

# Aeroklub Gdański

Ul. Powstańców Warszawy 36, 83-000 Pruszcz Gdański

## Kurs spadochronowy

Teoria skoku spadochronowego (1 h)





# Teoria skoku spadochronowego

Zakres szkolenia (1/2):

- opór powietrza
- droga skoczka po oddzieleniu się od samolotu
- obliczanie utraty wysokości w czasie spadania
- otwarcie spadochronu



# Teoria skoku spadochronowego

Zakres szkolenia (2/2):

- określenie położenia skoczka względem rzeźby terenu, elementów zabudowy urbanistycznej i słońca
- określanie kierunku i prędkości wiatru
- opadanie na otwartym spadochronie
- lądowanie skoczka





# Opór powietrza

- Powietrze posiada wewnętrzne naprężenie czyli **ciśnienie**
- Ruch ciała powoduje lokalne zmiany ciśnienia odczuwane jako **opór**
- Wykorzystując opór możemy przemieszczać się w powietrzu w trakcie swobodnego spadania oraz wylądować bezpiecznie na ziemi w trakcie lotu na czaszy



# Opór powietrza

Siły działające na skoczka po oddzieleniu się od samolotu:

- Siła bezwładności (inercji), która nadaje mu prędkość poziomą
- Siła przyciągania ziemskiego, która nadaje mu prędkość pionową w kierunku ziemi
- **Siła oporu powietrza przeciwdziałająca sile przyciągania ziemskiego.**



# Opór powietrza

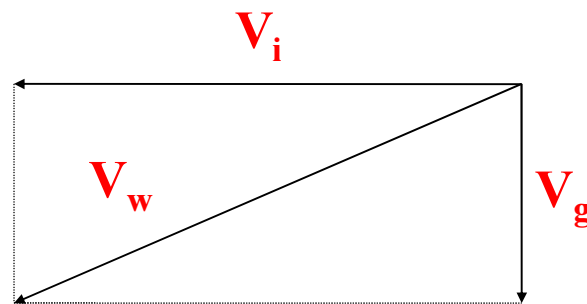
Siła oporu powietrza zależy od:

- Powierzchnia ciała – im większa powierzchnia ciała, tym większy opór
- Prędkość ruchu ciała – opór jest proporcjonalny do kwadratu prędkości
- Położenie ciała względem strug
- Kształtu ciała – u ciał opływowych, gładkich powstające zawirowania powietrza występują tylko z tyłu, a u ciał kanciastych, nie opływowych - zawirowania powstają na całej powierzchni, powodując większe tarcie
- Gęstość powietrza – im rzadsze powietrze tym mniejsza siła oporu



## Droga skoczka po oddzieleniu się od statku

Opuściwszy samolot, skoczek podlega działaniu siły ciężkości i siły naporu strug powietrza na skutek prędkości poziomej nadanej przez samolot. Pod działaniem siły ciężkości spada w dół, natomiast parcie strug powietrza powoduje zmniejszenie prędkości nadanej przez samolot. Czyli, z chwilą oddzielenia się od samolotu, skoczek porusza się w powietrzu pod działaniem siły bezwładności i przyciągania ziemskiego. Ponieważ siły te działają w jednym czasie, prędkość skoczka ( $V_w$ ) będzie wypadkową: prędkości poziomej ( $V_i$ ) i prędkości pionowej ( $V_g$ )



$$V_w = \sqrt{V_i^2 + V_g^2}$$



## Droga skoczka po odzieleniu się od statku

W następstwie oporu powietrza początkowa prędkość pozioma ciała po 10-12 sek. zanika do 0 (zera) i w dalszym ruchu skoczek spada pionowo. Zniesienie za samolotem należy brać pod uwagę przy obliczaniu miejsca zrzutu, bo np. przy pogodzie bezwietrznej, gdy samolot leci z prędkością 150 km/h, po 10 sekundach zniesienie wyniesie ok. 215 m





# Prędkość graniczna

- Na ciało spadające w powietrzu działa siła ciężkości o kierunku pionowym w dół oraz skierowana przeciwnie do niej siła oporu powietrza.
- W początkowej fazie spadania w wyniku małej prędkości siła oporu powietrza prawie nie istnieje. W miarę upływu czasu rośnie prędkość pionowa, a z nią opór.
- Siła oporu powietrza po pewnym czasie osiąga wartość siły ciężkości skoczka. Występuje zatem równowaga sił, gdyż zanika przyspieszenie, a prędkość spadania jest jednostajna, największa jaką skoczek może osiągnąć opadając z zamkniętym spadochronem.  
Nazywamy ją **PRĘDKOŚCIĄ GRANICZNĄ**.  
Podsumowując: skoczek osiągnie prędkość graniczną gdy siła oporu zrówna się z siłą ciężkości.
- Prędkość graniczną skoczek osiąga po ok. 10 s wolnego spadania.
- Wartość prędkości granicznej waha się w zależności od pozycji opadającego skoczka, ale do obliczeń przyjmuje się średnią prędkość, która wynosi **50 m/s (180 km/h)**.



# Obliczanie utraty wysokości

- 1 sek. - 5 m
- 2 sek. - 20 m
- 3 sek. - 45 m
- 4 sek. - 75 m
- 5 sek. - 110 m
- 6 sek. - 147 m
- 7 sek. - 193 m
- 8 sek. - 240 m
- 9 sek. - 288 m
- 10 sek. - 340 m

W ciągu 10 sekund skoczek utraci 340 m, osiągając prędkość graniczną i zacznie opadać z prędkością 50 m/s, czyli każda następna sekunda to przebycie przez skoczka 50 m.



# Obliczanie utraty wysokości

Dane:

- Skok z wysokości 2200 m
- Opóźnienie 30 s

Wyliczenie:

Pierwsze 10 s = 340 m

Pozostałe 20 s =  $20 * 50$  m = 1000 m

Doliczamy dodatkowe 2 sekundy na otwarcie spadochronu  
 $2$  s =  $2 * 50$  m = 100 m

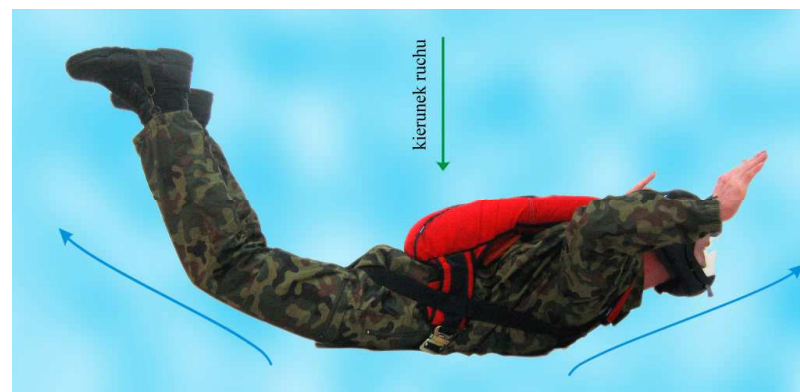
Utrata wysokości:  $340$  m +  $1000$  m +  $100$  m = 1440 m

Skoczek zawisnie na otwartym spadochronie na wysokości  
 $2200$  m -  $1440$  m = **760 m**



# Otwarcie spadochronu

- Przestrzegaj ściśle wcześniej ustalonej wysokości otwarcia.
- Od wysokości otwarcia zależy bezpieczeństwo nie tylko Twoje ale również innych skoczków – separacja wysokości.
- Najbezpieczniejszą pozycją do otwarcia spadochronu jest pozycja tzw. **płaska** ale nie oznacza to abyś starał się ją osiągnąć za cenę utraty wysokości.







## Określenie położenia skoczka względem rzeźby terenu, elementów zabudowy urbanistycznej i słońca

### Pamiętaj:

- W większości przypadków lotnisko znajduje się pod Tobą!
- Jeżeli nie znajdujesz się bezpośrednio nad płytą lotniska jest ona na pewno w zasięgu Twojego wzroku.
- Przed wykonaniem pierwszego skoku na nowym lotnisku obejrzyj zdjęcia satelitarne lotniska.
- Zapoznaj się z ukształtowaniem terenu oraz przeszkodami w rejonie lotniska (trakcje kolejowe, lasy, jeziora, wysokie budynki)
- Wykorzystaj pozycję słońca do poprawnego zdefiniowania kierunku



# Określenie kierunku i prędkości wiatru

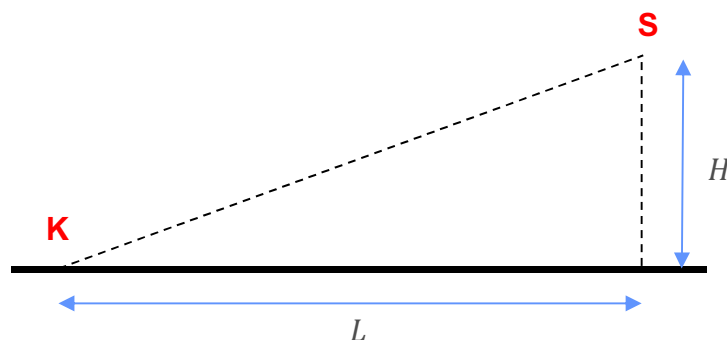
## Pamiętaj:

- Wiatr przyziemny może się różnić mniej lub bardziej od wiatru na wysokości otwarcia pod względem siły jak też i kierunku.
- Analizą warunków meteo zajmuje się kierownik skoków. Może Ci on udzielić informacji o warunkach panujących na danych wysokościach.
- Lecąc na otwartej czaszy możesz ocenić siłę i kierunek wiatru poprzez obserwowanie ziemi pod stopami.
- Do oceny siły i kierunku wiatru można wykorzystać dym z kominów o ile takie znajdują się w zasięgu wzroku.



## Opadanie na otwartym spadochronie

Odcinek łączący punkt zetknięcia się skoczka z ziemią (miejsce lądowania) z rzutem punktu, nad którym skoczek zawisł na otwartym spadochronie nazywamy *zniesieniem liniowym (L)*



$$L = \frac{H}{V_{op}} V_w$$

Symbole:

- S** – miejsce zawiśnięcia skoczka na otwartym spadochronie
- K** – miejsce lądowania skoczka
- $H$  – wysokość zawiśnięcia skoczka na otwartym spadochronie
- $V_w$  – średnia prędkość wiatru
- $V_{op}$  – prędkość opadania
- $L$  – zniesienie liniowe



## Lądowanie

Siła zetknięcia się skoczka z ziemią, zależy od prędkości wypadkowej skoczka na otwartym spadochronie i drogi na jakiej ją wytraci tzn: czy lądowanie nastąpi na ugięte nogi ze sprężystym przysiadem, czy też na wyciągnięte i proste.

W drugim przypadku, droga wytracania siły uderzenia jest bardzo mała – nie większa niż 5-8 cm.

Jeżeli przy lądowaniu zamortyzujemy uderzenie sprężystymi i ugiętymi nogami to droga ta wydłuży się nawet do 60 cm. Ma to istotny wpływ na siłę przeciążenia.

