

Opis rozwiązania innowacyjnego opracowanego na potrzeby małych i średnich przedsiębiorstw

Narzędzie pn. **Decyzyjny Asystent Wyboru Lokalizacji Instalacji Recyklingu Organicznego Odpadów Biodegradowalnych DAWLIROOB**, opracowane w środowisku arkusza kalkulacyjnego MS Excel, służy do wspomagania procesu wyboru lokalizacji dla instalacji recyklingu organicznego odpadów biodegradowalnych.

Celem wspomagania jest dokonanie wyboru najkorzystniejszej lokalizacji instalacji biologicznego przekształcania odpadów komunalnych (dalej IBPOK) opartej na segregowanej frakcji biodegradowalnej (BIO) odpadów komunalnych do produkcji energii na przykładzie wybranego powiatu w województwie mazowieckim. Planowane przedsięwzięcie może w najbliższej przyszłości być jednym z podstawowych elementów systemu gospodarki w regionie gospodarki odpadami, równocześnie wytwarzając zieloną energię elektryczną. Rozwiązanie może docelowo być wykorzystane jako narzędzie na potrzeby m.in. małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) poszukujących lokalizacji pod ekologiczne inwestycje z obszaru gospodarki odpadami.

Narzędzie zostało opracowane w środowisku arkusza kalkulacyjnego MS Excel i przy uruchomieniu wymaga włączenia obsługi makr.

Skoroszyt składa się z:

- arkuszy zawierających dane o potencjalnych lokalizacjach analizowanej inwestycji („Gmina_A”, „Gmina_B”, ..., „Gmina_F”),
- arkusza „MacierzOcen” zawierającego macierz ocen wariantów lokalizacji inwestycji, do której dane automatycznie pobierane są z arkuszy „Gmina_A”, „Gmina_B”, ..., „Gmina_F”. W macierzy ocen obliczany jest również tzw. „punkt idealny” czyli fikcyjny wariant lokalizacji inwestycji posiadający najlepsze oceny na wszystkich kryteriach występujące w rozważanych wariantach lokalizacji. Punkt idealny będzie wykorzystywany w metodzie programowania kompromisowego do wyznaczenia najkorzystniejszej lokalizacji,
- arkusz „WagiKryteriow” umożliwiający nadawanie wartości wag poszczególnym grupom kryteriów,
- arkusze „SumaOcen”, „SumaWazona” i „ProgKompromis” zawierające reguły decyzyjne umożliwiające wprowadzenie rankingu wariantów lokalizacyjnych od najkorzystniejszych do najmniej korzystnych.

Posługiwanie się programem polega na realizowaniu następujących etapów:

1. Przygotowanie danych i ocena wariantów lokalizacji inwestycji
2. Nadanie wag kryteriom
3. Uporządkowanie wariantów lokalizacji na podstawie wybranej metody wielokryterialnej

Ad.1. Przygotowanie danych i ocena wariantów lokalizacji inwestycji

W etapie tym należy przygotować informacje i dane o potencjalnej lokalizacji inwestycji IBPOK w postaci ogólnej charakterystyki, opisu uwarunkowań technicznych, terenowych, prawnych, ekonomicznych i społecznych. Następnie na podstawie tego opisu należy przeprowadzić analizę SWOT. Analiza SWOT ma na celu pomoc w dokonaniu oceny danej lokalizacji z punktu widzenia 23 kryteriów pogrupowanych w grupy (techniczne, terenowe, prawne, ekonomiczne i społeczne). Przy ocenie należy posługiwać się czterostopniową skalą ocen eksperckich, której poszczególne stopnie oznaczają:

- 0 - kryterium spełnione w stopniu niedostatecznym
- 1 - kryterium spełnione w stopniu dostatecznym
- 2 - kryterium spełnione w stopniu dobrym
- 3 - kryterium spełnione w stopniu bardzo dobrym.

Przygotowanie danych i przeprowadzenie oceny dla jednego wariantu lokalizacji odbywa się w jednym arkuszu, który zawiera następujące elementy (przykład dla Gminy_A):

Ogólna charakterystyka gminy				
Gmina	Typologia	Liczba mieszkańców	Powierzchnia [ha]	Gęstość zaludnienia M/km ²
A	wiejsko-miejska	42700	10700	398

Uwarunkowania techniczne, terenowe, prawne i ekonomiczne

Gmina A stanowi lokalny ośrodek zatrudnienia i jest zaliczany do najbardziej uprzemysłowionych miast aglomeracji warszawskiej. Jego wiodącą funkcją jest przemysł oraz usługi. Na terenie **gminy A** działa oczyszczalnia ścieków oraz kompostownia odpadów komunalnych obsługująca sąsiednie obszary. Ze względu na nieprzyjemny zapach jej działalność jest istotnym źródłem konfliktów z mieszkańcami. Zakłada się, że po modernizacji będzie stanowić element wojewódzkiego systemu przetwarzania odpadów. Miasto posiada redukcyjną stację 110/15 kV (RPZ). Budownictwo wielorodzinne, usługowe i obiekty przemysłu ogrzewane są z miejskich sieci ciepłowniczych, lokalnych kotłowni, reszta wyposażona jest w kotły indywidualne. Teren miasta jest zasilany gazociągami wysokiego ciśnienia.

Uwarunkowania społeczne

Gmina A charakteryzuje się w porównaniu z rozważanymi innymi lokalizacjami inwestycji mniejszym kapitałem społecznym i porównywalnie mniejszym doświadczeniem w zakresie działań zbiorowych. Można również spodziewać się, że mamy tu do czynienia z relatywnie niższym poczuciem tożsamości lokalnej, ponieważ wielu mieszkańców pracuje poza miejscem zamieszkania. Należy mieć jednak na uwadze fakt, że aspiracje związane z poczuciem sprawczości oraz tożsamością zbiorową mogą istnieć „po cichu”, kiedy brakuje wyraźnego i integrującego kontekstu działania i aktywizują się bardzo szybko wtedy, gdy nadarza się ku temu okazja. Fakt ten stanowi o zagrożeniach, ale i o szansach dla ewentualnej inwestycji w tym miejscu. W podejmowanych działaniach należy od razu uwzględnić możliwość rozproszenia protestu oraz „falowanie” nastrojów. Wśród atutów tej lokalizacji można natomiast wymienić to, że poczucie tożsamości lokalnej postrzegane jest jako deficytowe dobro i wszelkie działania i inicjatywy kulturalne i edukacyjne nakierowane na rekonstruowanie czy konstruowanie lokalnego „my” będą „wydajne” w wymiarze symbolicznym.

Opisowa analiza SWOT dla lokalizacji inwestycji w gminie A

Mocne strony (S)	Słabe strony (W)
1. Zwiększenie dochodów gminy. 2. Łatwe i ekonomiczne pozyskanie wsadu do IBPOK. 3. Dobra jakość infrastruktury technicznej. 4. Możliwość wykorzystania istniejących terenów infrastruktury technicznej (oczyszczalnia, kompostownia).	1. Dotychczasowe protesty społeczne związane z wadliwym funkcjonowaniem infrastruktury technicznej. 2. Brak woli politycznej do podjęcia tematu przetwarzania odpadów.
Szanse (O)	Zagrożenia (T)
1. Kompostownia w gminie została wyznaczona jako regionalny element gospodarki odpadami w RPGO. 2. Presja ze strony mieszkańców, aby zmodernizować kompostownię i oczyszczalnię, możliwość pozyskania środków zewnętrznych UE z funduszy na lata 2014-2020.	1. Brak wsparcia prawnego i finansowego na poziomie krajowym umożliwiającego realizację inwestycji. 2. Protesty sąsiadujących gmin uniemożliwiające rozbudowę kompostowni w oczekiwany sposób.

Grupa kryteriów	Nazwa	Szczegółowy opis znaczenia kryterium	Ocena
Techniczne	K1	Gmina posiada duży potencjał substratowy BFOK	3
	K2	W gminie nie istnieje alternatywa do przetwarzania odpadów BIO	0
	K3	BFOK będą przetwarzane razem z odpadami pochodzenia rolniczego /przemysłu rolno- spożywczego	3
Terenowe	K4	Możliwość częściowego wykorzystania istniejącej lub planowanej infrastruktury komunalnej	3
	K5	Możliwość zastosowania zwiększonego ruchu kołowego	3
	K6	Istnieje RGZ lub GPZ, linia 110kV na terenie gminy	3
	K7	Bliskość kotłowni, lokalnej sieci ciepłowniczej lub dużego odbiorcy ciepła	3
	K8	Przez gminę przechodzi gazociąg wysokiego ciśnienia lub stacja redukcyjno-pomiarowa 1-ego stopnia	3
	K9	Nie istnieje ryzyko podtopień	2
Prawne	K10	Istnieją działki stanowiące własność gminy o potencjalnym przeznaczeniu pod inwestycję	3
	K11	W SUIKZP lub MPZP tereny oznaczone są jako tereny mogące być przeznaczone pod obiekty zajmujące się przetwarzaniem odpadów	3
Ekonomiczne	K12	Lokalne przychody z inwestycji jako zachęta dla mieszkańców	0
	K13	Wpływy lokalne z tytułu lokalizacji inwestycji będą stanowiły ważną pozycję w budżecie gminy	0
	K14	Korzystny stosunek odległości dowożenia do ilości dowożonych odpadów	2
Społeczne	K15	Mieszkańcy są pozytywnie nastawieni do inwestycji ekologicznych, co pokazuje historia działań w gminie (informacje pozyskane od pracowników administracji)	1

	K16	Dotychczas podejmowane inicjatywy w zakresie inwestycji ekologicznych przyczyniły się do innych zmian (w miejscowej ofercie rynkowej dostępne są produkty ekologiczne)	0
	K17	W gminie nie odnotowano protestów związanych z projektami infrastrukturalnymi	0
	K18	Gmina nie ma charakteru wypoczynkowego, uzdrowskiego	3
	K19	Na terenie gminy znajdują się inne podmioty zajmujące się działalnością przemysłową	3
	K20	Na terenie gminy nie ma obszarów wartościowych przyrodniczo i kulturowo	1
	K21	Tereny, które są niezagospodarowane, nie są dla miejscowej ludności miejscem rekreacji (informacje pozyskane od mieszkańców dotyczące tego, gdzie spędzają wolny czas)	3
	K22	Organizacje kulturalne i społeczne, za pośrednictwem których można kontaktować się podczas realizacji inwestycji	3
	K23	Liczba osób pracujących w ochronie środowiska w administracji publicznej	3

Dane o wartościach ocen dla każdego rozważanego wariantu lokalizacji są automatycznie przesyłane do arkusza „MacierzOcen”, zawierającego podsumowanie ocen dla wszystkich wariantów. W macierzy tej wyznaczany jest również tzw. punkt idealny czyli fikcyjny wariant lokalizacji inwestycji posiadający najlepsze oceny na wszystkich kryteriach występujące w rozważanych wariantach lokalizacji.

Macierz ocen wariantów lokalizacji inwestycji									
Grupa kryteriów	Nazwa	Szczegółowy opis znaczenia kryterium	Ideal	A	B	C	D	E	F
Techniczne	K1	Gmina posiada duży potencjał substratów BFOK	3	3	0	1	0	3	0
	K2	W gminie nie istnieje alternatywa do przetworzenia odpadów BIO	3	0	3	3	3	3	3
	K3	BFOK będą przetwarzane razem z odpadami pochodzenia rolniczego /przemysłu rolno- spożywczego	3	3	3	0	1	1	1
Terenowe	K4	Możliwość częściowego wykorzystania istniejącej lub planowanej infrastruktury komunalnej	3	3	0	0	0	2	2
	K5	Możliwość zastosowania zwiększonego ruchu kołowego	3	3	0	0	1	0	1
	K6	Istnieje RGZ lub GPZ, linia 110kV na terenie gminy	3	3	3	0	0	0	3
	K7	Bliskość kotłowni, lokalnej sieci ciepłowniczej lub dużego odbiorcy ciepła	3	3	0	0	0	1	0
	K8	Przez gminę przechodzi gazociąg w wysokim ciśnieniu lub stacja redukcyjno-pomiarowa 1-ego stopnia	3	3	0	0	2	0	0
	K9	Nie istnieje ryzyko podtopień	2	2	1	1	2	0	1
Prawne	K10	Istnieją działki stanowiące własność gminy o potencjalnym przeznaczeniu pod inwestycje	3	3	1	0	0	0	2
	K11	W SUKZP lub MPZP tereny oznaczone są jako tereny mogące być przeznaczone pod obiekty zajmujące się przetwarzaniem odpadów	3	3	2	0	0	0	2
Ekonomiczne	K12	Lokalne przychody z inwestycji jako zachęta dla mieszkańców	3	0	3	0	0	0	0
	K13	Wpływ lokalne z tytułu lokalizacji inwestycji będą stanowią w ważną pozycję w budżecie gminy	3	0	3	3	3	0	3
	K14	Korzystny stosunek odległości do ożenienia do ilości dowożonych odpadów	3	2	1	2	1	3	0
Społeczne	K15	Mieszkańcy są pozytywnie nastawieni do inwestycji ekologicznych, co pokazuje historia działań w gminie (informacje pozyskane od pracowników administracji)	3	1	1	2	0	3	2
	K16	Dotychczas podejmowane inicjatywy w zakresie inwestycji ekologicznych przyczyniły się do innych zmian (w miejscowej ofercie rynkowej dostępne są produkty ekologiczne)	2	0	0	2	1	2	1
	K17	W gminie nie odnotowano protestów związanych z projektami infrastrukturalnymi	3	0	3	0	2	0	2
	K18	Gmina nie ma charakteru wypoczynkowego, uzdrowskiego	3	3	2	0	0	0	0
	K19	Na terenie gminy znajdują się inne podmioty zajmujące się działalnością przemysłową	3	3	1	0	1	0	1
	K20	Na terenie gminy nie ma obszarów wartościowych przyrodniczo i kulturowo	1	1	1	0	1	0	0
	K21	Tereny, które są niezagospodarowane, nie są dla miejscowej ludności miejscem rekreacji (informacje pozyskane od mieszkańców dotyczące tego, gdzie spędzają wolny czas)	3	3	3	0	0	0	0
	K22	Organizacje kulturalne i społeczne, za pośrednictwem których można kontaktować się podczas realizacji inwestycji	3	3	0	3	2	3	3
	K23	Liczba osób pracujących w ochronie środowiska w administracji publicznej	3	3	0	0	2	3	0

Ad.2. Nadanie wag kryteriom

W arkuszu „WagiKryteriow” jest możliwe nadanie wag (współczynników ważności) kryteriom. Dla łatwiejszego przypisania wag poszczególnym kryteriom użytkownik nadaje wagi grupom kryteriów (technicznych, terenowych, prawnych, ekonomicznych i społecznych) i waga danej grupy jest rozrzucona równomiernie na wszystkie kryteria w danej grupie. Pozwala to w czytelny sposób wyrazić preferencje decydenta związane z danym aspektem oceny. Wagi wybiera się za pomocą suwaka.

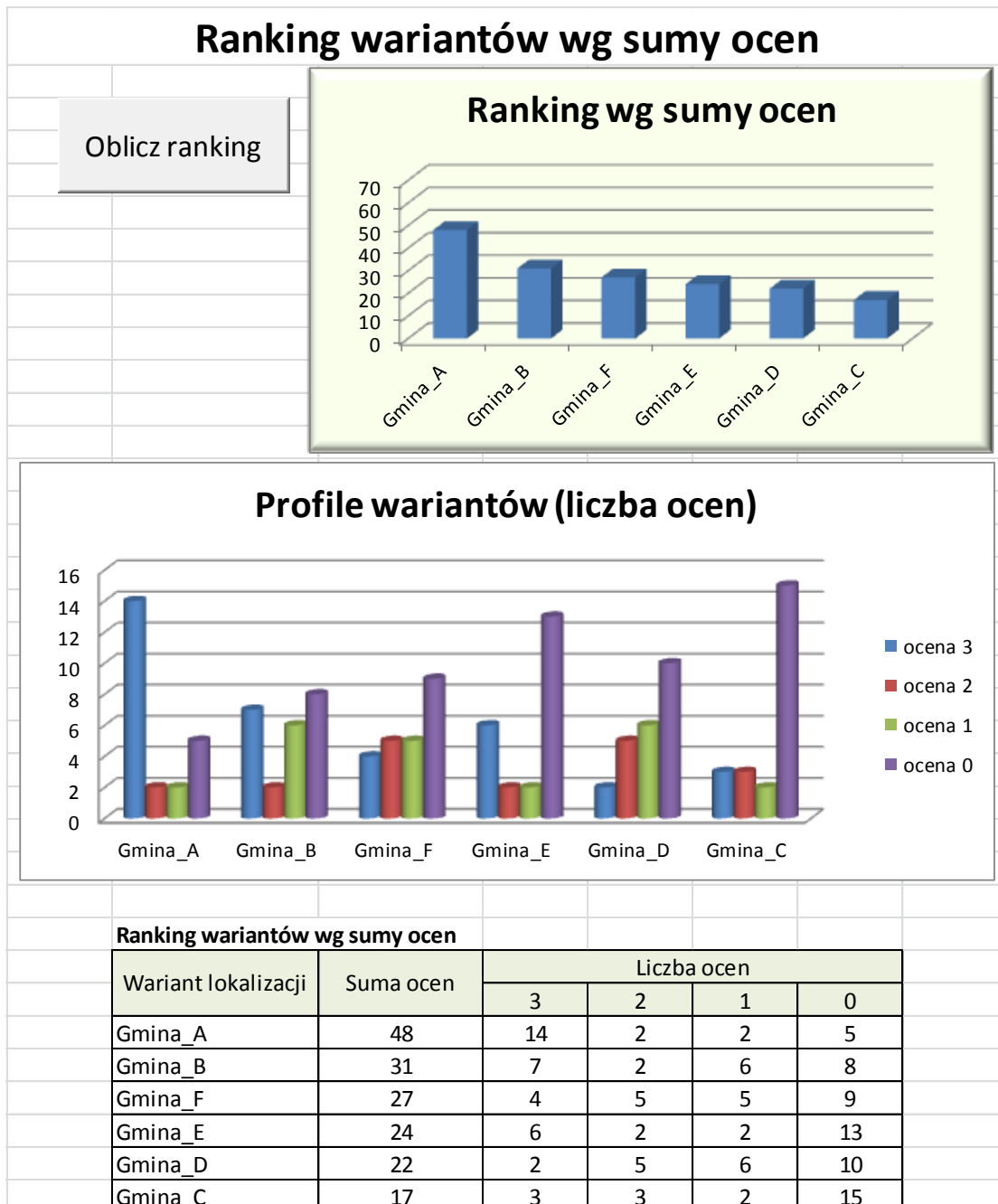
Wagi kryteriów			
Grupa kryteriów	Nazwa	Szczegółowy opis znaczenia kryterium	Waga
Techniczne	K1	Gmina posiada duży potencjał substratów y BFOK	3
	K2	W gminie nie istnieje alternatywa do przetwarzania odpadów BIO	
	K3	BFOK będą przetwarzane razem z odpadami pochodzenia rolniczego /przemysłu rolno- spożywczego	
Terenowe	K4	Możliwość częściowego wykorzystania istniejącej lub planowanej infrastruktury komunalnej	4
	K5	Możliwość zastosowania zwiększonego ruchu kołowego	
	K6	Istnieje RGZ lub GPZ, linia 110kV na terenie gminy	
	K7	Bliskość kotłowni, lokalnej sieci ciepłowniczej lub dużego odbiorcy ciepła	
	K8	Przez gminę przechodzi gazociąg w wysokim ciśnieniu lub stacja redukcyjno-pomiarowa 1-ego stopnia	
	K9	Nie istnieje ryzyko podtopień	
Prawne	K10	Istnieją działki stanowiące własność gminy o potencjalnym przeznaczeniu pod inwestycję	1
	K11	W SUIKZP lub MPZP tereny oznaczone są jako tereny mogące być przeznaczone pod obiekty zajmujące się przetwarzaniem odpadów	
Ekonomiczne	K12	Lokalne przychody z inwestycji jako zachęta dla mieszkańców	5
	K13	Wpływy lokalne z tytułu lokalizacji inwestycji będą stanowią w budżecie gminy	
	K14	Korzystny stosunek odległości do ożenienia do ilości do ożonych odpadów	
Społeczne	K15	Mieszkańcy są pozytywnie nastawieni do inwestycji ekologicznych, co pokazuje historia działań w gminie (informacje pozyskane od pracowników administracji)	1
	K16	Dotychczas podejmowane inicjatywy w zakresie inwestycji ekologicznych przyczyniły się do innych zmian (w miejscowej ofercie rynkowej dostępne są produkty ekologiczne)	
	K17	W gminie nie odnotowano protestów związanych z projektami infrastrukturalnymi	
	K18	Gmina nie ma charakteru wypoczynkowego, uzdrowskiego	
	K19	Na terenie gminy znajdują się inne podmioty zajmujące się działalnością przemysłową	
	K20	Na terenie gminy nie ma obszarów wartościowych przyrodniczo i kulturowo	
	K21	Tereny, które są niezagospodarowane, nie są dla miejscowej ludności miejscem rekreacji (informacje pozyskane od mieszkańców dotyczące tego, gdzie spędzają wolny czas)	
	K22	Organizacje kulturalne i społeczne, za pośrednictwem których można kontaktować się podczas realizacji inwestycji	
	K23	Liczba osób pracujących w ochronie środowiska w administracji publicznej	

W powyższym przykładzie nadanie wagi 3 grupie kryteriów technicznych powoduje, że każde z kryteriów K1, K2 i K3 otrzyma wagę $\frac{3}{3} = 1$. A waga 4 dla grupy kryteriów terenowych oznacza, że każde z kryteriów K4, K5, ..., K9 otrzyma wagę $\frac{4}{6} = 0.666667$.

Ad.3. Uporządkowanie wariantów lokalizacji na podstawie wybranej metody wielokryterialnej

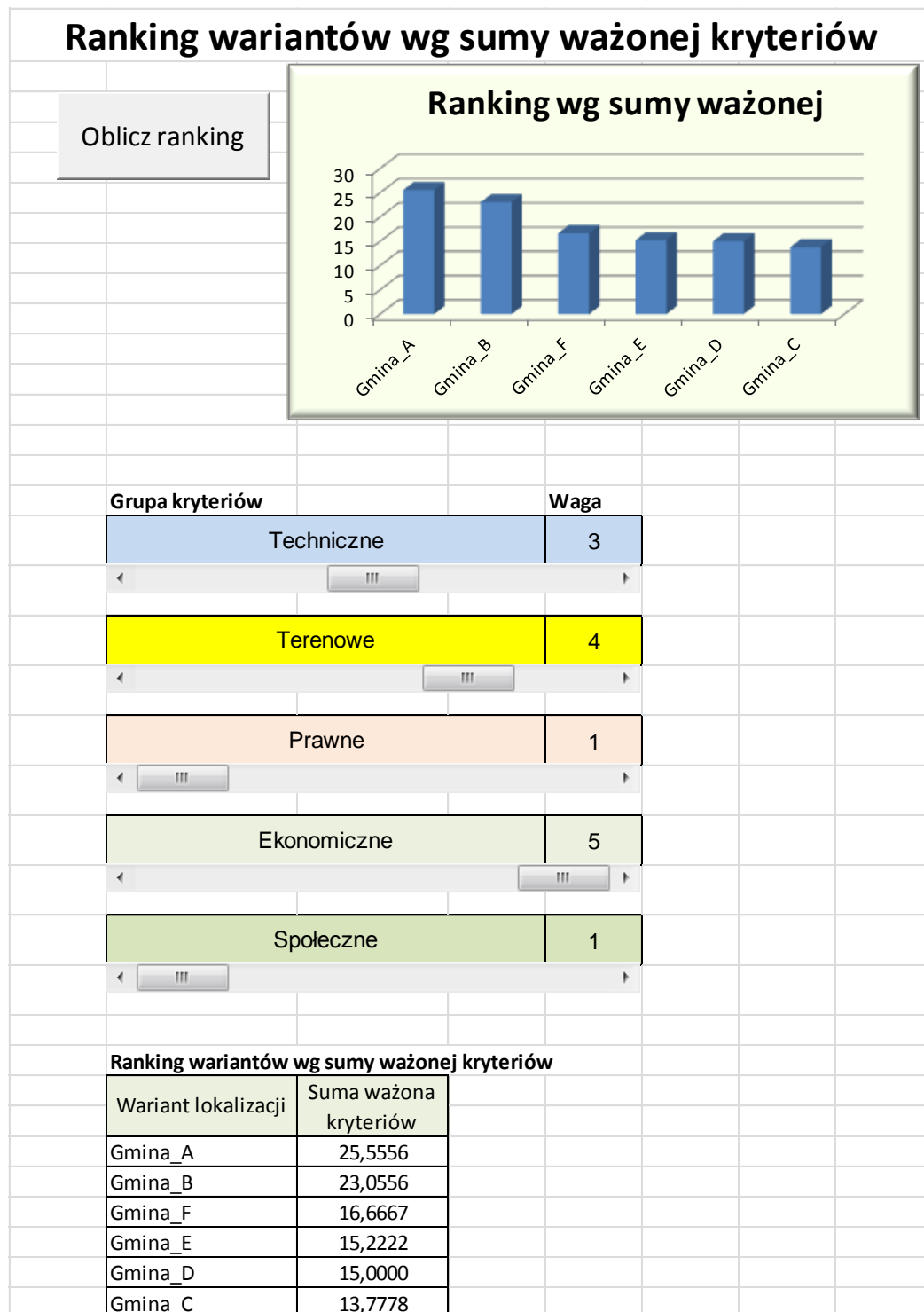
Użytkownik ma do wyboru trzy metody analizy wielokryterialnej: sumę ocen, sumę ważoną kryteriów oraz programowanie kompromisowe. Metody te pozwalają uporządkować warianty lokalizacji inwestycji zgodnie z ocenami na poszczególnych kryteriach i preferencjami decydenta wyrażonymi poprzez wagi kryteriów.

3.1. Suma Ocen: Pierwsza metoda, suma ocen jest realizowana w arkuszu „SumaOcen”.



Po naciśnięciu przycisku „Oblicz ranking” odpowiednie makro sortuje warianty w tabeli wg wartości sumy ocen (od największej do najmniejszej) i aktualizowany jest wykres pokazujący ranking wariantów oraz wykres pokazujący profile wariantów, czyli liczby szczegółowych ocen (stopni skali) dla każdego wariantu.

3.2. Suma Ważona Kryteriów: Metoda sumy ważonej jest realizowana w arkuszu „SumaWazona”.



W metodzie tej obliczana jest wartość sumy ważonej kryteriów wg wzoru:

$$S(a) = \sum_{i=1}^n w_i g_i(a)$$

gdzie w_i - waga i-tego kryterium, g_i – i-te kryterium ($i=1, 2, \dots, 23$), a – wariant lokalizacji, n – liczba kryteriów.

Dla usprawnienia przeprowadzania analiz suwaki umożliwiające zmianę wag, umieszczone na tym arkuszu, są sprzężone z suwakami wag w arkuszu „WagiKryteriow”. Zmiana wartości w jednym z nich powoduje zmianę w drugim.

Po naciśnięciu przycisku „Oblicz ranking” odpowiednie makro sortuje warianty w tabeli wg wartości sumy ważonej kryteriów (od największej do najmniejszej) i aktualizowany jest wykres pokazujący ranking wariantów.

3.3. Programowanie Kompromisowe: Metoda programowania kompromisowego jest realizowana w arkuszu „ProgKompromis”.

Ranking wariantów wg odległości od ideału

Oblicz ranking

Współczynnik alfa

Gmina	Ranking (Distance from Ideal)
Gmina_A	15,4444
Gmina_B	17,9444
Gmina_F	24,3333
Gmina_E	25,7778
Gmina_D	26,0000
Gmina_C	27,2222

Grupa kryteriów	Waga
Techniczne	3
Terenowe	4
Prawne	1
Ekonomiczne	5
Spoleczne	1

Ranking wariantów wg odległości od ideału			
Wariant lokalizacji	alfa = 1	alfa = 2	alfa = inf.
Gmina_A	15,4444	6,5235	5,0000
Gmina_B	17,9444	6,8028	3,3333
Gmina_F	24,3333	7,9931	5,0000
Gmina_E	25,7778	8,4327	5,0000
Gmina_D	26,0000	8,2999	5,0000
Gmina_C	27,2222	8,6346	5,0000

W metodzie programowania kompromisowego dla każdego wariantu obliczana jest jego odległość od punktu idealnego, czyli takiego dla którego oceny na poszczególnych kryteriach są najlepsze spośród ocen dla rozważanych wariantów lokalizacji. Punkt idealny jest wyznaczany w arkuszu „MacierzOcen”.

Do wyznaczenia odległości wariantu a od punktu idealnego stosuje się następujący wzór:

$$d(a) = \left(\sum_{i=1}^n w_i (g_i^* - g_i(a))^\alpha \right)^{1/\alpha}$$

gdzie w_i - waga i -tego kryterium, g_i – i -te kryterium ($i=1, 2, \dots, 23$), a – wariant lokalizacji, n – liczba kryteriów, α - współczynnik, g_i^* -wartość i -tego kryterium dla punktu idealnego.

Po wyznaczeniu odległości dla wszystkich wariantów porządkuje się je w kolejności od najmniejszej odległości do największej i w ten sposób wyznacza się ranking wariantów.

Współczynnik α może przyjmować dowolną wartość dodatnią ale w metodzie programowania kompromisowego najczęściej stosuje się trzy wartości tego współczynnika: $\alpha = 1$, $\alpha = 2$ i $\alpha = \infty$.

W poszczególnych przypadkach wzór na odległość przyjmuje postać:

Dla $\alpha = 1$

$$d(a) = \sum_{i=1}^n w_i (g_i^* - g_i(a))$$

Dla $\alpha = 2$

$$d(a) = \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (g_i^* - g_i(a))^2}$$

Dla $\alpha = \infty$

$$d(a) = \max_i (w_i (g_i^* - g_i(a)))$$

Podobnie jak dla metody sumy ważonej kryteriów, dla usprawnienia przeprowadzania analiz suwaki umożliwiające zmianę wag, umieszczone na tym arkuszu, są sprzężone z suwakami wag w arkuszu „WagiKryteriów”. Zmiana wartości w jednym z nich powoduje zmianę w drugim.

Po wybraniu z listy wartości współczynnika α i naciśnięciu przycisku „Oblicz ranking” odpowiednie makro sortuje warianty w tabeli wg wartości odległości poszczególnych wariantów od punktu idealnego (od najmniejszej do największej) i aktualizowany jest wykres pokazujący ranking wariantów.

Opracowanie powstało w ramach projektu „Naukowcy dla gospodarki Mazowsza” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego:

<http://www.bioenergiadlaregionu.eu/pl/naukowcy-dla-gospodarki-mazowsza/>