć na pewne dodatkowe koszty) w sposób znaczący zawęża problem decyzyjny jak również spektrum możliwych rozwiązań.
- Wielokryterialnej ocenie należy poddać:
  - różnorodne warianty zaopatrzenia w energię bazujące na różnorodnych „połączeniach/miksach” istniejących zasobów energii (w tym lokalnych odnawialnych)
  - oraz wszelkich możliwych technologii przetwarzających te zasoby w energię końcową zużywaną w regionie.

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY



- **Rozwiązaniem** tak postawionego problemu decyzyjnego będzie utworzenie **obiektywnego rankingu** porządkującego wszystkie proponowane warianty rozwojowe od najbardziej korzystnych do najmniej korzystnych (przy danym zbiorze kryteriów decyzyjnych) czyli coś bardzo pomocnego dla współczesnego decydenta.
- Tworzenie takiej strategii to złożony problem interdyscyplinarny
- Konieczność pracy nad nim w zespole specjalistów i ekspertów z różnych dziedzin nauki

## KILKA PYTAŃ:



- Czy można znaleźć rozwiązanie optymalne wielokryterialnie?
- Czy takie rozwiązanie wielokryterialnie optymalne jest tylko jedno?
- Czy można utworzyć *obiektywny ranking atrakcyjności inwestycji* zależny tylko od zbioru danych ściśle odpowiadającego określonej sytuacji decyzyjnej zaś zupełnie niezależnego od osobistych preferencji decydenta (bądź też grupy decydentów)?
- Czy można „pogodzić” najczęściej konfliktowe priorytety różnych osób/grup decydentów podejmujących ostateczną decyzję w sprawie strategicznych inwestycji rozwojowych w gminie?

# DOTYCHCZASOWE SPOSOBY WYBORU WARIANTU ROZWOJU GMINY:



- Wyniki symulacji
- Wyniki optymalizacji jednokryterialnych
- Wyniki analiz SWOT

**BRAK wykorzystania  
wielokryterialnych metod wspomaganie podejmowania decyzji**

# MODEL MATEMATYCZNY PROBLEMU DECYZYJNEGO:



- skończony zbiór rozwiązań (skończona liczba wariantów decyzyjnych) zatem jest to klasyczny **problem wieloatrybutowego podejmowania decyzji** (*MADM – Multi-Attribute Decision Making*)

Tablica wypłat dla wieloatrybutowego problemu decyzyjnego

Warianty	Kryterium 1	Kryterium 2	...	Kryterium j
Wariant 1	$q_{11}$	$q_{12}$	...	$q_{1j}$
Wariant 2	$q_{21}$	$q_{22}$	...	$q_{2j}$
...	...	...	...	...
Wariant k	$q_{k1}$	$q_{k2}$	...	$q_{kj}$

- znane są wartości  $q_{jk}$
- **CEL**: uszeregowanie wszystkich wariantów - od *najlepszych* do *najgorszych* – według przyjętych przez decydentów kryteriów (ocena obiektywna)

# STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU GMINY - etapy:



1. Zbieranie informacji istotnych w procesie podejmowania decyzji:
  - Inwentaryzacja przyrodnicza gminy (jakość gleb, wielkość gosp. -> **wyбір rośliny** oraz technologii)
  - możliwości wykorzystania **najnowszych technologii do generacji energii** (kogeneracja, biogaz, biomasa, biopaliwo, itp.)
  - lokalnie dostępne kopalne i **odnawialne zasoby energii**
  - możliwości rozwoju lokalnego rynku pracy
  - możliwości wykorzystania **energia odpadowej** występującej w wielu procesach
  - specyfika lokalna gminy (sektor turystyczny w rozwoju gminy) – rozwój infrastruktury związanej z branżą turystyczną: aquapark
2. Szczegółowa analiza informacji ⇒ Propozycja kilku wariantów rozwoju gminy
3. Wybór kryteriów decyzyjnych
4. Tworzenie obiektywnego rankingu atrakcyjności wariantów rozwojowych

# ALGORYTM TWORZENIA OBIEKTYWNEGO RANKINGU:



1. Decydent wybiera zbiór kryteriów oraz dla każdego kryterium określa jego typ (minimalizacja, maksymalizacja, bądź też stabilizacja na pożądanej wartości)
2. Analitycy – w oparciu o zgromadzone dane – przygotowują proponowane warianty decyzyjne (rozwiązania) wraz z wartościami odpowiadającymi poszczególnym kryteriom
3. Analitycy określają: wektor aspiracji (pożądane wartości każdego kryterium) oraz wektor rezerwacji, (który składa się z najgorszych akceptowalnych wartości każdego kryterium) oraz eliminują rozwiązania zdominowane
4. Dla każdego wariantu decyzyjnego jest obliczana wartość całkowitej funkcji osiągnięcia, w której zawarta jest informacja o poziomach aspiracji, rezerwacji czy też stabilizacji dla każdego kryterium
5. Wartość całkowitej funkcji osiągnięcia otrzymana dla każdego z wariantów sytuacji decyzyjnej pozwala uporządkować wszystkie wartości w obiektywnym rankingu przypisując każdemu wariantowi odpowiednie miejsce

## PRZYKŁAD OBLICZENIOWY:



Przyjmijmy, iż analitycy zaproponowali pięć wariantów rozwojowych danej gminy.

Należy dokonać **obiektywnej wielokryterialnej oceny** wszystkich wariantów w oparciu o przyjęte kryteria decyzyjne oraz obiektywnie uszeregować warianty od najbardziej do najmniej atrakcyjnego.

Wariant rozwoju	Kryterium decyzyjne						
	Nakład inwestycyjny	Wartość dotacji	Dochody do budżetu	Nowe miejsca pracy bezpośrednie	Nowe miejsca pracy związane pośrednio z inwestycją	Efekt ekologiczny: redukcja emisji CO <sub>2</sub>	Wolumen wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych
	tyś. zł	tyś. zł	tyś. zł	-	-	Mg	GJ
Wariant 1	10 500	4 550	200	10	6	8 250	55 000
Wariant 2	6 000	4 500	400	0,5	20	4 200	28 000
Wariant 3	680	340	40	0	0	300	2 000
Wariant 4	10 300	2 500	600	45	35	15 000	100 000
Wariant 5	150	30	10	8	20	0	0

## PROPONOWANE WARIANTY ROZWOJOWE:



- **Wariant 1** dotyczy zmiany sposobu zaopatrzenia w ciepło kilku małych osiedli mieszkaniowych gminy.

Dotychczas w każdym osiedlu funkcjonuje mała kotłownia spalająca węgiel i zaopatrująca sąsiednie budynki w ciepło. Proponowany wariant obejmuje budowę jednej kotłowni miejskiej spalającej biomasę, krótkiego odcinka sieci ciepłowniczej (łązącego istniejące lokalne sieci ciepłownicze), bazy paliwowej oraz stworzenie plantacji wierzby energetycznej.

- **Wariant 2** obejmuje budowę biogazowni energetycznej oraz instalację agregatu kogeneracyjnego.

Wytwarzany biogaz może być wykorzystywany jako: (i) paliwo agregatu kogeneracyjnego (do produkcji energii cieplnej i elektrycznej w skojarzeniu), (ii) paliwo silnikowe (CNG) dla pojazdów samochodowych oraz (iii) po standaryzacji może być wprowadzane do lokalnej sieci gazowej jako alternatywne źródło wobec gazu ziemnego. Biogaz byłby wytwarzany z biomasy (kiszonka kukurydzy).

## PROPONOWANE WARIANTY ROZWOJOWE:



- **Wariant 3** obejmuje instalację agregatu kogeneracyjnego w gminnej oczyszczalni ścieków.
- **Wariant 4** obejmuje budowę instalacji wykorzystującej energię geotermalną do celów rekreacji (aquapark) oraz zaopatrzenia w ciepło kilku większych obiektów gminnych (które dotychczas były zaopatrywane w energię cieplną z lokalnych kotłowni opalanych węglem). Nastąpiłby również znaczący rozwój sektora turystycznego.
- **Wariant 5** rozwoju gminy skupia się na **promocji gminy** oraz jej wszystkich walorów turystycznych związanych zarówno z obiektami historycznymi miasta, jak również z bogatą ofertą agroturystyczną terenów podmiejskich.

# PRZYKŁAD OBLICZENIOWY:

Wariant rozwoju	Kryterium decyzyjne						
	Nakład inwestycyjny	Wartość dotacji	Dochody do budżetu	Nowe miejsca pracy bezpośrednie	Nowe miejsca pracy związane pośrednio z inwestycją	Efekt ekologiczny: redukcja emisji CO <sub>2</sub>	Wolumen wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych
	tyś. zł	tyś. zł	tyś. zł	-	-	Mg	GJ
Wariant 1	10 500	4 550	200	10	6	8 250	55 000
Wariant 2	6 000	4 500	400	0,5	20	4 200	28 000
Wariant 3	680	340	40	0	0	300	2 000
Wariant 4	10 300	2 500	600	45	35	15 000	100 000
Wariant 5	150	30	10	8	20	0	0



Kryteria	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$		
Typ kryterium:	min	max	max	max	max	max	max		
Górna granica	150	4 550	600	45	35	15 000	100 000		
Dolna granica	10 500	30	10	0	0	0	0		
Średnia	5 526	2 384	250	12,7	16,2	5 550	37 000		
Poziom aspiracji	2 838	3 467	425	28,85	25,6	10 275	68 500		
Poziom rezerwacji	8 013	1 207	130	6,35	8,1	2 775	18 500		
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$	$\sigma_5$	$\sigma_6$	$\sigma_7$	$\sigma$	<b>Pozycja</b>
Wariant 1	-1	2	0,237	0,162	-0,259	0,730	0,730	-0,739	<b>3</b>
Wariant 2	0,389	1,954	0,915	-0,921	0,680	0,19	0,19	-0,581	<b>2</b>
Wariant 3	1,803	-0,737	-0,750	-1	-1	-0,892	-0,892	-1,346	<b>5</b>
Wariant 4	-0,920	0,572	2	2	2	2	2	0,045	<b>1</b>
Wariant 5	2	-1	-1	0,073	0,68	-1	-1	-1,124	<b>4</b>

## PODSUMOWANIE:



- Należy spojrzeć na planowanie rozwoju gminy wielokryterialnie i uwzględnić różnorodne aspekty potencjalnych wariantów rozwojowych: finansowe, ekologiczne, techniczne, rolnicze, społeczne i inne...
- Znalezione rozwiązanie winno być optymalne wielokryterialnie
- Proponowana koncepcja rozwiązania problemu wyboru najlepszego wariantu może być zastosowana do tworzenia obiektywnego rankingu wielu różnorodnych wariantów rozwojowych ocenianych według dowolnie przyjętych kryteriów decyzyjnych
- Można „pogodzić” najczęściej konfliktowe priorytety różnych osób/grup decydentów podejmujących ostateczną decyzję w sprawie strategicznych inwestycji rozwojowych w gminie