

## **Temat: Algorytmy Genetyczne, Optima\_AG – moduł Kolejność**

### **W skrócie**

Kolejny poznawany moduł to Kolejność. Moduł ten służy do rozwiązywania takich problemów w których istotna jest kolejność elementów w komórkach zmienianych. Moduł Proporcje poznamy rozwiązując następujące przykładowe problemy optymalizacyjne: wybór trasy przejazdu (problem bez ograniczeń), rozdział zadań na podwykonawców, harmonogram produkcji (bez ograniczeń).

### **Szczegóły**

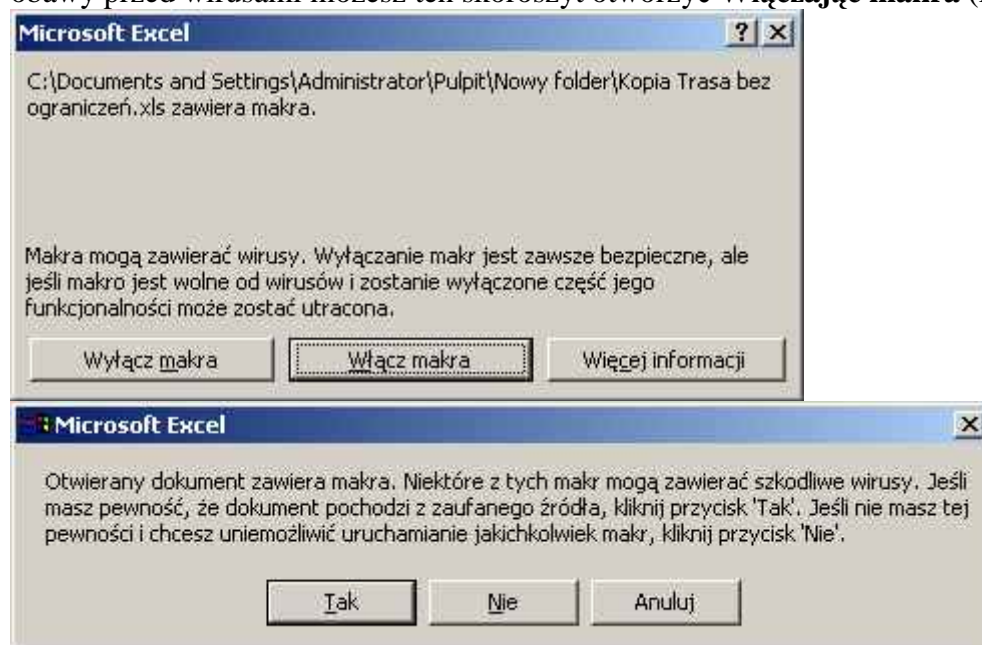
Dwa poprzednie moduły - Proporcje i Budżet - szukały rozwiązania problemu optymalizacyjnego poprzez generowanie nowych wartości w komórkach zmienianych, komórki zmieniane mogły przyjmować dowolne wartości byle spełnione były ewentualne ograniczenia wewnętrzne. Moduł omawiany w tym rozdziale działa zupełnie odmiennie - nie generuje on nowych wartości w komórkach zmienianych lecz miesza/zmienia kolejność jakie znajdzie w komórkach zmienianych, stąd nazwa modułu Kolejność. Moduł Kolejność wymaga, aby komórki zmieniane zawierały tylko liczby. Nie mogą one zawierać tekstów.

## **PROBLEM NR 1 – Wybór trasy przejazdu (problem bez ograniczeń)**

### **Otwarcie skoroszytu z problemem**

W uruchomionym Excelu zamykamy wszystkie otwarte skoroszyty (Optima\_AG może współpracować naraz tylko z jednym skoroszytem) i otwieramy w folderze w którym zainstalowano optymalizator skoroszyt o nazwie *Trasa bez ograniczeń*.

W chwili otwierania tego skoroszytu może się pojawić komunikat na ekranie (patrz: Rysunek 1) informujący nas o tym, że otwierany skoroszyt zawiera makra - w istocie skoroszyt, który otwieramy zawiera makra niezbędne do jego funkcjonowania (o czym poniżej) więc bez obawy przed wirusami możesz ten skoroszyt otworzyć **Włączając makra** (kliknij **Tak**).



Rysunek 1

### Opis optymalizowanego przykładowego problemu (patrz: Rysunki 2)

1. Akwizytor planuje odwiedzić klientów mających swe siedziby w dwudziestu miastach (zakres A5:A24). Każde miasto ma zamiar odwiedzić tylko jeden raz.
2. Chce wybrać taką trasę przejazdu - kolejność w jakiej będzie odwiedzał poszczególne miasta (zakres D5:D24) - której długość będzie minimalna (komórka G4).
3. Komórki z zakresu D5:D24 zawierają aktualną kolejność odwiedzania miast, gdzie każde z miast określane jest swoim identyfikatorem liczbowym zdefiniowanym w zakresie B5:B24.
4. Komórka G4 zawiera formułę obliczającą długość aktualnej trasy, długość ta obliczana jest na podstawie danych o odległościach między poszczególnymi miastami zawartymi w zakresie A31:T50. Formuła odwołuje się do funkcji „długość\_trasy()” napisanej w języku Visual Basic (stąd właśnie pojawił się komunikat pokazany na Rysunku 1). Funkcja ta ma następującą postać:

```
Function długość_trasy(nic) As Double
Dim i, j, x, y As Integer
Dim wynik As Double
wynik = 0
j = 30
For i = 5 To 23
x = Range(Cells(i, 4), Cells(i, 4)).Value
y = Range(Cells(i + 1,4), Cells(i + 1, 4)).Value
If x > y Then
wynik = wynik + Range(Cells(j + x, y), Cells(j + x, y)).Value
Else
wynik = wynik + Range(Cells(j + y, x), Cells(j + y, x)).Value
End If
Next i
x = Range(Cells(24, 4), Cells(24, 4)).Value
y = Range(Cells(5, 4), Cells(5, 4)).Value
If x > y Then
wynik = wynik + Range(Cells(j + x, y), Cells(j + x, y)).Value
Else
wynik = wynik + Range(Cells(j + y, x), Cells(j + y, x)).Value
End If
długość_trasy = wynik
End Function
```

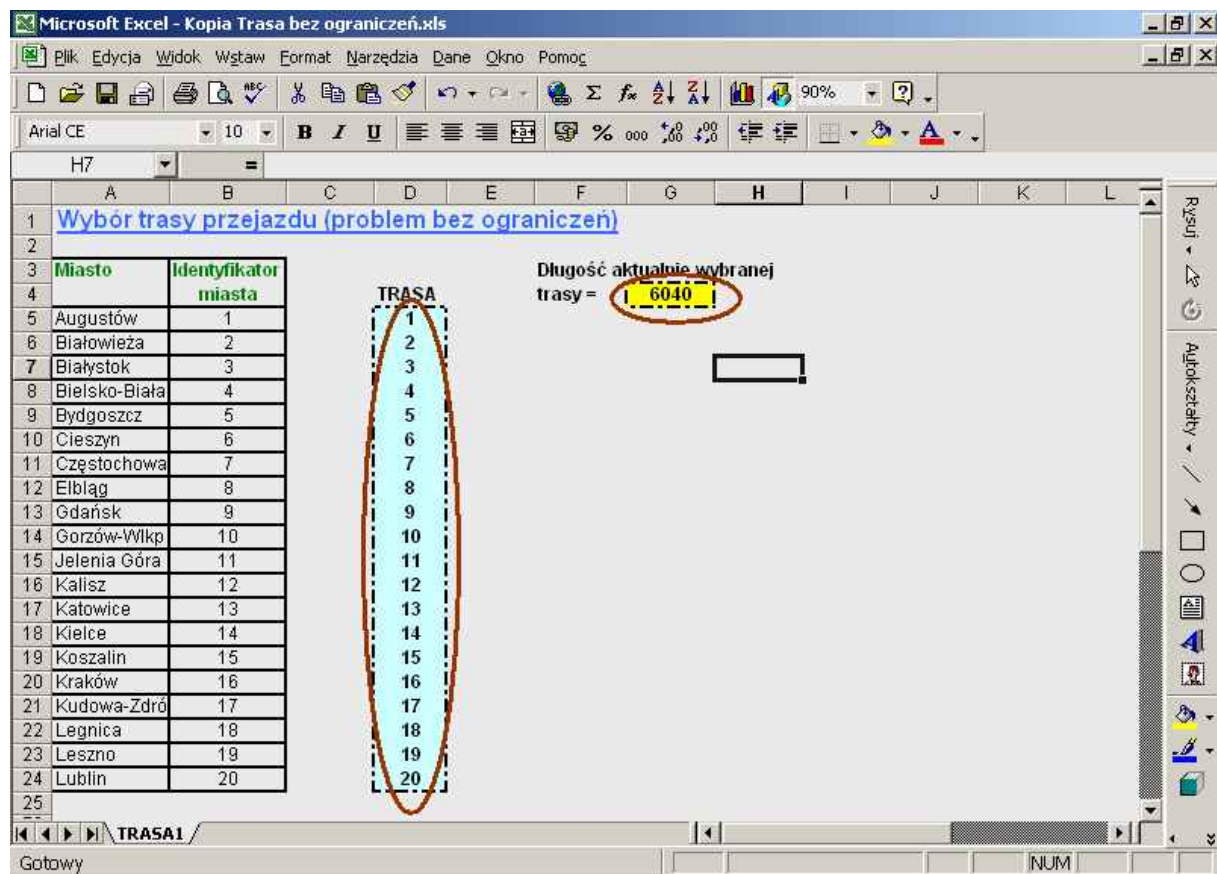
Powyższa funkcja dla całego zakresu D5:D24:

- q pobiera z zakresu D5:D24 dwa kolejne elementy - numery dwu kolejnych miast,
- q następnie z zakresu A31:T50 pobiera odległość tych miast,
- q dodaje tę odległość do zmiennej wynik mierzącej sumę całej trasy.

Jako swój wynik funkcja zwraca ostateczną wartość zmiennej wynik.

UWAGA - argument *nic* z którym wywoływana jest funkcja nie ma żadnego znaczenia w toku obliczeń, został on użyty tylko w tym celu aby zmusić Excela do uruchamiania

mechanizmu przeliczania zawsze wtedy gdy zmienia się zawartość komórek (czyli kolejność miast) w zakresie D5:D24.



Rysunek 2

Skoro znany nam jest już problem., który będziemy optymalizować -uruchamiamy Optima\_AG, wybieramy moduł *Kolejność* i przystępujemy do optymalizacji.

#### Optymalizowana formuła (patrz: Rysunek 4)

Naszym zadaniem jest minimalizacja łącznych długości trasy dlatego optymalizowaną formułą jest formuła naliczająca tę długość, znajdująca się w komórce G4 - do pola *Dla formuły w komórce* (w oknie Optima\_AG) wpisujemy jej adres.

#### Charakter problemu optymalizacyjnego (patrz: Rysunek 4)

Minimalizujemy długość trasy czyli minimalizujemy wskazaną formułę - w ramce *Znajdź wartość* zaznaczamy *Minimalną*.

#### Komórki zmieniane (patrz: Rysunek 4)

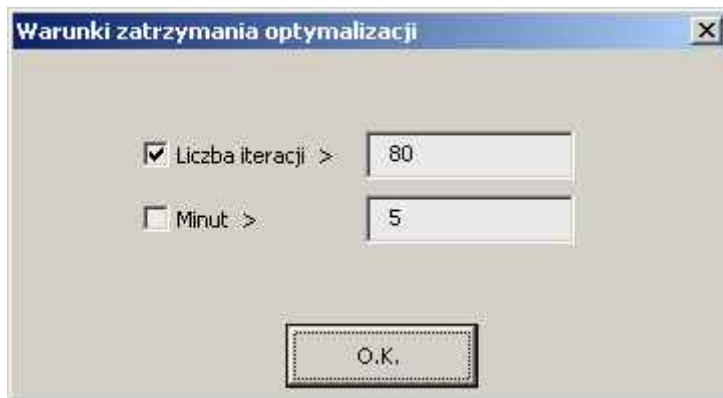
Długość trasy zależy od tego jakie miasta po kolei odwiedzamy. Dlatego też zadaniem Optima\_AG będzie taka zmiana kolejności odwiedzania miast (czyli wybór trasy przejazdu), która doprowadzi do minimalizacji łącznej długości trasy - w polu *Zmieniając kolejność elementów występujących w komórkach* wpisujemy zakres komórek określających trasę.

### Ograniczenia

Moduł *Kolejność* nie umożliwia wprowadzania jakichkolwiek ograniczeń, jeżeli pragniesz zdefiniować ograniczenia na przykład co do kolejności elementów w komórkach zmienianych (lub inne - zewnętrzne) skorzystaj z modułu *Projekt*.

### Warunki zatrzymania optymalizacji (patrz: Rysunek 3)

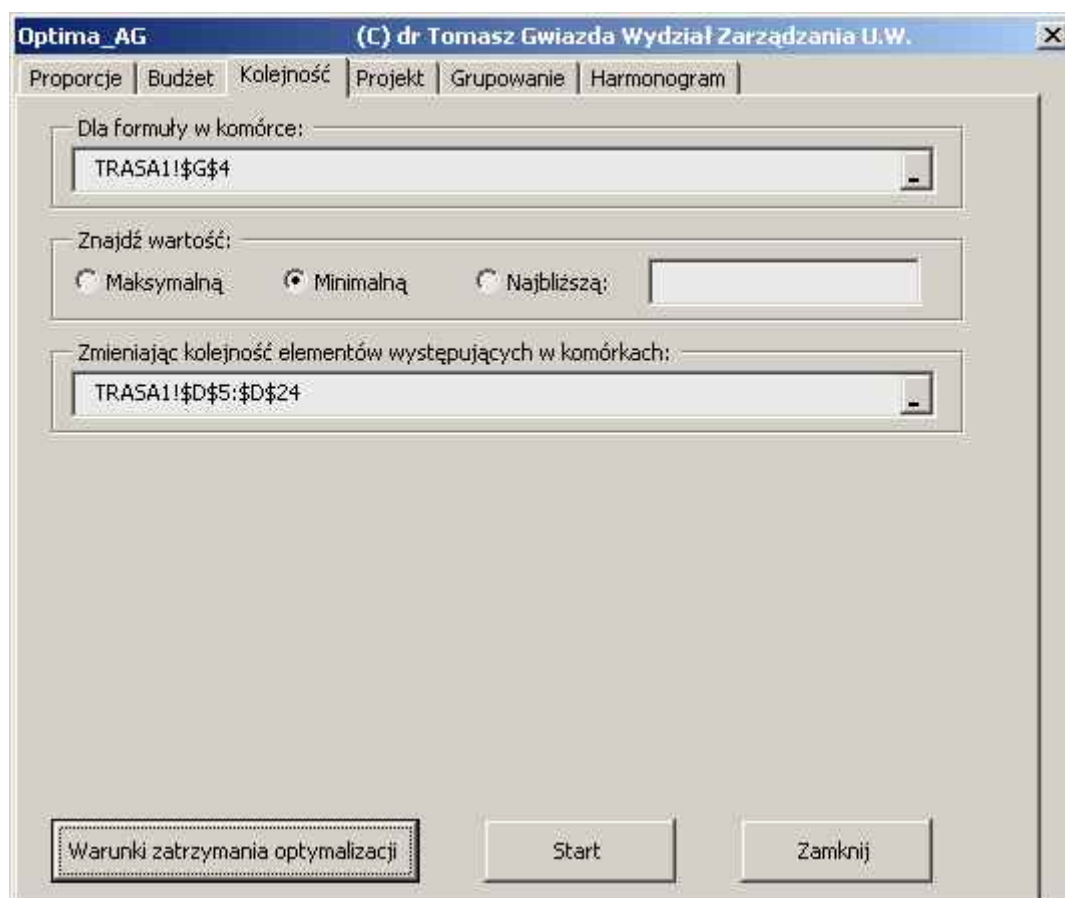
Dla tak prostego problemu (w sensie ilości zmienianych komórek) można ustalić krótki czas trwania optymalizacji, będzie on jednak dłuższy niż w poprzednio omawianych przykładach bowiem w przypadku gdy optymalizowana formuła zawiera odwołanie do funkcji lub makra napisanego przez użytkownika – proces przeliczania w Excelu trwa znacznie dłużej. Dlatego dla takich przypadków należy przeznaczyć dłuższy czas na optymalizację lub zamiast określania *czasu* optymalizacji określać *ilość iteracji*.



Rysunek 3

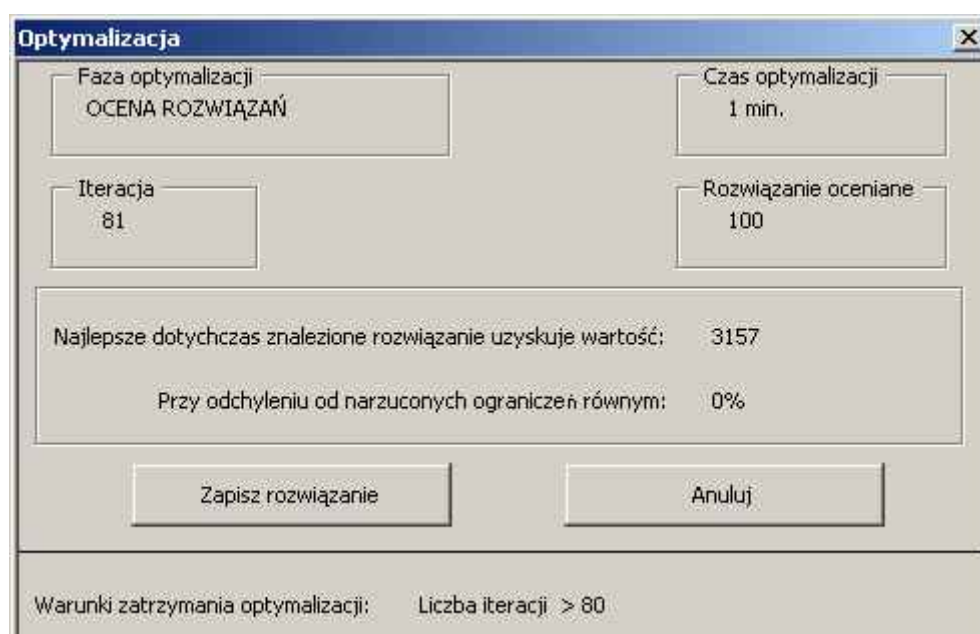
### Uruchomienie optymalizacji - wyniki wstępne

Wszystkie parametry niezbędne do uruchomienia optymalizacji zostały już ustalone - okno Optima AG powinno mieć następujący wygląd:



Rysunek 4

Uruchamiamy teraz optymalizację w wyniku której po upływie wskazanego czasu lub liczby iteracji otrzymujemy wynik, na przykład taki jak na Rysunku 5.



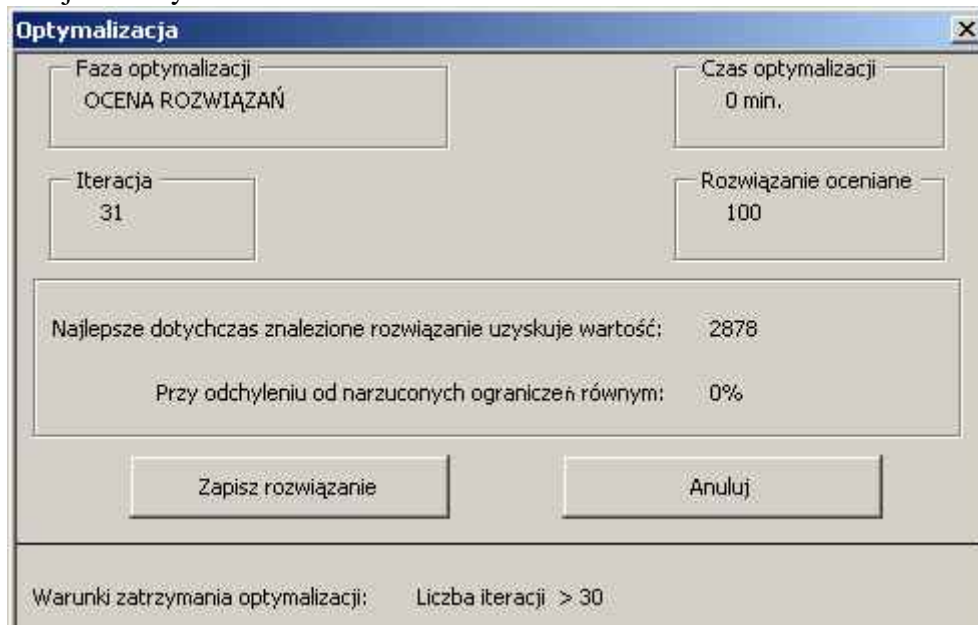
Rysunek 5

Zapisujemy ten wynik i powracamy do okienka Optima\_AG.

### Ponowne uruchomienie optymalizacji - poprawa wyników

Ponieważ zapamiętaliśmy wynik otrzymany w pierwszym przebiegu optymalizacji możemy teraz spróbować polepszyć ten wynik uruchamiając jeszcze raz optymalizację albowiem moduł *Kolejność* nie ma na swojej karcie opcji *Uwzględnij istniejące dane* albowiem czyni to zawsze automatycznie.

W wyniku powtórnej optymalizacji otrzymujemy (być może) lepszy wynik na przykład taki jak na Rysunku 6.

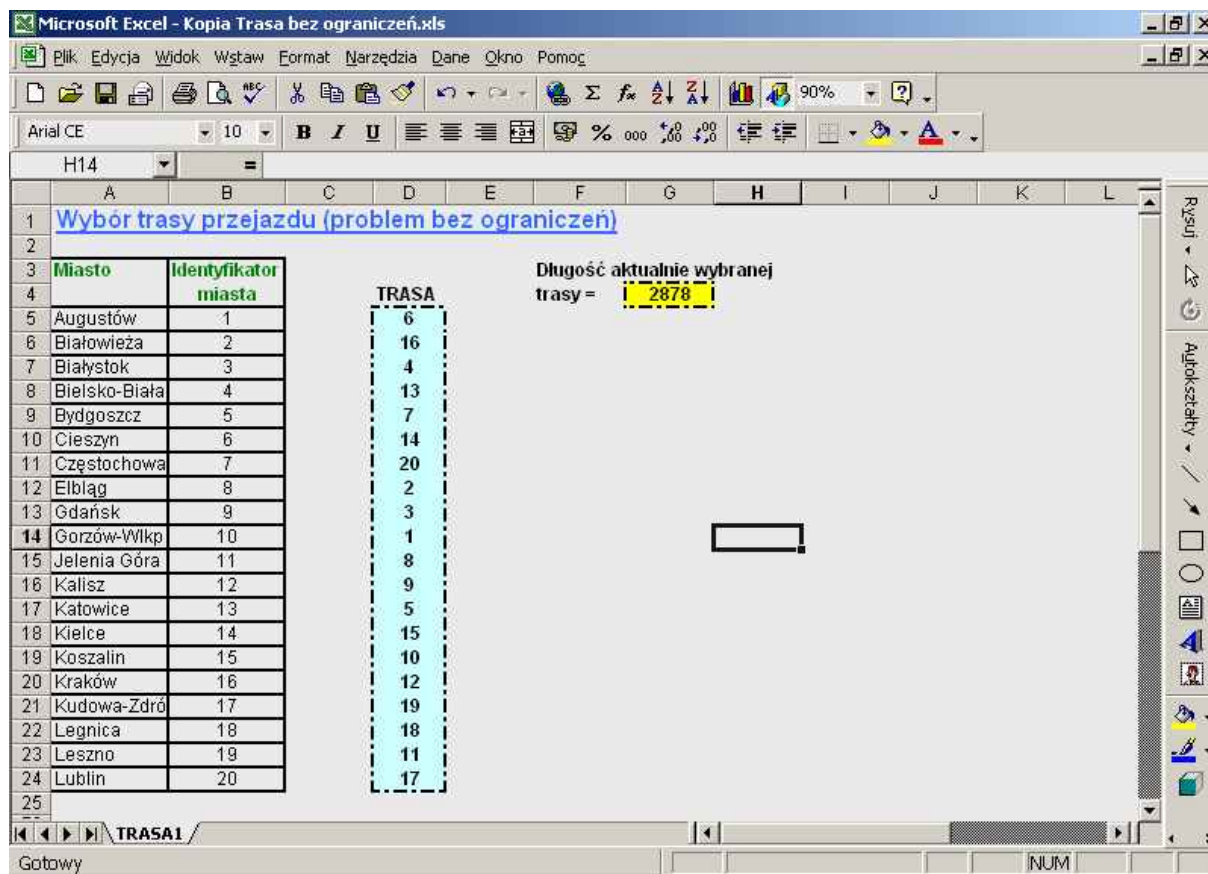


**Rysunek 6**

eżeli w wyniku powtórnej optymalizacji otrzymaliśmy lepszy wynik - zapisujemy go, powracamy do okienka Optima\_AG i wyłączamy optymalizator.

Po powrocie do okienka skoroszytu z optymalizowanym problemem zastajemy w nim zapisane rozwiązanie naszego problemu (takie na przykład jak na Rysunku 7), które jest znacznie lepsze (a być może najlepsze) od rozwiązania wyjściowego.





Rysunek 7

## Polecenia:

1. Uruchomić optymalizację (przycisk *Start*). Po uzyskaniu pierwszego rozwiązania zanotować wartość funkcji celu.
2. Spróbować poprawić uzyskany rezultat ponawiając proces optymalizacji 3-krotnie. Zanotować wynik ostateczny. Czy po każdym ponownym uruchomieniu optymalizacji wynik się poprawiał (koszt spadał)?
3. Wykonać sprawozdanie wg wytycznych.

## PROBLEM NR 2 – Rozdział zadań na podwykonawców

### Otwarcie skoroszytu z problemem

W uruchomionym Excelu zamykamy wszystkie otwarte skoroszyty (Optima\_AG może współpracować naraz tylko z jednym skoroszytem) i otwieramy w folderze w którym zainstalowano optymalizator skoroszyt o nazwie *Rozdział zadań na podwykonawców*.

### Opis optymalizowanego przykładowego problemu ("patrz: Rysunki 8 i 9)

1. Mamy do wykonania pewną inwestycję na którą składa się 16 zadań (zakres:A6:A21).
2. Zadania te zamierzamy zlecić 16 podwykonawcom (zakres: B5:Q5). Każdy z nich gotów jest wykonać każde z zadań jednak koszt wykonania poszczególnych zadań jest różny dla każdego z podwykonawców.
3. Z uwagi na czas zakończenia inwestycji decydujemy, że każdemu z podwykonawców zlecimy tylko jedno z zadań.
4. Naszym problemem jest taki rozdział zadań (zakres: B22:Q22) pomiędzy podwykonawców, który zminimalizuje łączny koszt inwestycji (komórka: G27).
5. Komórki z zakresu B24: Q24 zawierają formuły obliczające koszt wykonania przez daną firmę przydzielonego jej zadania. Dla Firmy 1 formuła ta ma postać:

„ =INDEKS(B6:B21;B22) ”

dla kolejnych firm zmienia się numeracja kolumn.

Zadanie numer:	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	Firma 8	Firma 9	Firma 10	Firma 11	Firma 12	Firma 13	Firma 14	Firma 15	Firma 16
1	300 zł	100 zł	100 zł	300 zł	900 zł	200 zł	700 zł	400 zł	500 zł	900 zł	300 zł	600 zł	100 zł	300 zł	500 zł	500 zł
2	200 zł	900 zł	700 zł	200 zł	400 zł	500 zł	700 zł	400 zł	300 zł	600 zł	100 zł	300 zł	200 zł	300 zł	200 zł	200 zł
3	1 000 zł	200 zł	400 zł	200 zł	700 zł	100 zł	300 zł	500 zł	400 zł	300 zł	500 zł	200 zł	1 000 zł	100 zł	600 zł	600 zł
4	600 zł	300 zł	900 zł	100 zł	200 zł	200 zł	300 zł	400 zł	500 zł	700 zł	100 zł	200 zł	700 zł	400 zł	400 zł	400 zł
5	400 zł	200 zł	800 zł	200 zł	500 zł	100 zł	700 zł	200 zł	200 zł	400 zł	200 zł	800 zł	200 zł	400 zł	500 zł	500 zł
6	500 zł	1 000 zł	300 zł	100 zł	700 zł	300 zł	500 zł	400 zł	500 zł	300 zł	200 zł	400 zł	100 zł	300 zł	100 zł	100 zł
7	100 zł	200 zł	1 000 zł	200 zł	500 zł	1 000 zł	900 zł	700 zł	600 zł	400 zł	500 zł	200 zł	100 zł	600 zł	600 zł	600 zł
8	300 zł	300 zł	600 zł	1 000 zł	400 zł	100 zł	400 zł	800 zł	1 000 zł	100 zł	900 zł	300 zł	100 zł	700 zł	100 zł	100 zł
9	400 zł	900 zł	900 zł	500 zł	700 zł	600 zł	400 zł	900 zł	200 zł	200 zł	800 zł	100 zł	200 zł	400 zł	300 zł	300 zł
10	700 zł	200 zł	300 zł	400 zł	100 zł	300 zł	100 zł	300 zł	300 zł	700 zł	100 zł	900 zł	800 zł	300 zł	900 zł	900 zł
11	500 zł	100 zł	100 zł	700 zł	100 zł	200 zł	1 000 zł	300 zł	600 zł	100 zł	300 zł	700 zł	100 zł	100 zł	200 zł	200 zł
12	300 zł	600 zł	500 zł	600 zł	100 zł	1 000 zł	600 zł	400 zł	800 zł	100 zł	700 zł	200 zł	200 zł	800 zł	300 zł	300 zł
13	1 000 zł	500 zł	800 zł	600 zł	600 zł	700 zł	500 zł	500 zł	600 zł	500 zł	500 zł	600 zł	700 zł	200 zł	700 zł	700 zł
14	200 zł	100 zł	600 zł	500 zł	400 zł	300 zł	200 zł	400 zł	900 zł	400 zł	100 zł	200 zł	100 zł	200 zł	100 zł	100 zł
15	500 zł	200 zł	100 zł	200 zł	600 zł	200 zł	600 zł	700 zł	400 zł	100 zł	100 zł	100 zł	400 zł	500 zł	900 zł	900 zł
16	400 zł	300 zł	1 000 zł	800 zł	300 zł	900 zł	300 zł	100 zł	600 zł	1 000 zł	800 zł	100 zł	300 zł	600 zł	600 zł	600 zł
Wybrane zadanie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

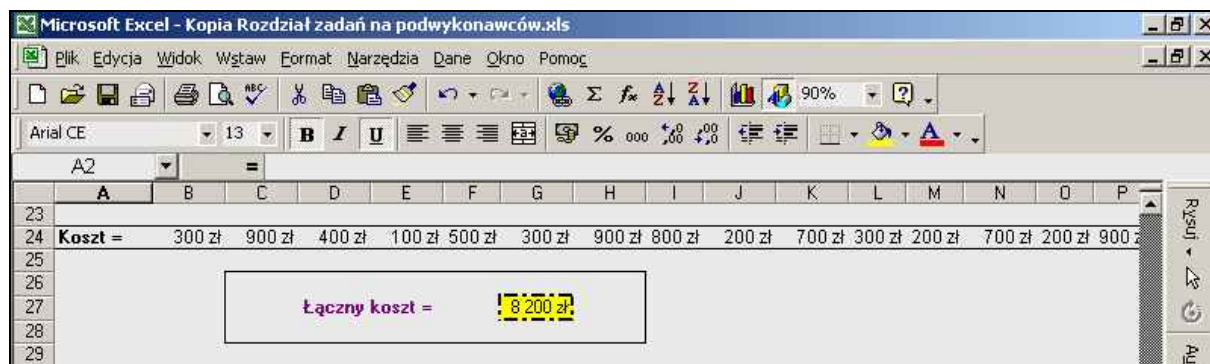
Rysunek 8

Skoro znany nam jest już problem., który będziemy optymalizować -uruchamiamy Optima\_AG, wybieramy moduł *Kolejność* i przystępujemy do optymalizacji.



### Optymalizowana formuła (patrz: Rysunek 11)

Naszym zadaniem jest minimalizacja łącznych kosztów inwestycji dlatego optymalizowaną formułą jest formuła naliczająca te koszty, znajdująca się w komórce G27 - do pola *Dla formuły w komórce* (w oknie Optima\_AG) wpisujemy jej adres.



Rysunek 9

### Charakter problemu optymalizacyjnego (patrz: Rysunek 11)

Minimalizujemy koszty inwestycji czyli minimalizujemy wskazaną formułę - w ramce *Znajdź wartość* zaznaczamy *Minimalną*.

### Komórki zmieniane (patrz: Rysunek 11)

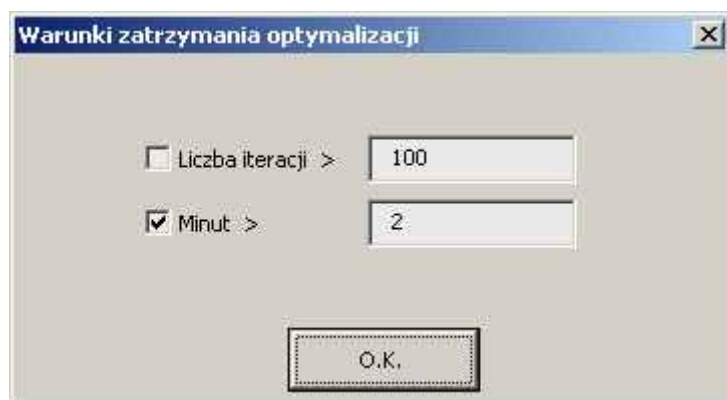
Łączne koszty inwestycji zależą od tego które zadania przydzielimy kolejnym firmom. Dlatego też zadaniem Optima\_AG będzie taka zmiana kolejności przydzielania numerów zadań, która doprowadzi do minimalizacji łącznych kosztów - w polu *Zmieniając kolejność elementów występujących w komórkach* wpisujemy zakres komórek określających numer wybranego/przydzielonego zadania kolejnej firmie.

### Ograniczenia

Moduł *Kolejność* nie umożliwia wprowadzania jakichkolwiek ograniczeń, jeżeli pragniesz zdefiniować ograniczenia na przykład co do kolejności elementów w komórkach zmienianych (lub inne - zewnętrzne) skorzystaj z modułu *Projekt*.

### Warunki zatrzymania optymalizacji (patrz: Rysunek 10)

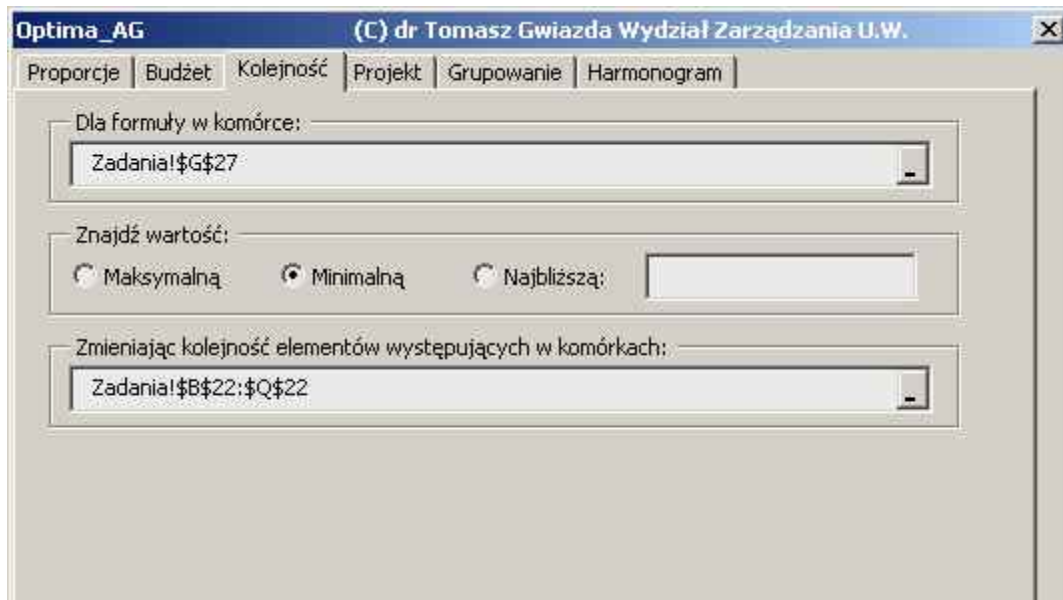
Dla tak prostego problemu (w sensie ilości zmienianych komórek) można ustalić krótki czas trwania optymalizacji na przykład:



Rysunek 10

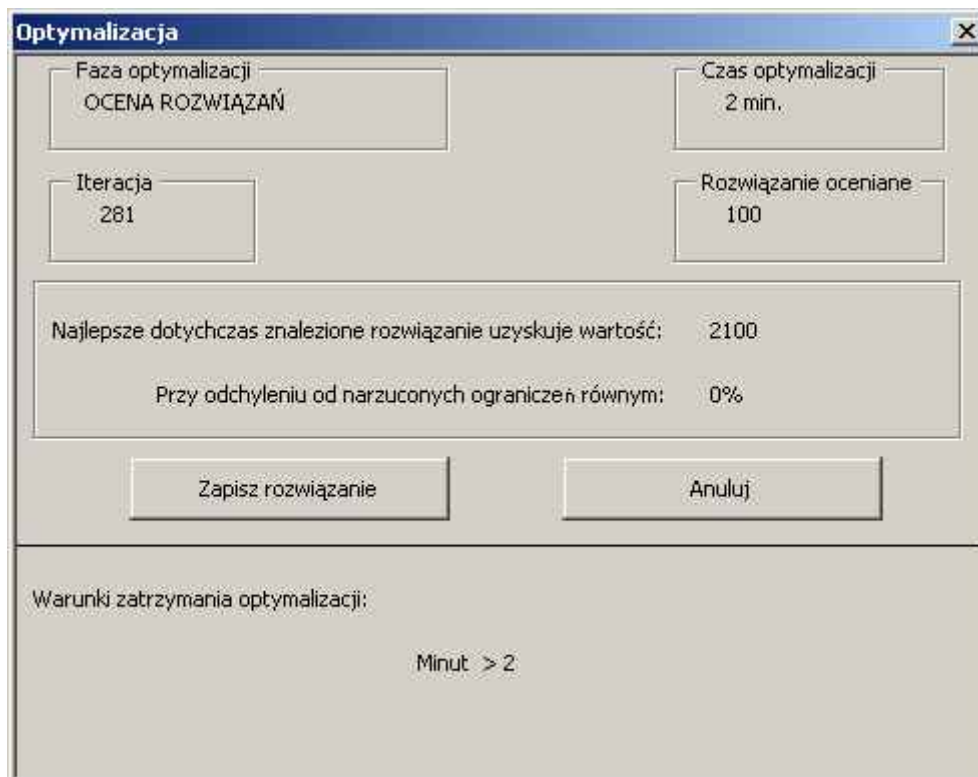
### Uruchomienie optymalizacji -wyniki wstępne

Wszystkie parametry niezbędne do uruchomienia optymalizacji zostały już ustalone - okno Optima\_AG powinno mieć następujący wygląd:



Rysunek 11

Uruchamiamy teraz optymalizację w wyniku której po upływie wskazanego czasu otrzymujemy wynik, na przykład taki jak na Rysunku 12.



Rysunek 12

Zapisujemy ten wynik i powracamy do okienka Optima\_AG.

### Ponowne uruchomienie optymalizacji - poprawa wyników

Ponieważ zapamiętaliśmy wynik otrzymany w pierwszym przebiegu optymalizacji możemy teraz spróbować polepszyć ten wynik uruchamiając jeszcze raz optymalizację.

W wyniku powtórnej optymalizacji otrzymujemy (być może) lepszy wynik na przykład taki jak na Rysunku 13

Jeżeli w wyniku powtórnej optymalizacji otrzymaliśmy lepszy wynik - zapisujemy go, powracamy do okienka Optima\_AG i wyłączamy optymalizator.

Po powrocie do okienka skoroszytu z optymalizowanym problemem zastajemy w nim zapisane rozwiązanie naszego problemu (takie na przykład jak na Rysunku 13), które jest znacznie lepsze (a być może najlepsze) od rozwiązania wyjściowego.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
16	500 zł	100 zł	100 zł	700 zł	100 zł	200 zł	1 000 zł	300 zł	600 zł	100 zł	300 zł	700 zł	100 zł	100 zł	200 zł	100 zł
17	300 zł	600 zł	500 zł	600 zł	100 zł	1 000 zł	600 zł	400 zł	800 zł	100 zł	700 zł	200 zł	200 zł	800 zł	300 zł	900 zł
18	1 000 zł	500 zł	800 zł	600 zł	600 zł	700 zł	500 zł	500 zł	600 zł	500 zł	500 zł	600 zł	700 zł	200 zł	700 zł	400 zł
19	200 zł	100 zł	600 zł	500 zł	400 zł	300 zł	200 zł	400 zł	900 zł	400 zł	100 zł	200 zł	100 zł	200 zł	100 zł	300 zł
20	500 zł	200 zł	100 zł	200 zł	600 zł	200 zł	600 zł	700 zł	400 zł	100 zł	100 zł	100 zł	400 zł	500 zł	900 zł	400 zł
21	400 zł	300 zł	1 000 zł	800 zł	300 zł	900 zł	300 zł	100 zł	600 zł	1 000 zł	800 zł	100 zł	300 zł	600 zł	600 zł	800 zł
22	7	11	1	4	16	8	10	5	9	12	2	15	6	13	14	3
24	100 zł	100 zł	100 zł	100 zł	300 zł	100 zł	100 zł	200 zł	200 zł	100 zł	100 zł	100 zł	100 zł	200 zł	100 zł	100 zł
27	Łączny koszt =		2 100 zł													

Rysunek 13

## Polecenia:

1. Uruchomić optymalizację (przycisk Start). Po uzyskaniu pierwszego rozwiązania zanotować wartość funkcji celu.
2. Spróbować poprawić uzyskany rezultat ponawiając proces optymalizacji 3-krotnie. Zanotować wynik ostateczny. Czy po każdym ponownym uruchomieniu optymalizacji wynik się poprawiał (koszt spadał)?
3. Wykonać sprawozdanie wg wytycznych.