OMNIS

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Optymalizacja w inżynierii lotniczej i kosmicznej

Wykład 1

Wprowadzenie do Optymalizacji

1130-LK000-MSP-1037

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Co to jest optymalizacja?

optymalizacja (Słownik języka polskiego)

1. organizowanie jakichś działań, procesów itp. w taki sposób, aby dały jak największe efekty przy jak najmniejszych nakładach
2. poszukiwanie za pomocą metod matematycznych najlepszego, ze względu na wybrane kryterium, rozwiązania danego zagadnienia gospodarczego, przy uwzględnieniu określonych ograniczeń

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Co to jest optymalizacja?

optymalizacja (Wikipedia)

metoda wyznaczania najlepszego (optymalnego) rozwiązania (poszukiwanie ekstremum funkcji) z punktu widzenia określonego kryterium (wskaźnika) jakości (np. kosztu, drogi, wydajności).

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Co to jest optymalizacja?

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Stosuje się optymalizacje jedno i wielokryterialne.

- Optymalizacja wielokryterialna występuje w wielu różnych dziedzinach: w projektowaniu produktu i procesu produkcji, finansów, projektowaniu samolotów, w przemyśle chemicznym, projektowaniu samochodów, wszędzie tam gdzie optymalne decyzje muszą być podjęte w obecności kompromisów pomiędzy dwoma lub więcej sprzecznymi celami.
- Przykładem wielokryterialnej optymalizacji jest maksymalizacja zysków i minimalizacji kosztów produktu, maksymalizacja wydajności przy ograniczaniu zużycia paliwa pojazdu, czy też obniżenie masy urządzenia przy jednoczesnej maksymalizacji wytrzymałości poszczególnych jego komponentów.

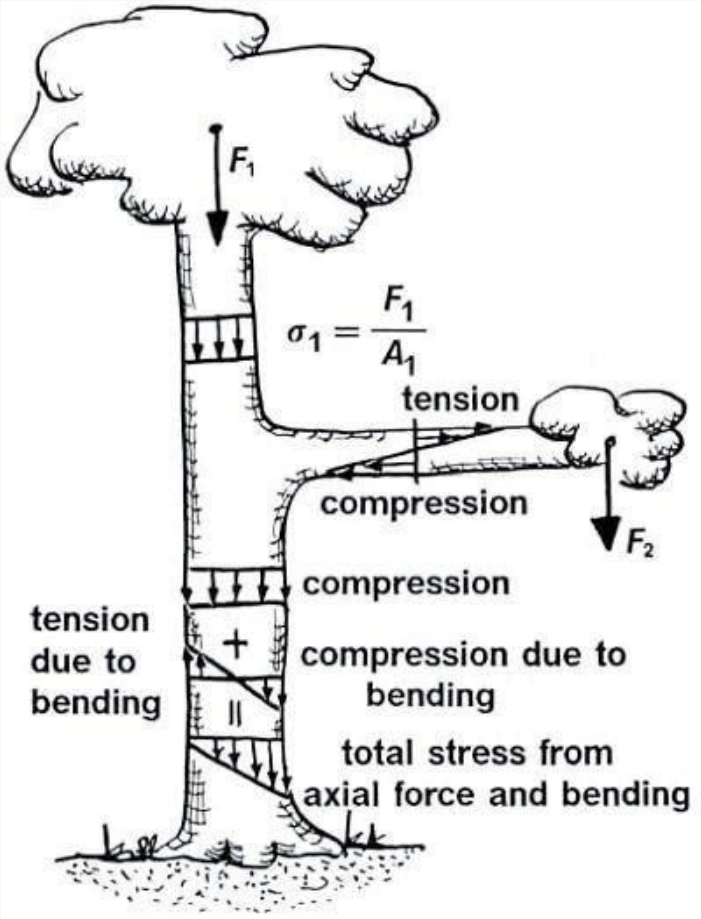
Optymalizacja jest także zdefiniowana w badaniach operacyjnych, gdzie wykorzystywana jest do rozwiązywania praktycznych problemów (np. ekonomicznych).

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Kto optymalizuje?

Natura optymalizuje:

- Systemy fizyczne dążą do stanu minimalnej energii.
- Cząsteczki w izolowanym systemie chemicznym reagują ze sobą, dopóki całkowita energia potencjalna ich elektronów nie zostanie zminimalizowana.
- Promienie światła podążają ścieżkami, które minimalizują ich czas podróży.



Kto optymalizuje?

Wszyscy codziennie optymalizujemy (np.):

- intuicyjnie wybieramy najkrótszą drogę (do pracy, do domu, itp.).
- minimalizujemy koszty zakupów z kryterium najlepszej jakości
  (korzystamy z „okazji" lub promocji)
- minimalizujemy wysiłek przy wykonywanej pracy
- próbujemy maksymalizować dochody i zyski

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

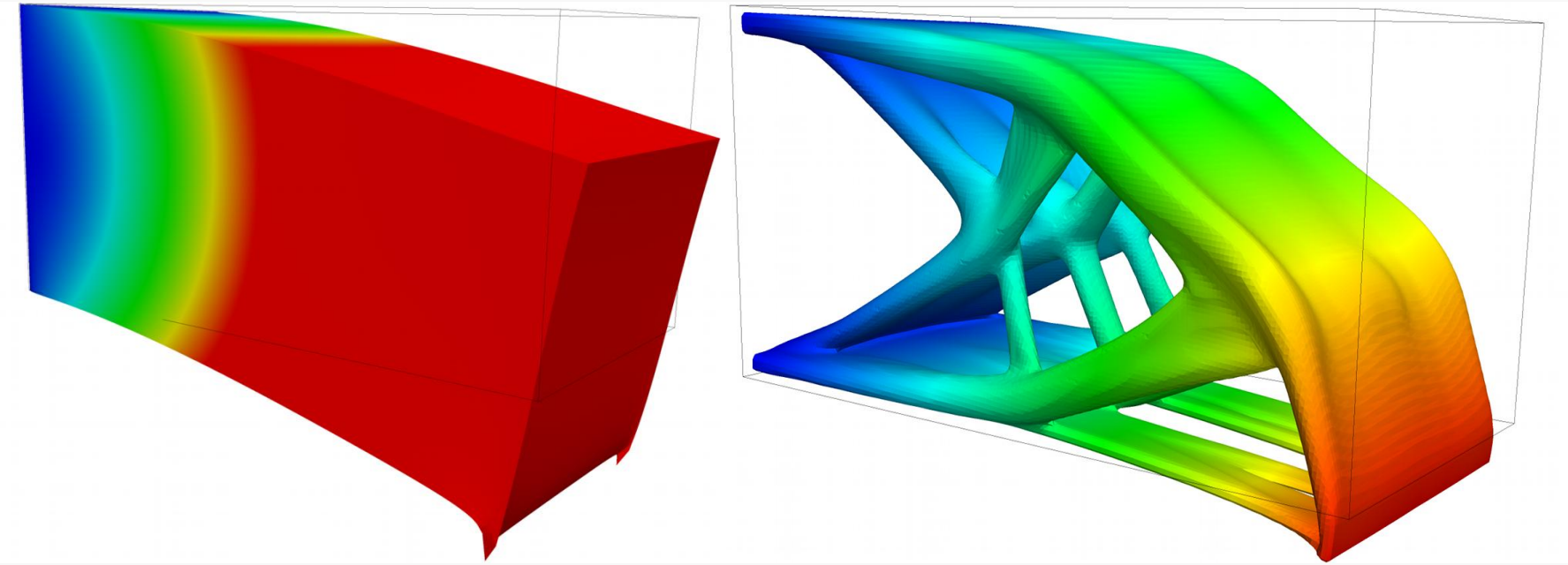
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

OMNIS

Co to jest optymalizacja?

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Optymalizacja jest to metoda wyznaczania najlepszego (optymalnego) rozwiązania (poszukiwania ekstremum funkcji) z punktu widzenia określonego kryterium.



Metoda Topologiczna - obniżenie masy przy jednoczesnej maksymalizacji wytrzymałości

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Rodzaje optymalizacji

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Optymalizacja Inżynierska

Badanie wrażliwości na zmianę wartości wybranych parametrów konstrukcyjno-projektowych (zmiennych optymalizacyjnych)

np. analiza zmiany obciążenia powierzchni nośnej i obciążenia ciągu (mocy)

Rodzaje optymalizacji

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Optymalizacja Analityczna/Numeryczna

- Poszukiwanie ekstremum dla zadanych zmiennych decyzyjnych (parametrów projektowych)
- Podział metod:
  - Metody deterministyczne (gradientowe)
  - Metody stochastyczne
  - Metody ewolucyjne

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (1/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

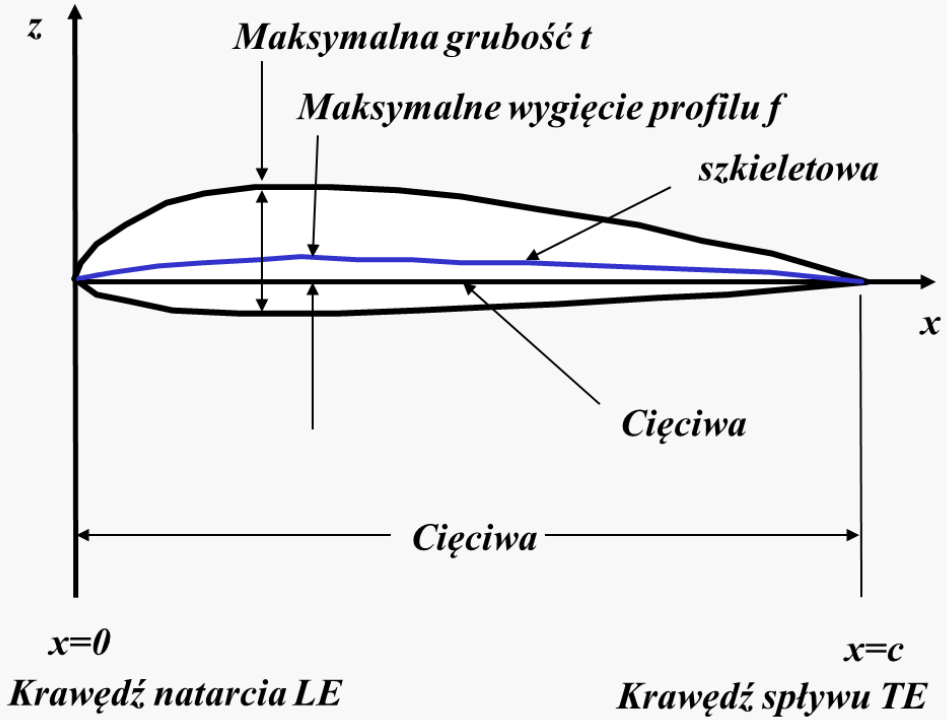
Optymalizacja Analityczna/Numeryczna

- Zmienne decyzyjne/optymalizacyjne/projektowe
- Funkcja celu/Kryterium optymalizacyjne
- Parametry optymalizacyjne
- Ograniczenia/więzy

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (2/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Zmienne decyzyjne



Zmienne globalne

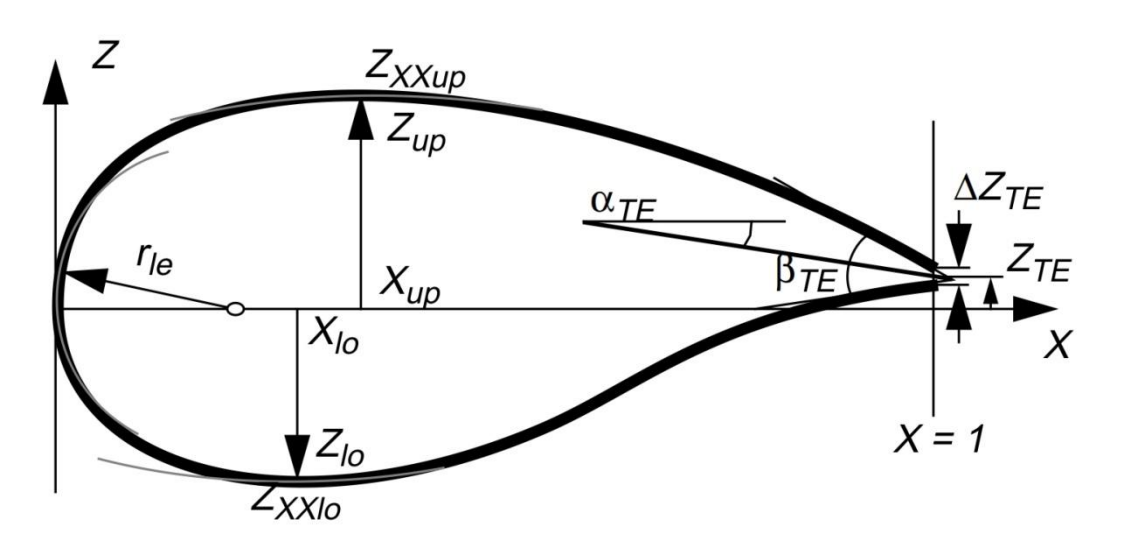
- **Cięciwa c**
- **Max. wygięcie profilu f**
- **Położenie max. wygięcia x_f**
- **Max. grubość g**
- **Położenie max. grubości x_g**

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (3/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Zmienne decyzyjne - profil



Parametryzacja PARSEC

Zmienne lokalne

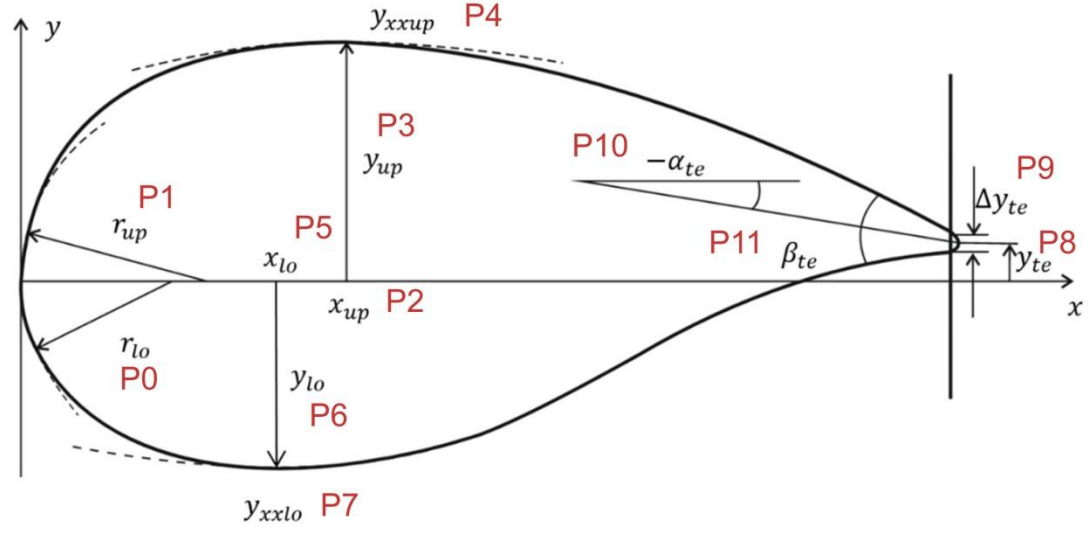
Przykładowa Geometryczna Reprezentacja Profilu

11 (12) zmiennych optymalizacyjnych

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (4/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Zmienne decyzyjne - profil



Parametryzacja PARSEC

P0	promień noska dolny
P1	promień noska górny
P2	położenie X punktu Ymax
P3	Ymax
P4	krzywizna górnej powierzchni
P5	położenie X punktu Ymin
P6	Ymin
P7	krzywizna dolnej powierzchni
P8	przesunięcie krawędzi spływu
P9	grubość krawędzi spływu
P10	kąt pochylenia spływu
P11	kat ostrza w spływie

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (5/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Funkcja celu

Funkcja celu jest matematycznym zapisem kryterium optymalizacyjnego. Kryterium optymalizacyjne jest wybierane w początkowej fazie projektowania, musi spełniać wymogi projektowania optymalnego, może być wybrane spośród parametrów konstrukcji, może być kombinacją wielu parametrów.

Przykładem często stosowanego kryterium jest koszt, w konstrukcjach lotniczych często stosowanym kryterium jest masa struktury lub parametry. W procesie optymalizacji dąży się każdorazowo do minimalizacji funkcji celu. Funkcja celu określa więc w sposób formalny zależność między celem optymalizacji (kryterium) a środkami służącymi do jego realizacji.

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (6/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Kryterium optymalizacyjne

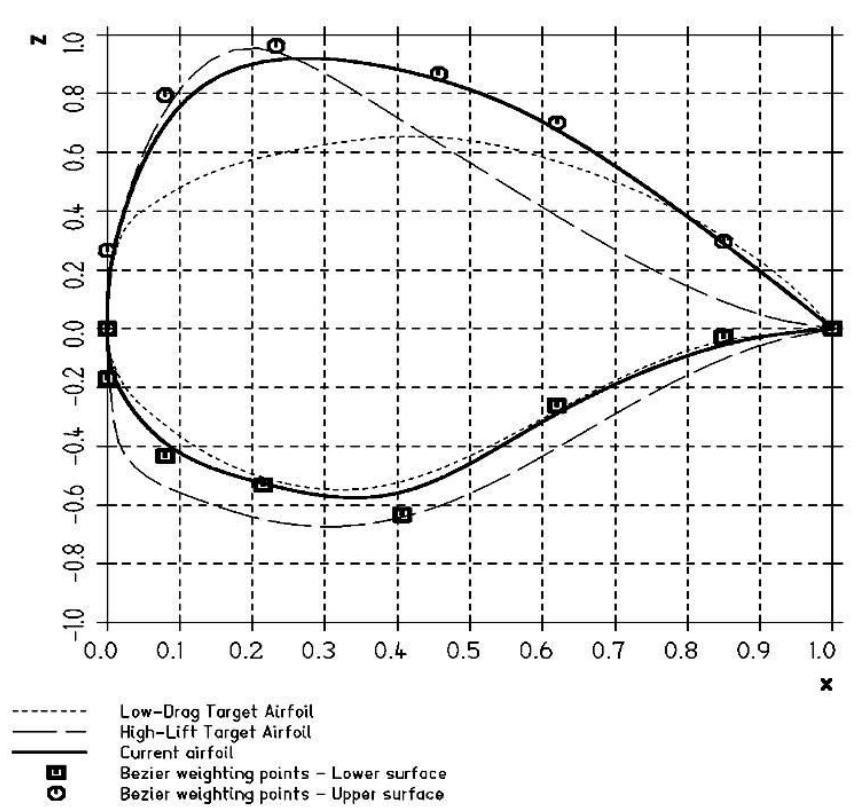
to wskaźnik lub zespół zależności (np. koszt, zysk, czas, niezawodność), służący do wyznaczenia najlepszego rozwiązania w zadaniach technicznych, ekonomicznych lub społecznych. Pozwala wybrać rozwiązanie maksymalizujące korzyści lub minimalizujące nakłady w ramach przyjętych ograniczeń, co stanowi fundament badań operacyjnych i teorii optymalizacji. Kluczowe aspekty kryterium optymalizacyjnego:

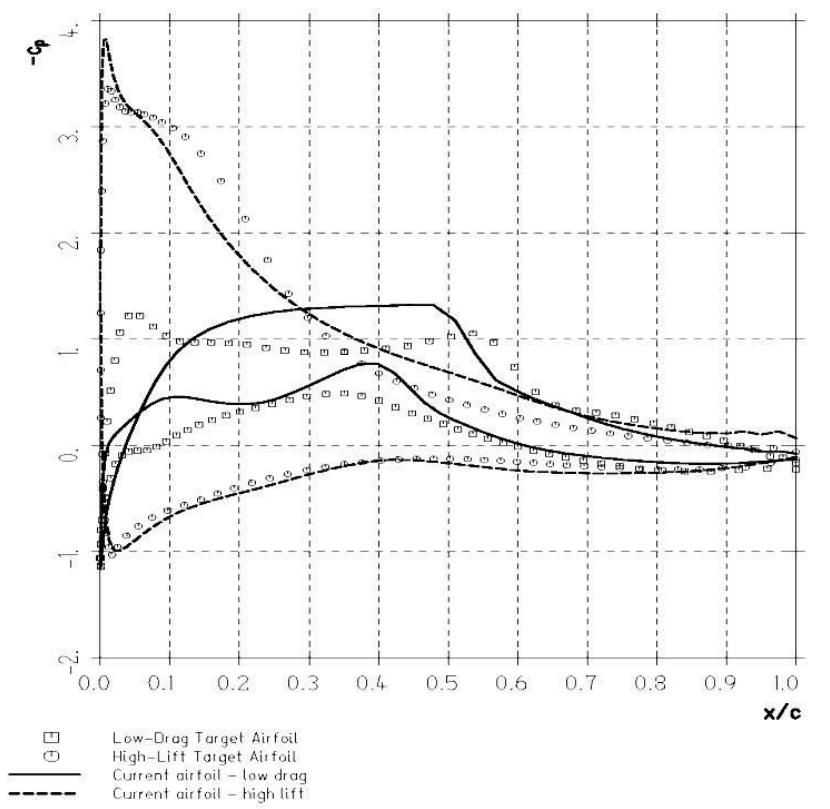
- Cel: znalezienie rozwiązania optymalnego, czyli najlepszego w kontekście przyjętego wskaźnika.
- Rodzaje:
  - Jednokryterialne: Skupia się na jednej funkcji celu (np. maksymalizacja zysku).
  - Wielokryterialne: Agreguje wiele funkcji celu (np. koszt i jakość).
- Metody: Obejmują programowanie liniowe, nieliniowe, dynamiczne, czy metody stochastyczne.

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (7/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Kryterium optymalizacyjne - przykłady



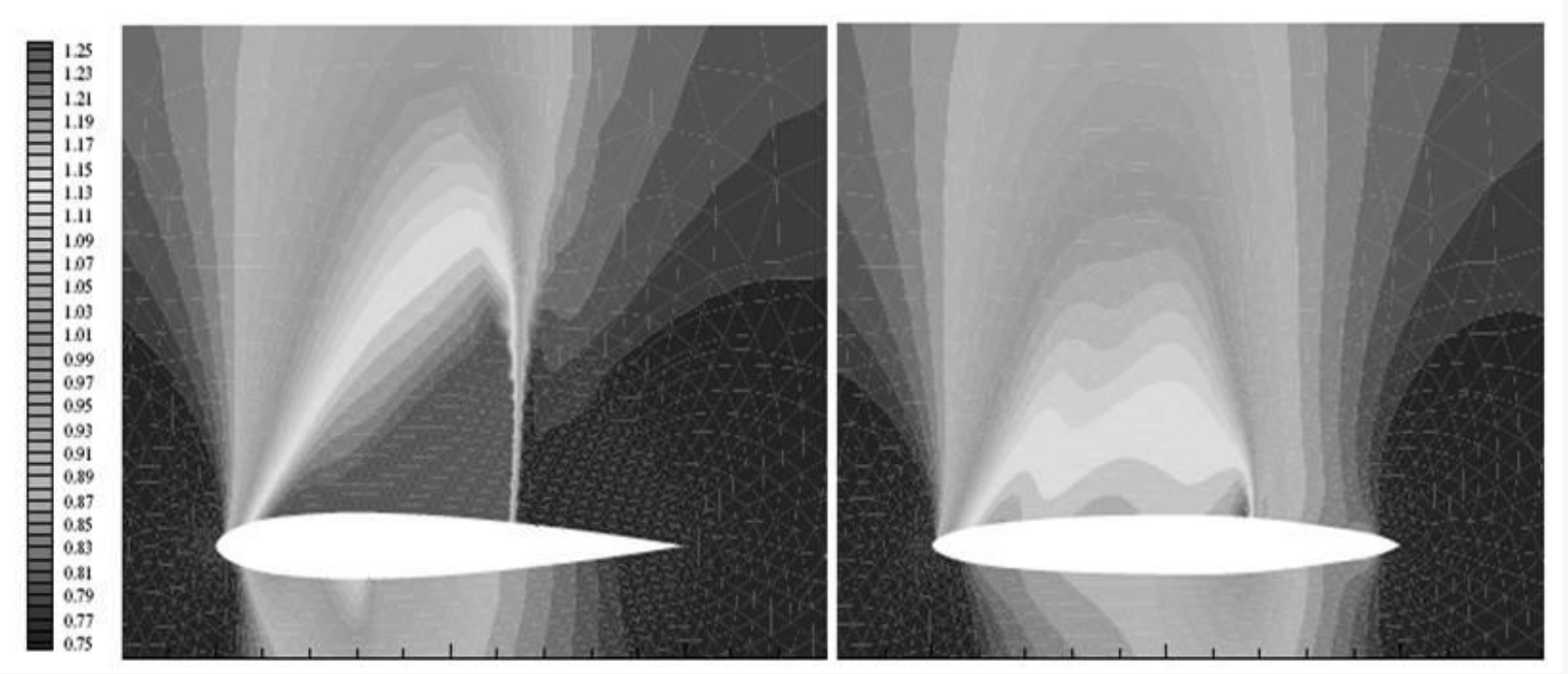


Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (8/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Parametry optymalizacyjne



Profil bazowy NACA-0012

Parametry optymalizacyjne: Liczba Macha, Ma=0.796

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (9/11)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

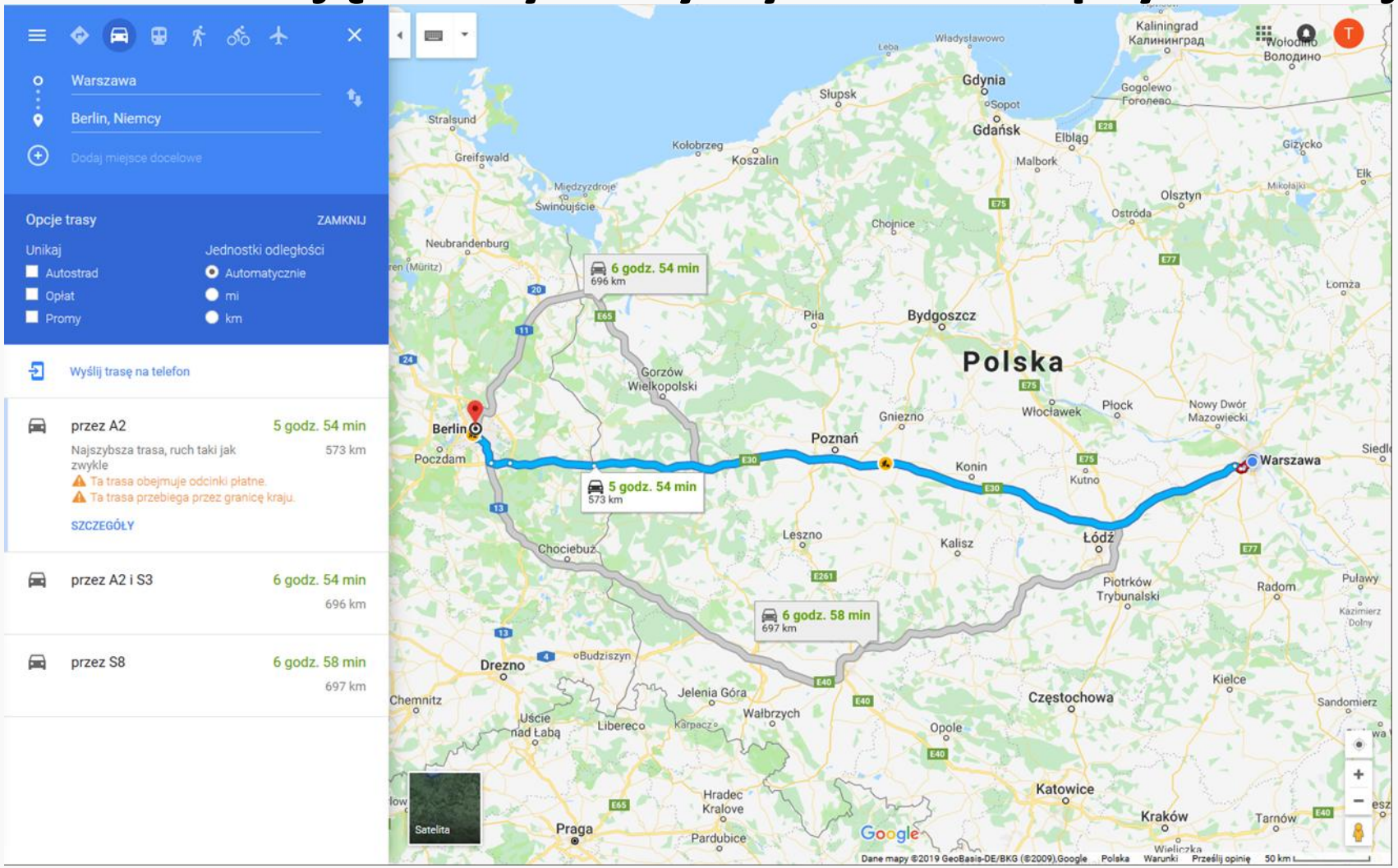
Ograniczenia - więzy

to warunki, które muszą być spełnione podczas procesu optymalizacji, czyli poszukiwania najlepszego rozwiązania (maksimum lub minimum funkcji celu).

- Definicja: Optymalizacja z ograniczeniami polega na znalezieniu optymalnego rozwiązania przy jednoczesnym przestrzeganiu określonych limitów lub warunków.
- Rodzaje więzów: Więzy te mogą przyjmować formę równości (np. $h_j(x)=0$)) lub nierówności (np. $g_i(x)<0$), gdzie (x) jest wektorem zmiennych decyzyjnych.
- Przykłady:
  - ograniczenia aerodynamiczne np.: CL_{MAX}
  - ograniczenia geometryczne np.: minimalna grubość profilu,
  - ograniczenia materiałowe, np.: minimalna grubość produktów hutniczych

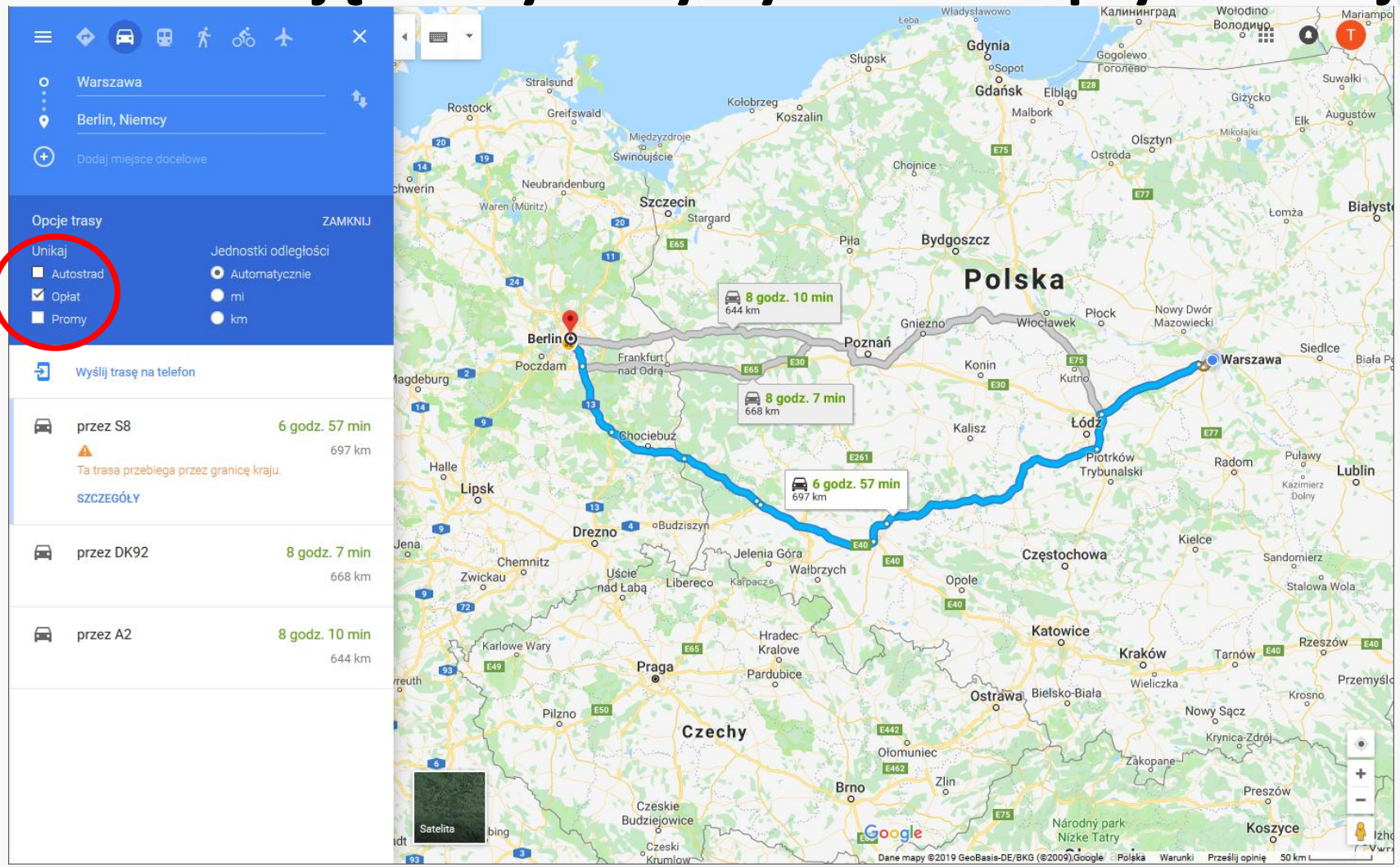
Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (10/11)



Ograniczenia – więzy - przykład

Pojęcia wykorzystywane w optymalizacji (11/11)



Ograniczenia – więzy - przykład

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Główne problemy optymalizacji

- Wybór zmiennych optymalizacyjnych
- Wybór kryterium optymalizacyjnego

- Optymalizacja multi-dyscyplinarna
- Optymalizacja wielokryterialna

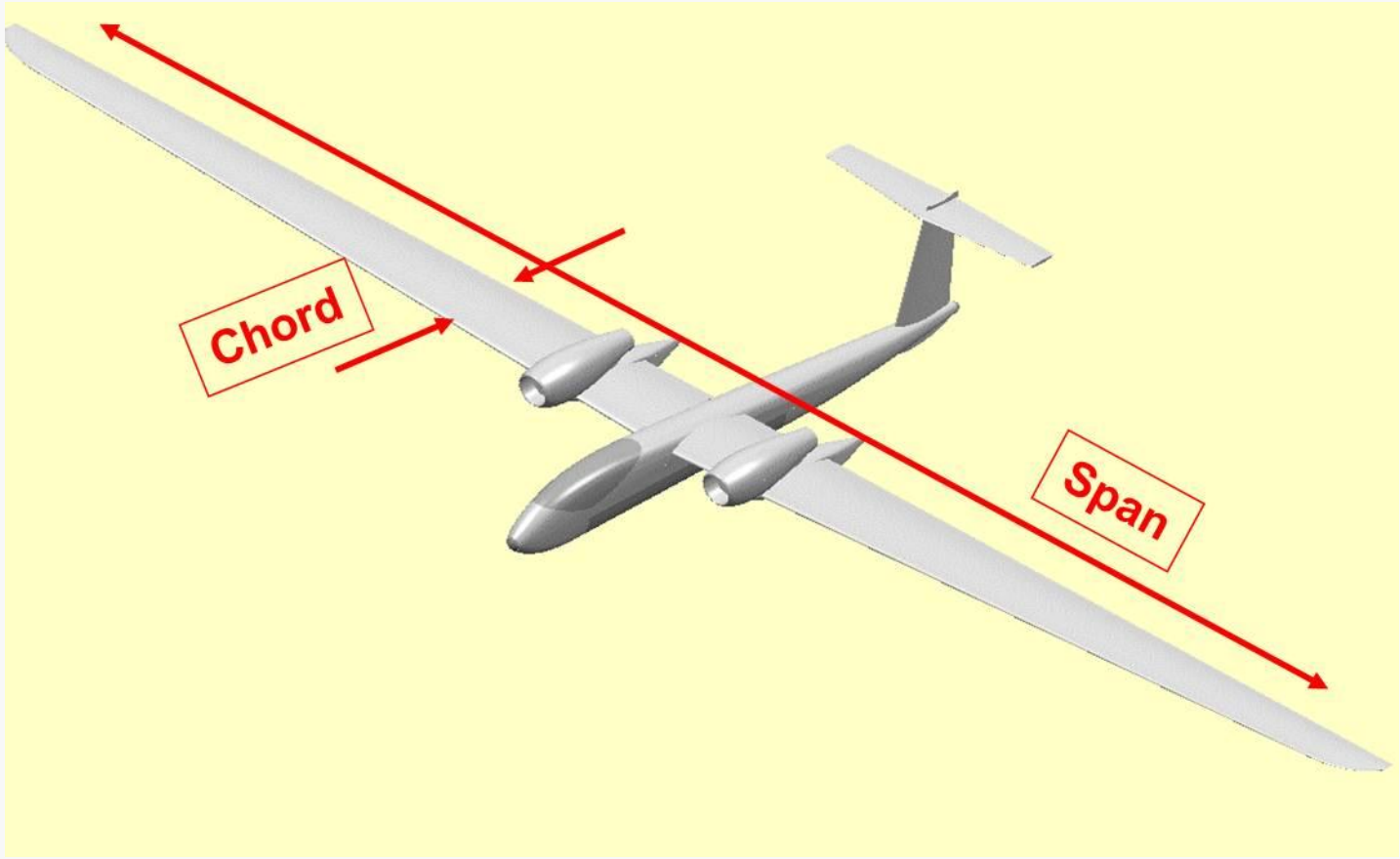
Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

OMNIS

Przykład Optymalizacji (1/4)

Optymalizacja dla samolotu typu HALE, kryterium czas krążenia



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Przykład Optymalizacji (2/4)

Optymalizacja dla samolotu typu HALE,
kryterium czas krążenia

Funkcja Celu
Wyznaczanie maksymalnego czasu krążenia jako funkcja cięciwy płata, grubości profilu, liczby Macha, ciężaru płata i wynikowego oporu

Zmienne decyzyjne
Liczba Macha na początku fazy krążenia, Powierzchnia płata, Grubość względna płata, stała wysokość lotu, rozpiętość płata

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Przykład Optymalizacji (3/4)

Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

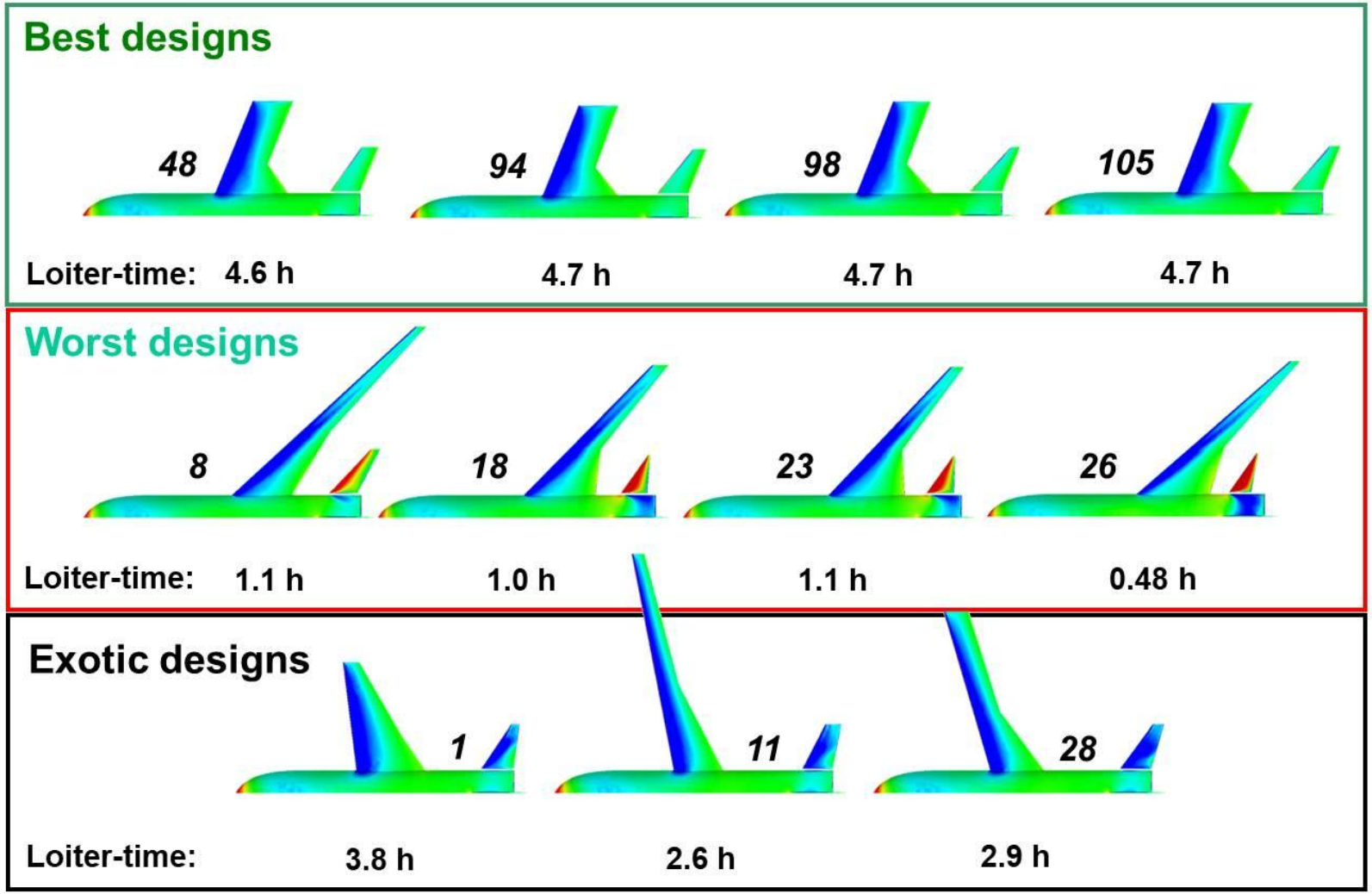
Optymalizacja dla samolotu typu HALE, kryterium czas krążenia

Ograniczenia

- Siła oporu < siła ciągu
- Krytyczna Liczba Macha
- Maksymalny Ciężar startowy
- Maksymalna siła oporu mniejsza od maksymalnej siły ciągu
- Grubość względna płata > 0.24

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Przykład Optymalizacji (4/4)



Otwartość. Modernizacja. Nowoczesność. Integracja. Społeczność.

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska

Dziękuję za uwagę

Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
Politechnika Warszawska