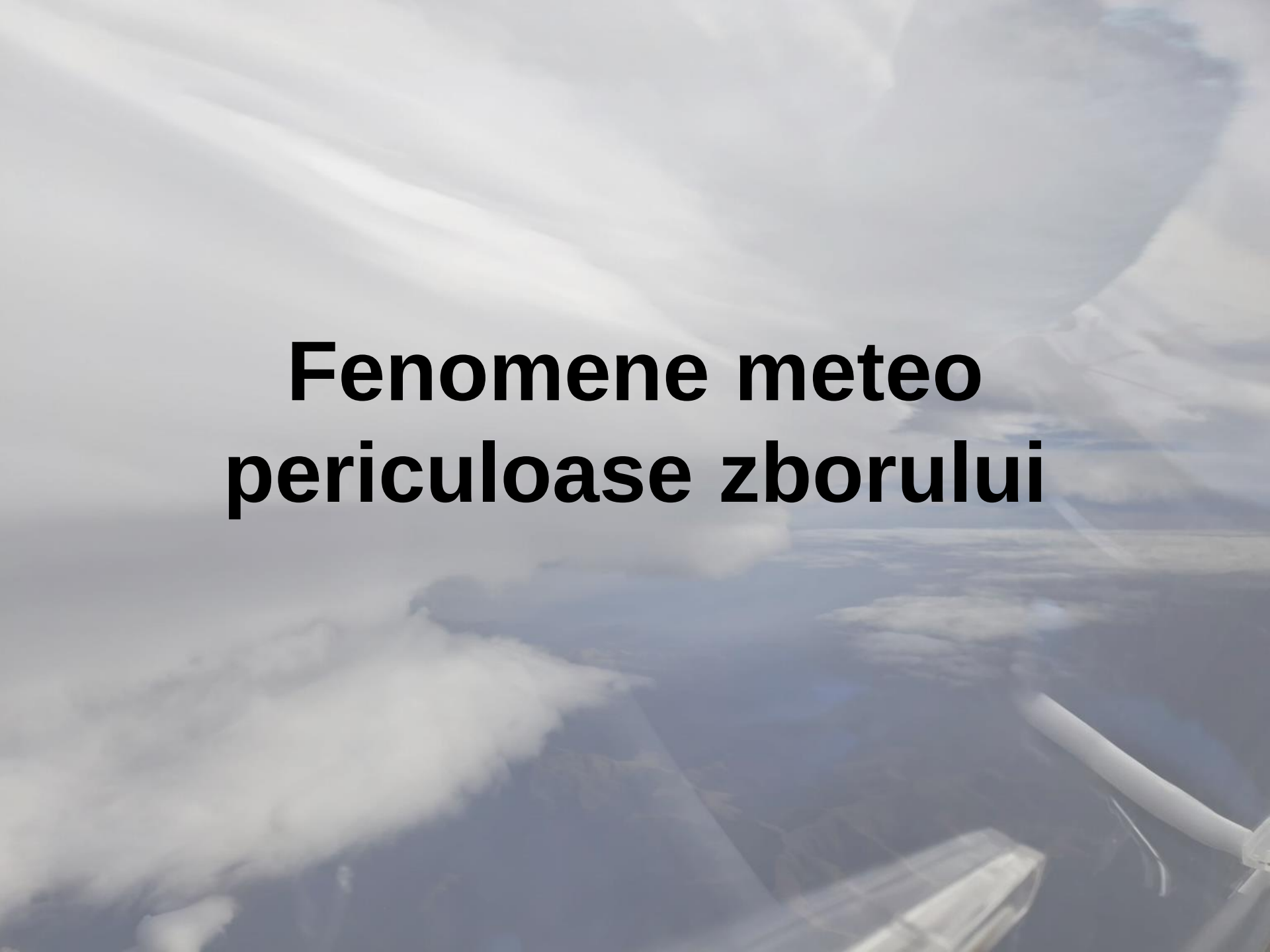




METEOROLOGY

An aerial photograph showing a massive, bright, curved cloud structure, possibly a supercell or a large-scale storm system, dominating the upper half of the frame. Below the cloud, a dark, rugged landscape with some water bodies is visible. The sky is filled with various cloud formations, and the overall scene conveys a sense of powerful weather phenomena.

Fenomene meteo periculoase zborului

Fenomene meteo periculoase zborului

- **Givraj**
- **Turbulențe**
 - **Turbulențe termice**
 - **Microbursts (rafală descendentă)**
 - **Turbulența asociată undelor din zonele montane**
- **Forfecări de vânt**
- **Furtuni (nori Cb)**
- **Fenomenele care reduc vizibilitatea**

Fenomenele meteorologice reprezintă un factor contributiv semnificativ la accidentele aeronavelor ușoare (aviație generală) în Europa. Potrivit rapoartelor Agenției pentru Siguranța Aviației a Uniunii Europene (EASA),

condițiile meteo nefavorabile sunt un factor care contribuie la aproximativ o treime (31%) dintre accidentele din aviația generală.

Importanța Conștientizării

Riscurile asociate vremii ar trebui să fie binecunoscute iar gestionarea lor este crucială pentru siguranța zborurilor.

Schimbările climatice, care pot duce la evenimente meteorologice severe mai frecvente și mai intense (cum ar fi furtuni, grindină, turbulențe severe și forfecare a vântului), sunt, de asemenea, un domeniu de monitorizare și management al riscului pentru EASA.

STATISTICI CHEIE

1. Vizibilitate redusă și plafon jos (Norii josi, Ceață, Precipitații):

Aproximativ **20%** din accidentele fatale legate de vreme sunt asociate cu plafonul jos, iar **14%** cu ceața.

Intrarea neintenționată în condiții meteorologice instrumentale (IMC) de către piloții care zboară conform regulilor de zbor vizual (VFR) este o cauză majoră de accidente fatale.

Fenomene care reduc vizibilitatea

- Ceața (radiation fog, advection fog)
- Precipitații (ninsoare, ploaie puternică)
- Nori joși (advecție pe pantă)
- Umezeala relativă mare(RH) este prima cauză care generează rapid și uneori neașteptat condiții IFR

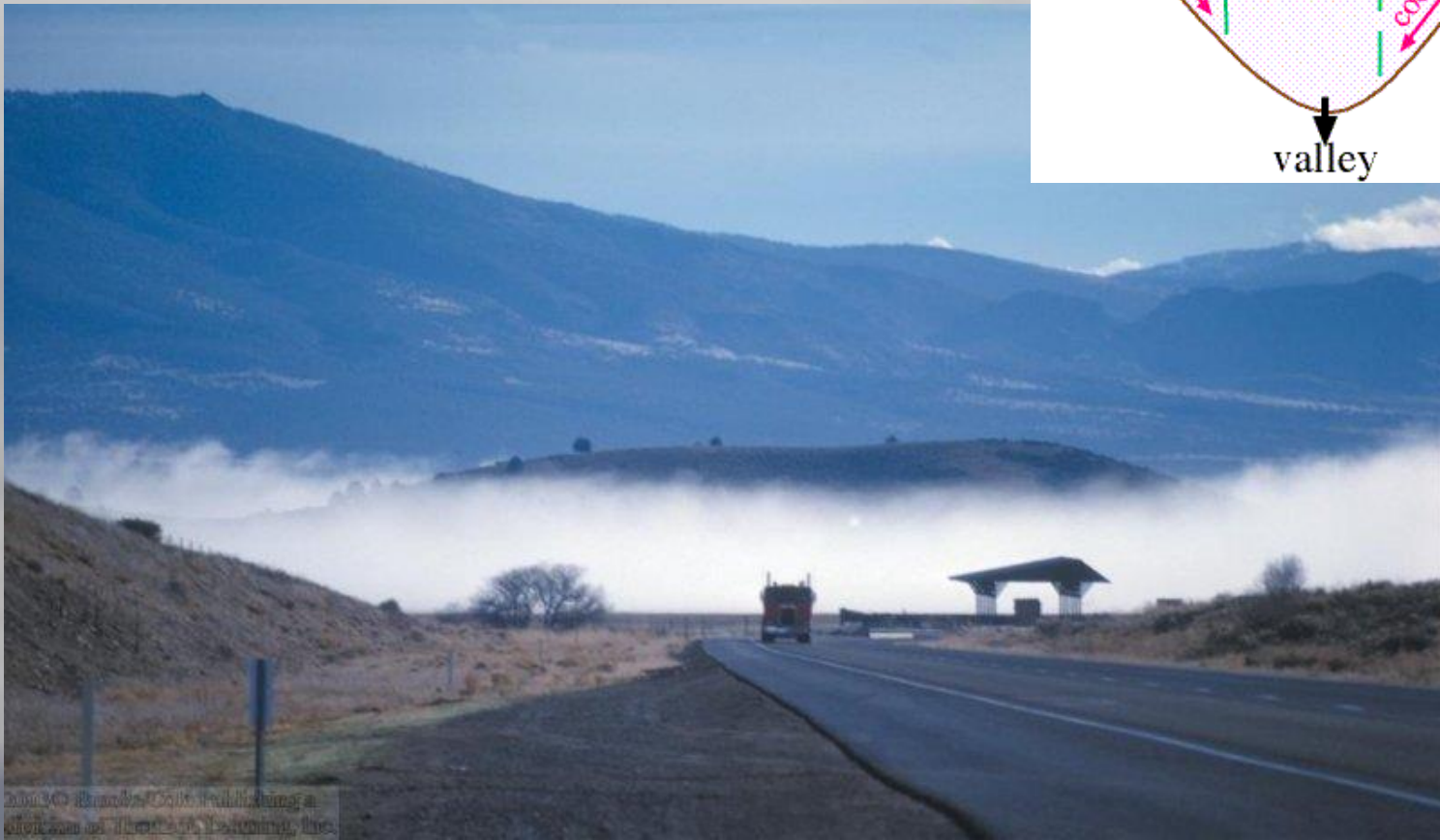
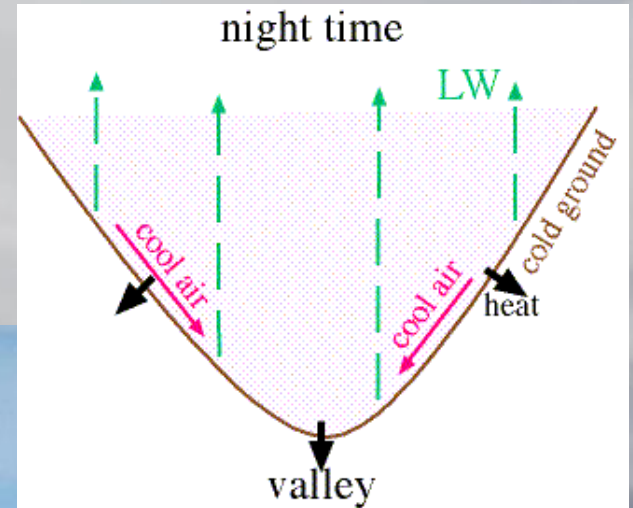
Fog types

- Radiation fog
 - Air near ground cools by radiation to saturation
 - Also called ground fog
 - Needs clear night, light breeze < 5 kts and high surface relative humidity at nightfall
- Advection fog
 - Occurs when warm moist air moves over colder bodies of water (sea fog), or over cold land
 - Needs winds up to about 15 kt
 - Occurs mostly near coasts, day or night
 - California coast (+ other upwelling regions)
 - Near Gulf coast in winter in southerly flow

Fog types (cont.)

- Upslope fog
 - Occurs on windward side of mountains
 - Moist air moves upslope and cools
- Precipitation fog
 - Occurs with surface inversion during rain
 - Occurs over land areas in winter
 - Raindrops fall to cold ground and saturate the air there first
- Three thermodynamic types
 - Warm fog ($\text{temp} > 0^{\circ}\text{C}$)
 - Supercooled fog ($-30^{\circ}\text{C} < \text{temp} < 0^{\circ}\text{C}$)
 - Ice fog ($\text{temp} < -30^{\circ}\text{C}$)

Radiation Fog Near Ground in Valley



Efectele reducerii vizibilității

VFR2IMC este o situație în care un pilot care operează sub regulile de zbor la vedere (VFR) ajunge să zboare în condiții meteorologice instrumentale (IMC).

Când se întâmplă asta, pierzi toate referințele vizuale și zborul în siguranță devine imposibil. Suprapunerea bruscă între senzațiile fizice și indicațiile aparatelor duce la contradicții în luarea deciziilor.

Efectele reducerii vizibilității

Atât piloții VFR, cât și cei cu calificare pentru instrumente pot cădea victime VFR-ului în capcana IMC

Cu un procent de **75% din toate accidentele meteorologice din Europa care duc la un rezultat fatal**, trecerea de la zborul VFR la IMC rămâne, din păcate, principala cauză a accidentelor fatale legate de vreme în aviația generală.

Fii atent la riscurile VFR2IMC

- Nu subestima VFR2IMC
- Cea mai bună linie de apărare este să eviți VFR2IMC de la început
- Fii gata să-ți regândești planul în loc să continui să îți agravezi situația.

Plănuiești să eviți VFR2IMC?

Ca pilot, mai devreme sau mai târziu te vei confrunta cu provocarea de a face față **vremii marginale**.

Este important să aduni toate informațiile de care ai nevoie și apoi să iei **o decizie informată și conștientă**.

Plănuiești să eviți VFR2IMC?

- Fii pregătit să-ți schimbi planurile în funcție de vreme.
- Planificarea unei căi de ieșire din orice situație este un obicei al unui **pilot bun**.
- Recunoașterea semnelor de inflexibilitate și a dorinței cu orice preț de

"să ajung acolo"

este primul pas pentru a-ți rezista propriei tentații **sau presiunii de grup** de a zbura sau de a continua zborul spre destinație.

Nu zbura niciodată dacă condițiile meteo sunt sub minimul tău.

- Stabilește și apoi respectă minimele personale ale condițiilor meteo – **acestea ar trebui să fie mai conservatoare decât cerințele legale** pentru a asigura o marjă sigură.
- Include în evaluare vizibilitatea minimă dar și distanța verticală de siguranță față de nori.
- Când condițiile nu sunt potrivite pentru nivelul tău de competență – rămâi la sol sau replanifică-te **ca să poți trăi să zbori încă o zi.**
- Roagă un pilot de siguranță sau un instructor să te însoțească în zbor dacă nu ai zburat de ceva vreme, nu ești suficient de sigur de propria ta competență sau ai îndoieli în timpul zborului.

Recunoașteți situația și întorceți-vă în siguranță la VMC

- Fii atent la schimbările condițiilor meteo de-a lungul traseului cât mai devreme.
- Încearcă să menții aripa la orizontală într-un zbor stabilizat și abia apoi să virezi 180 de grade pentru a reveni la condițiile VMC.
- Nu te teme să declari o urgență și să ceri ajutor de la ATC sau Serviciul de Informații de Zbor (FIS).

Rămâneți calmi și prioritizați-vă acțiunile:

Când totul începe să se complice, regula de aur pentru orice pilot este :

Aviate, Navigate, Communicate
în această ordine.

Rămâneți calmi și prioritizați-vă acțiunile:

1. Te concentrezi mai întâi pe pilotarea aeronavei mai presus de orice altceva. Ochii înăuntru pe indicatorul de atitudine, aripile la orizontală – asta trebuie să fie prima ta acțiune.
2. Apoi poți decide unde să mergi și ce să faci – navigând spre siguranță.
3. În final, odată ce ai capacitatea, vorbește cu altcineva (de obicei ATC). Nu te teme sau nu te rușine să declari o urgență pentru a primi tot ajutorul de care ai nevoie. VFR2IMC este un eveniment care pune viața în pericol.

STATISTICI CHEIE

2. Vânt (inclusiv forfecarea vântului/rafale de vânt și vânt travers):

- Acesta este cel mai frecvent citat factor meteorologic individual, menționat ca **factor contributiv** în aproximativ **18%** din totalul accidentelor analizate de EASA.
- Vântul travers (crosswind) și rafalele sunt deosebit de periculoase în faza decolare/aterizare, în timp ce forfecarea vântului (wind shear) reprezintă un risc critic la altitudini joase.

Efectul vânturilor de forfecare

Forfecarea vântului (wind shear) reprezintă una dintre cele mai insidioase și periculoase amenințări meteorologice pentru aeronavele de mici dimensiuni în fazele critice ale zborului: decolarea și aterizarea.

Aeronavele de mici dimensiuni sunt deosebit de vulnerabile la forfecarea vântului din cauza inerției lor reduse și a vitezelor de operare mai scăzute, ceea ce înseamnă că nu pot reacționa la fel de rapid sau eficient la schimbările bruște de flux de aer ca aeronavele comerciale mari, care dispun adesea de sisteme sofisticate de avertizare (wind shear detection systems).

1. În timpul aterizării

Faza de aterizare este, probabil, momentul cel mai critic pentru întâlnirea cu forfecarea vântului la altitudine joasă, deoarece aeronava este deja aproape de sol, cu viteză redusă și configurată pentru coborâre.

Scenariul 1: Trecerea de la vânt din față (headwind) la vânt din spate (tailwind):

- Acesta este scenariul cel mai periculos. Dacă aeronava trece brusc de la un vânt care o susține din față la un vânt care o împinge din spate, viteza aerului (airspeed) de deasupra aripilor scade instantaneu.
- Efectul: Portanța (sustentația) scade brusc.
- Aeronava "cade" sub panta de coborâre optimă (glide slope) și pilotul simte o nevoie imediată și urgentă de a trage de manșă. Chiar dacă se mai pune motor dacă forfecarea este severă, aeronava poate lovi obstacole aflate înainte de pistă sau poate ateriza dur, scurt de pistă.

Scenariul 2: Trecerea de la vânt din spate la vânt din față:

- **Deși mai puțin periculos decât primul scenariu, poate cauza probleme de control. Viteza aerului crește brusc, generând portanță suplimentară.**
- **Efectul: Aeronava tinde să "salte" deasupra pantei de coborâre.**
- **Pilotul poate reduce din greșeală puterea motorului pentru a reveni pe pantă, lăsând aeronava vulnerabilă dacă urmează o a doua forfecare în sens opus, sau poate duce la o aterizare "plutită" (float) mult pe pistă, reducând distanța de oprire disponibilă.**

Schimbarea direcției vântului (vânt travers brusc)

- **În timpul apropierii finale, o schimbare bruscă a direcției vântului aeronava de la poziția aliniată cu pista, la un vânt puternic travers, poate depăși rapid capacitatea pilotului de a menține aliniamentul folosind palonierul și eleroanele.**
- **În plus acționarea excesivă a eleroanelor poate duce la o aeronavă cu aripă jos sau chiar mediană la atingerea solului cu capătul aripii.**

2. În timpul decolării

În timpul decolării, forfecarea vântului la altitudine joasă, în special sub 500 de picioare, reduce drastic marja de siguranță a aeronavei ultraușoare.

=> Scenariul critic - pierderea bruscă a vântului din față:

Scenariul critic - pierderea bruscă a vântului din față

- Imediat după desprinderea de pe pistă, aeronava operează la viteze foarte apropiate de viteza de angajare (stall speed).
- Odată cu pierderea bruscă a vântului din față, viteza aerului scade subcritic.
- Efectul: Rata de urcare (climb rate) se reduce instantaneu sau, mai rău, aeronava începe să coboare. Pilotul are foarte puțin timp și spațiu de reacție. **Tentativa de a trage manșa prea repede pentru a ridica botul aeronavei poate duce la angajare (stall) la o altitudine prea mică pentru recuperare, cu consecințe fatale.**

Strategii de evitare și management

- Datorită riscului ridicat, piloții de aeronave ultraușoare ar trebui să fie instruiți să acorde o atenție deosebită rapoartelor meteo informațiilor meteo (METAR, TAF), rapoartelor piloților care au decolat/aterizat anterior și avertismentelor turnului de control.
- În zonele fără informare meteo așteptarea este că dacă vântul în altitudine are un gradient semnificativ, la ora la care se “sparge” stratul de inversiune de la sol prin încălzirea diurnă, și la nivelul pistei vântul va suferi modificări bruște de intensitate și/sau direcție.
- Dacă există suspiciuni de forfecare a vântului, cea mai sigură acțiune este amânarea decolării sau efectuarea unei proceduri de ratare a aterizării (go-around) imediat ce fenomenul este detectat în timpul apropierii.
- Chiar și folosirea unui teren alternativ, dacă acesta există, poate fi luată în considerare.

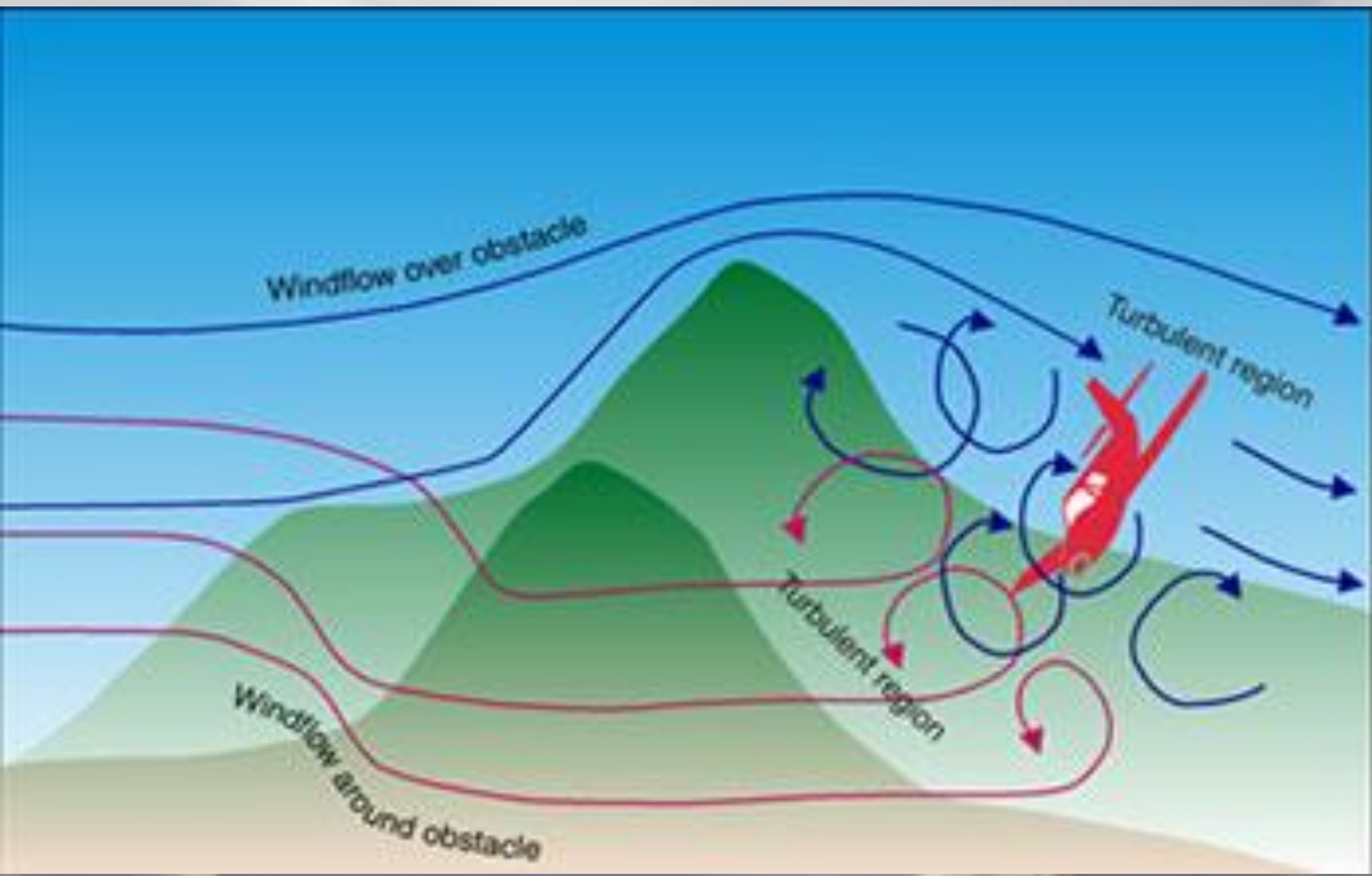
STATISTICI CHEIE

4. Turbulențe: Turbulențele pot varia de la ușoare la severe și pot cauza pierderea controlului, răniri ale pasagerilor și, în cazuri extreme, daune structurale.

Turbulența în aer clar (Clear Air Turbulence - CAT) este o preocupare crescândă, deși este mai frecvent asociată cu zborurile la altitudine mare

Turbulența

- 4 tipuri principale
 - La nivele joase (Low-level turbulence -LLT)
 - În apropierea furtunilor (Turbulence near thunderstorms (TNT))
 - Turbulența în aer clar (Clear-air turbulence -CAT)
 - Generata de undele montane (Mountain wave turbulence (MWT))
- Evaluarea este
 - Ușoară, moderată sau severă

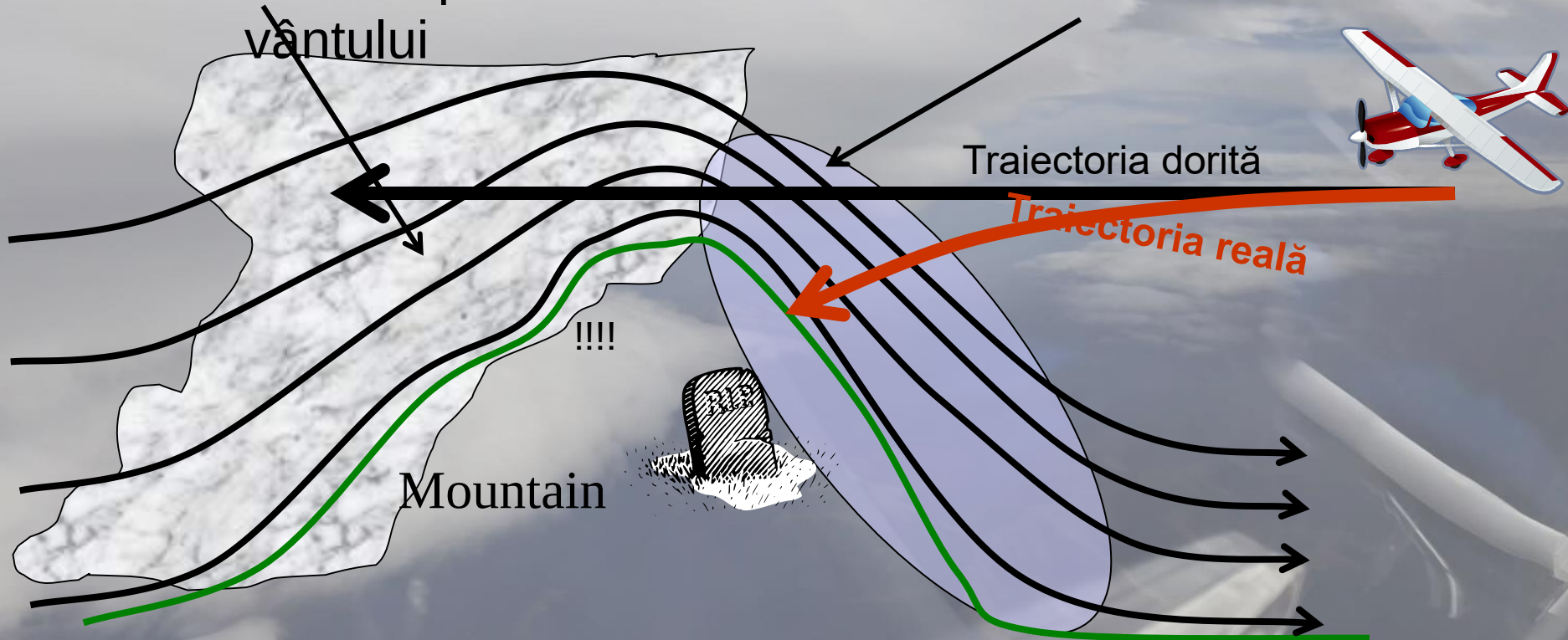


Curentul de aer peste un versant

Upwind Vânt → Downwind

Nor orografic și cond
IMC de zbor pe
versantul expus
vântului

Vânt puternic și turbulențe
pe partea de sub vânt a
versantului



In teren muntos...

- Trebuie urmărite zonele care generează unde staționare (lee waves)
- Se impune urcarea mult peste cel mai înalt vârf pentru traversarea unui lanț muntos
- Intensitatea turbulenței crește cu vântul și cu mărimea pantei
- Cea mai mare viteză a vântului este imediat deasupra crestei și în partea de sub vânt (efect Venturi)
- Turbulența maximă este pe partea de sub vânt până la creastă

Mountain wave turbulence (MWT)

Produce cele mai puternice turbulențe, asemănătoare celor de furtună

- Se dezvoltă în două regiuni:
 1. În apropierea solului
 2. Aproape de tropopauză
- Turbulențele se întâlnesc până la nivelul crestei și uneori peste sunt asociate rotorilor
- Turbulențele din apropierea tropopauzei se datorează rupturilor de undă (breaking waves) și forfecărilor de vânt de deasupra și de sub tropopauză

Stratosphere

Tropopause

Troposphere

Turbulent Layer 2
2kft above to 6kft below trop

Lenticular
Cloud

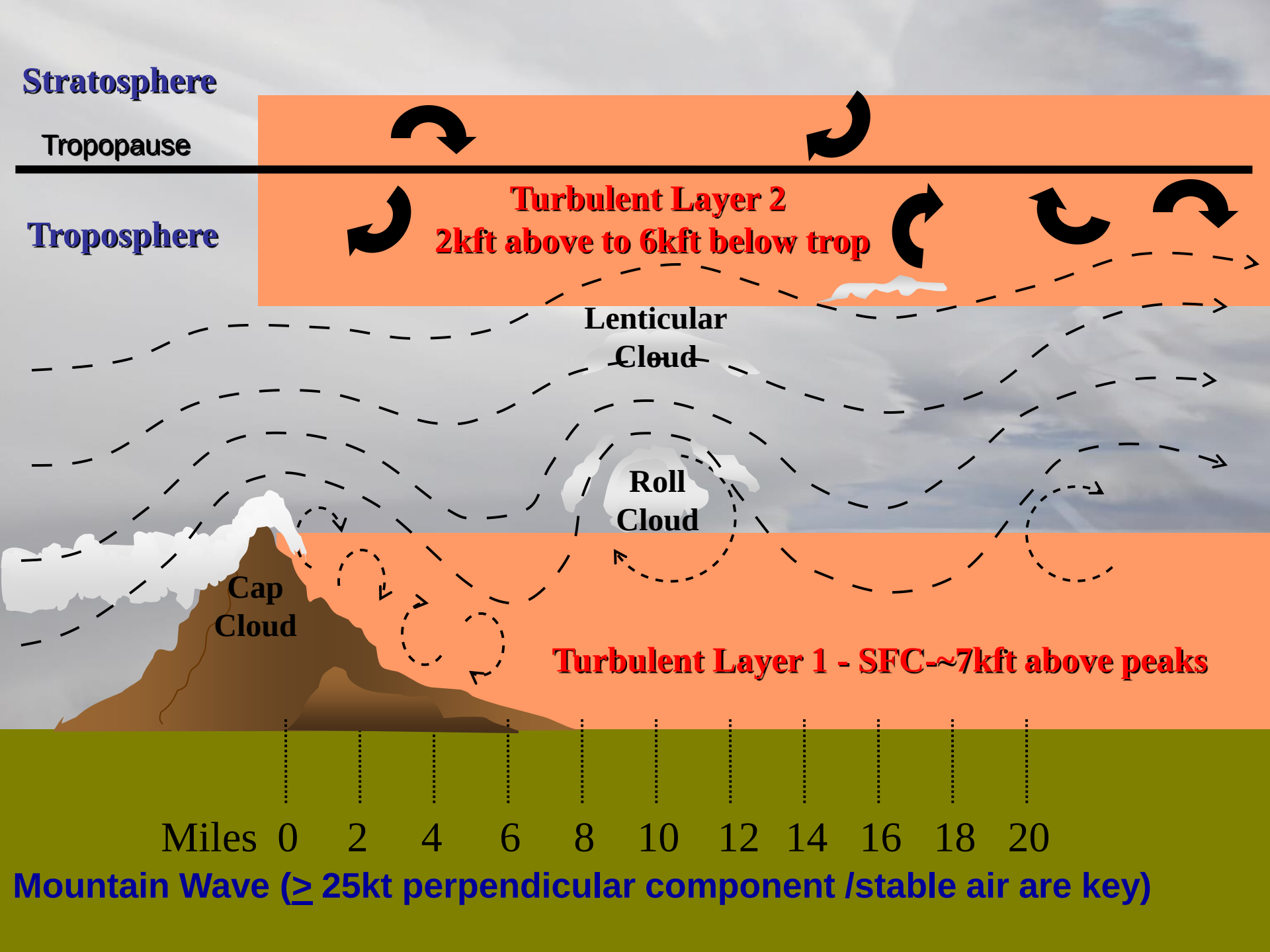
Roll
Cloud

Cap
Cloud

Turbulent Layer 1 - SFC-~7kft above peaks

Miles 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

Mountain Wave (≥ 25 kt perpendicular component /stable air are key)

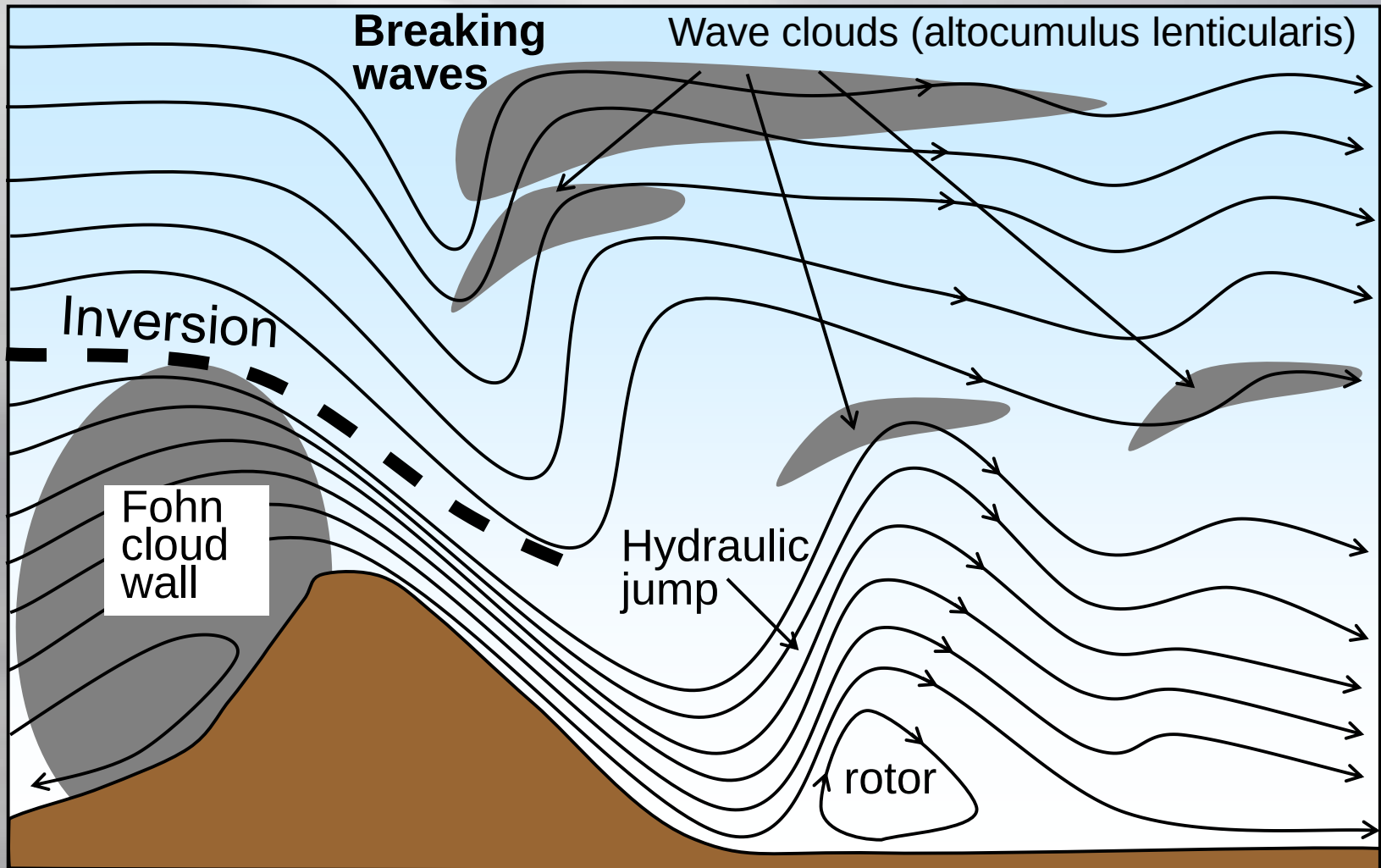


Turbulence

- Variația vântului în cazul treversării unui rotor

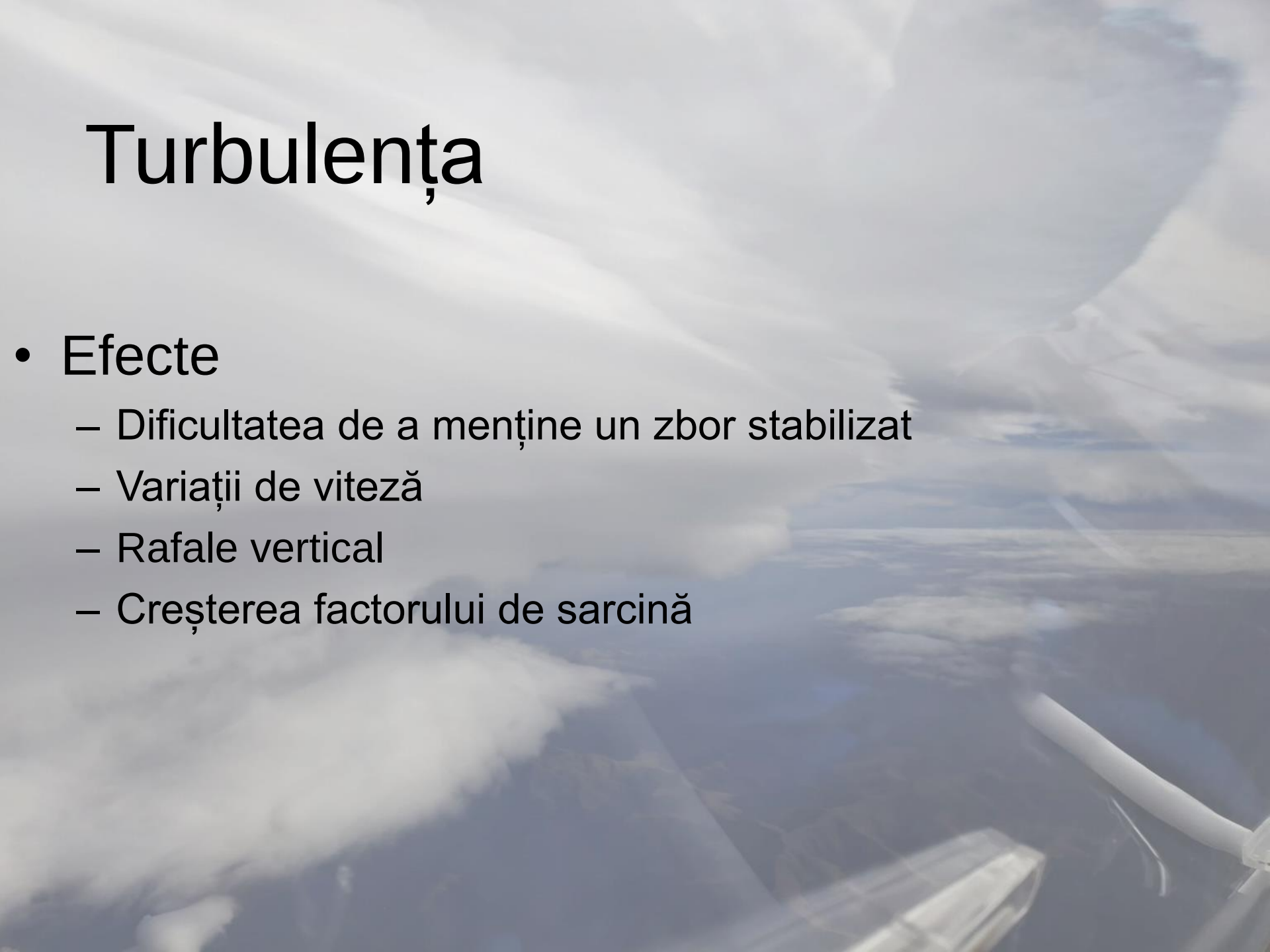


Mountain wave terminology





Turbulența



- Efecte
 - Dificultatea de a menține un zbor stabilizat
 - Variații de viteză
 - Rafale vertical
 - Creșterea factorului de sarcină

Managementul situației

- Înainte de zbor
 - Verificarea Prognozei Meteo Detaliată
 - Zborul Devreme Dimineața
 - Evitarea Zborului în Condiții Extreme
 - Planificarea Rutei
- În timpul Zborului
 - Menținerea vitezei recomandate (evitarea vitezelor mari)
 - Prinderea fermă a manșei, dar fără rigiditate
 - Concentrarea pe atitudinea aeronavei
 - Evitarea virajelor strânse
 - Comunicați existența turbulenței organelor de trafic

Mountain Wave Accidents



- In 1966, a mountain wave ripped apart a BOAC Boeing 707 while it flew near Mt. Fuji in Japan.
- In 1992 a Douglas DC-8 lost an engine and wingtip in mountain wave encounters

STATISTICI CHEIE

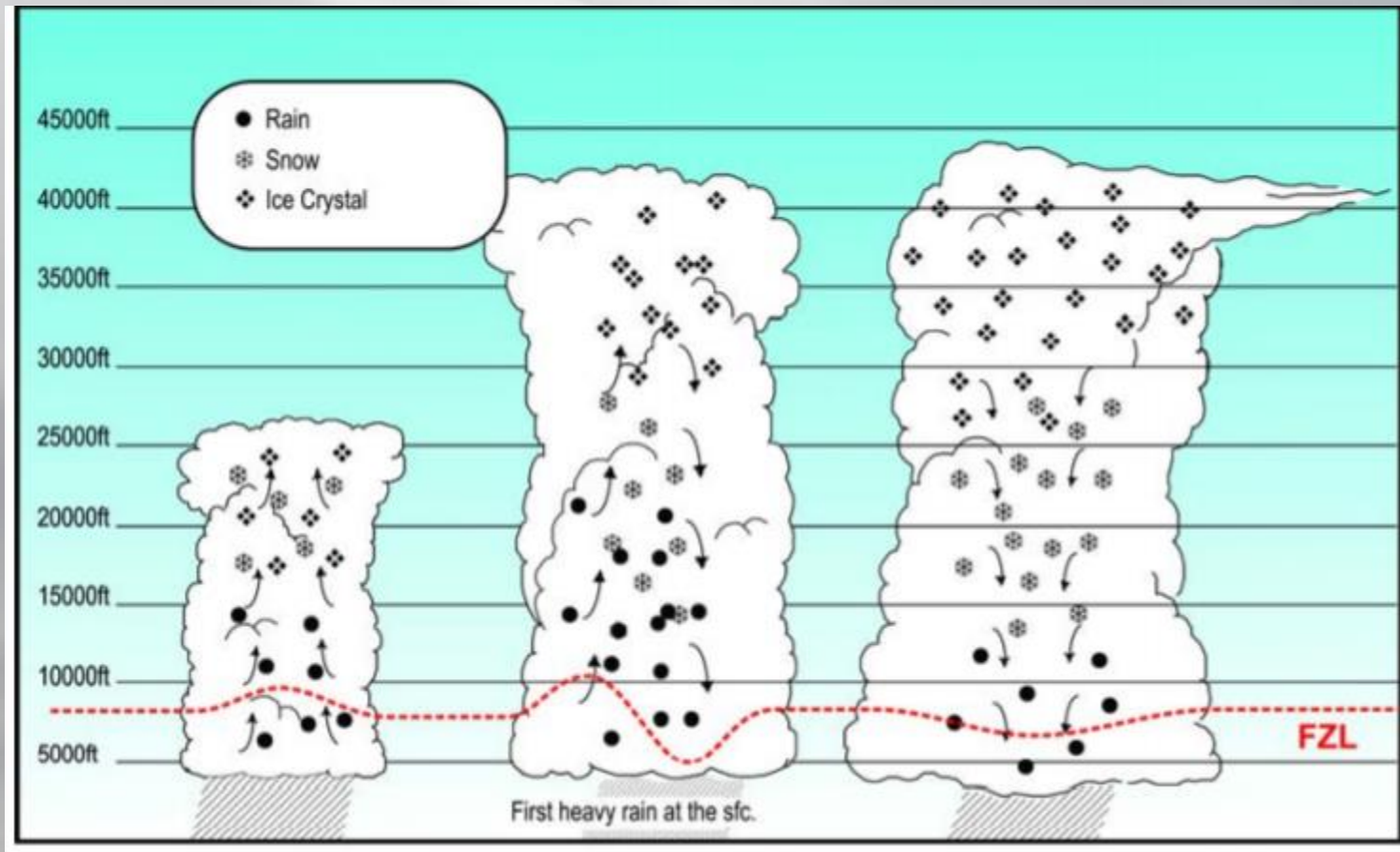
3. Furtuni (Thunderstorms):

- Furtunile sunt extrem de periculoase datorită complexității fenomenelor asociate: turbulențe severe, grindină, descărcări electrice, forfecare a vântului și curenți verticali puternici (updrafts/downdrafts). Sunt adesea grupate cu riscurile legate de vânt în rapoartele EASA (18% combinat).

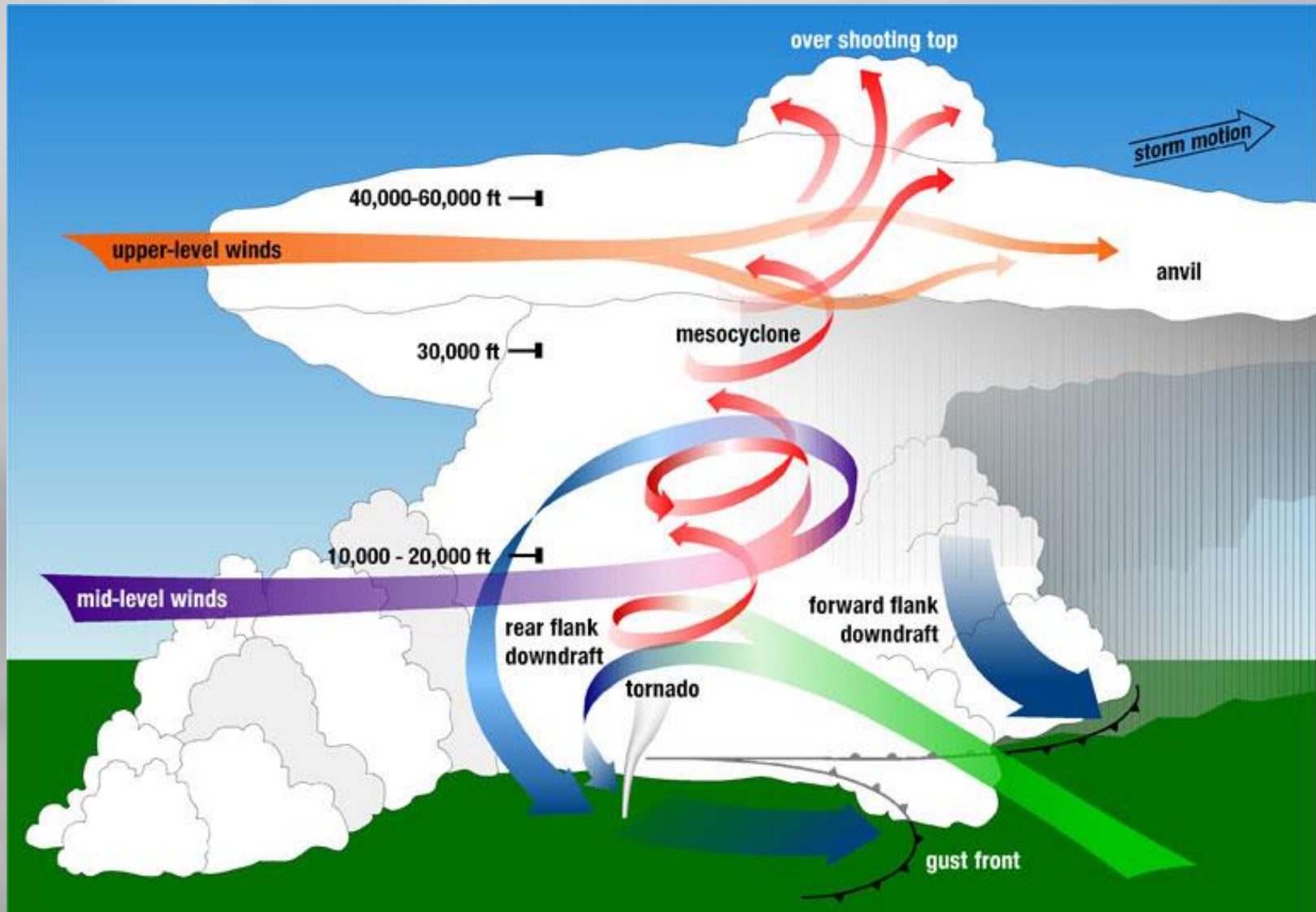
Lista fenomenelor asociate zonelor de furtună.

- Turbulență severă
- Givraj sever
- Fenomene electrice (oraje)
- Rafale descendente (Microbursts)
- Rafale frontale asociate liniilor de gren
- Grindină
- Scădere abruptă a vizibilității
- Tornade

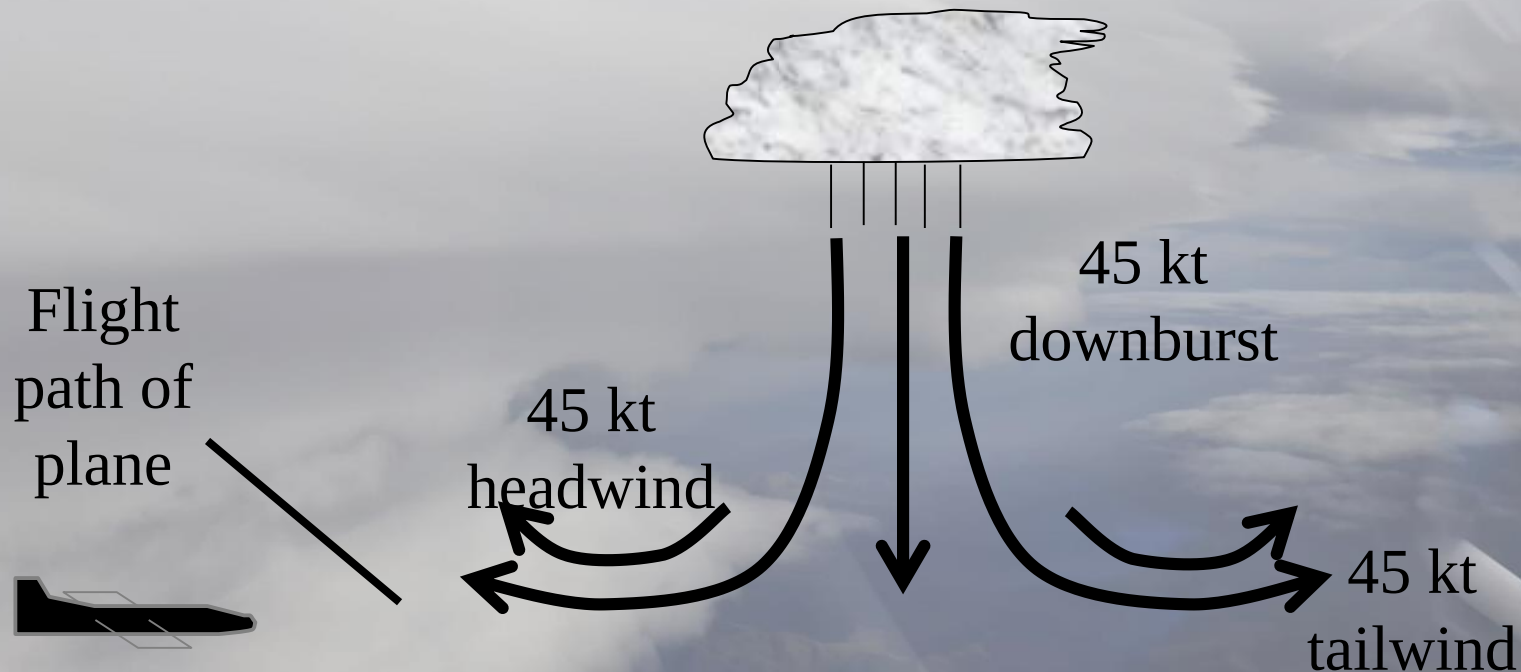
Stadiile de dezvoltare ale norilor Cb



CUMULONIMBUS



Efectul rafalelor descendente



ORAJE

© WEATHERPIX STOCK IMAGES





Downburst (Phoenix, AZ)
July 2003—Photo by Phillip Zygmunt



Downburst (Prescott Valley, AZ)
1999—Photo by Jacob Neider

squall lines

Linii de furtuna de-a lungul fronturilor reci



Strategii de evitare

Pentru aeronavele ultraușoare, principala strategie de evitare a furtunilor este

PREVENȚIA,

deoarece aceste aeronave au limitări operaționale semnificative și nu sunt certificate pentru a zbura în condiții meteorologice adverse severe.

Înainte de zbor (Planificare)

- **Verificarea temeinică a prognozei meteo:** Piloții trebuie să analizeze cu atenție buletinele și hărțile meteorologice înainte de a decola. Planificarea unui zbor cu o aeronavă ultraușoară se face, de obicei, doar atunci când vremea este favorabilă, conform regulilor de zbor la vedere (VFR).
- **Înțelegerea limitărilor aeronavei:** Aeronavele ultraușoare nu sunt echipate cu sisteme complexe de degivrare sau radare meteo. Piloții trebuie să fie conștienți de aceste limitări și să nu se aventureze în zone cu risc.

Înainte de zbor (Planificare)

- **Planificarea rutelor alternative:** Ruta de zbor trebuie să includă opțiuni clare de evitare a zonelor cu potențial de furtună sau turbulențe, precum și locuri sigure pentru aterizare intermediară, dacă este necesar.
- **Consultarea manualelor de zbor:** Recomandările specifice ale producătorului din manualul de zbor oferă informații esențiale despre mase, centraj, viteze și parametri funcționali în diverse condiții, inclusiv limitările de vânt și vreme

În timpul zborului

- **Vigilentă vizuală continuă:** Deoarece majoritatea zborurilor ULM se desfășoară conform regulilor VFR, observarea directă a condițiilor meteo și a formațiunilor noroase este esențială.
- **Comunicarea cu serviciile de trafic aerian (dacă este cazul):** În spațiul aerian controlat, piloții pot solicita informații actualizate de la controlorii de trafic aerian despre zonele cu vreme severă.
- **Evitarea proactivă:** La primele semne de înrăutățire a vremii, cum ar fi dezvoltarea norilor cumulonimbus, creșterea turbulențelor sau schimbări bruște de temperatură, pilotul trebuie să devieze cursul pentru a ocoli zona periculoasă sau să aterizeze pe un teren sigur cât mai curând posibil.

STATISTICI CHEIE

- **5. Gheață (Icing):**

- Acumularea de gheață pe suprafețele portante ale aeronavei (aripi, elice) este extrem de periculoasă chiar și în cantități mici, deoarece afectează aerodinamica și greutatea aeronavei. Este un risc major, în special în timpul zborului prin nori sau precipitații la temperaturi scăzute.

Givraj

Givrajul apare din cauza prezenței picăturilor de apă suprarăcite care se atașează de suprafețele aeronavei.

Picăturile de apă suprarăcite există fie ca picături mari, fie ca picături mici, fie ca o combinație a ambelor. Forma pe care o iau este determinată de temperatura aerului exterior și de tipul de nor în care se găsesc.

Termenul de picături de apă suprarăcite descrie apa care este încă în stare lichidă, chiar dacă temperatura picăturilor este sub 0°C .

Picăturile de apă suprarăcite pot exista numai atunci când nu există nuclee de îngheț pe care picăturile să se poată atașa.

Picăturile de apă suprarăcite pot exista în atmosferă la temperaturi de până la -40°C . Dar când întâlnesc o suprafață pe care pot îngheța - cum ar fi învelișul unei aeronave - picăturile de apă suprarăcite se vor transforma în gheață.

Iceing- types

Givraj opac:

Picături mici

-15°C to -40°C.

Ice accretion on wing leading edge, due to contact with super-cooled water droplets.

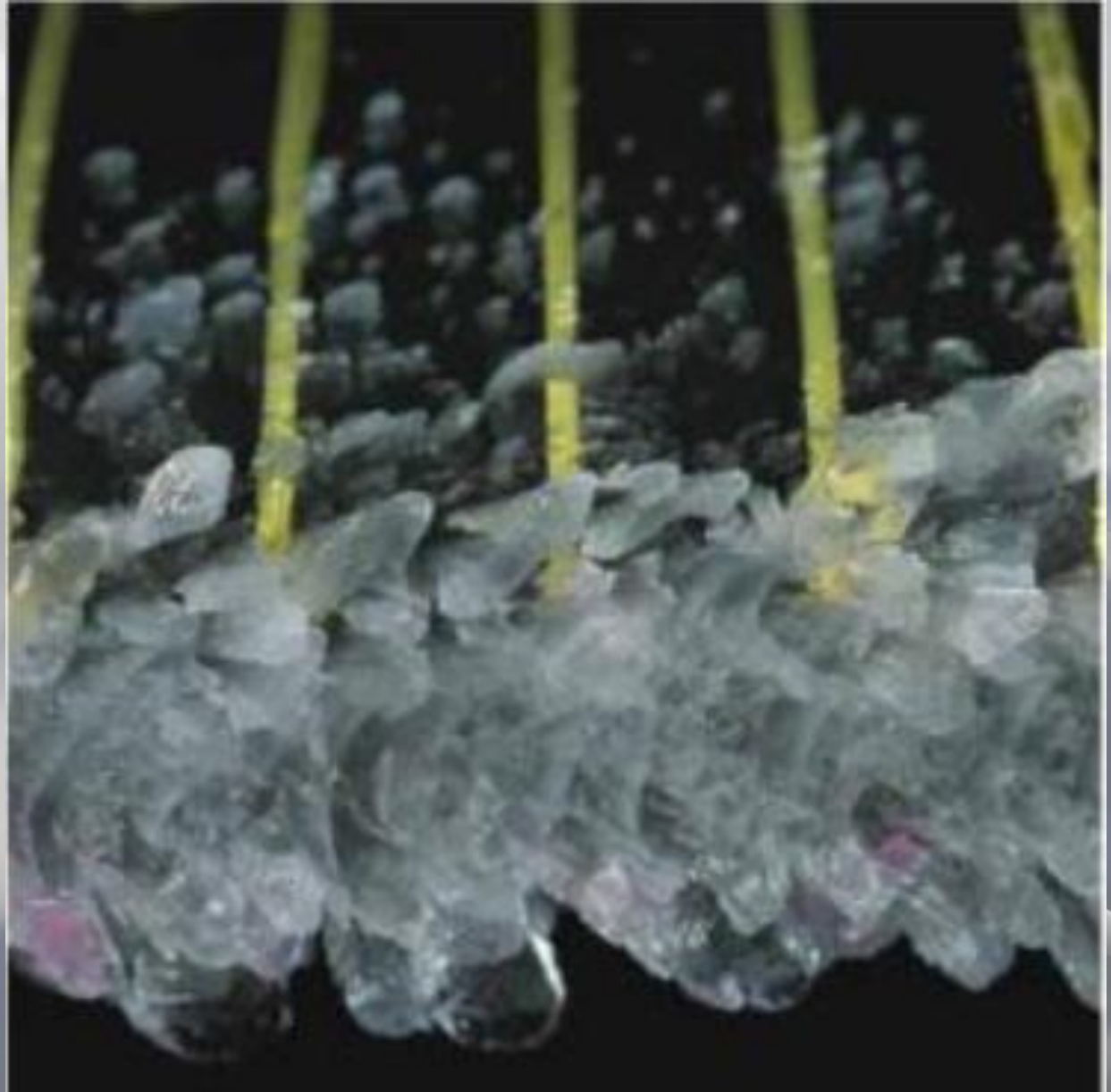


Iceing- types

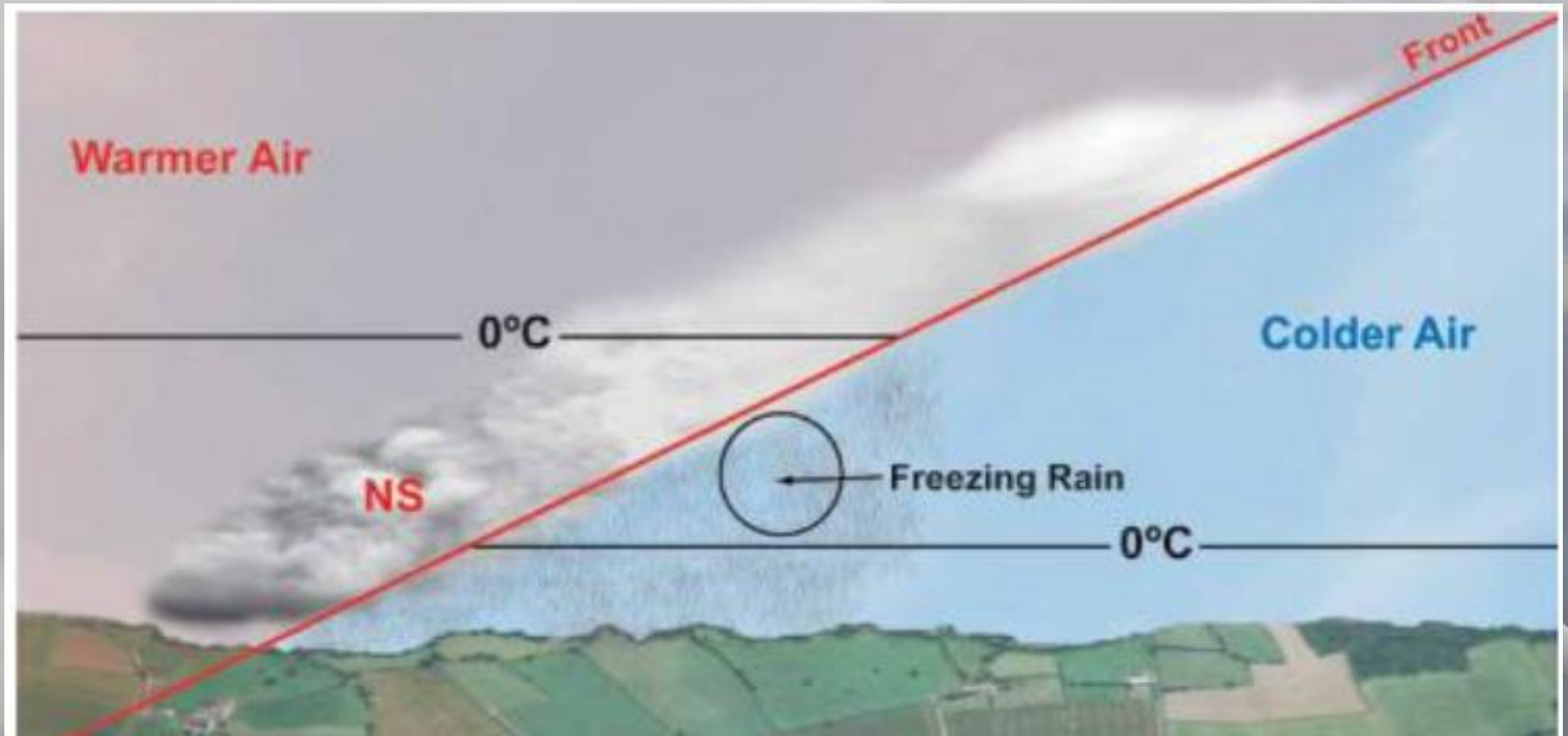
Givraj transparent

Picățuri mari

0°C -15°C.



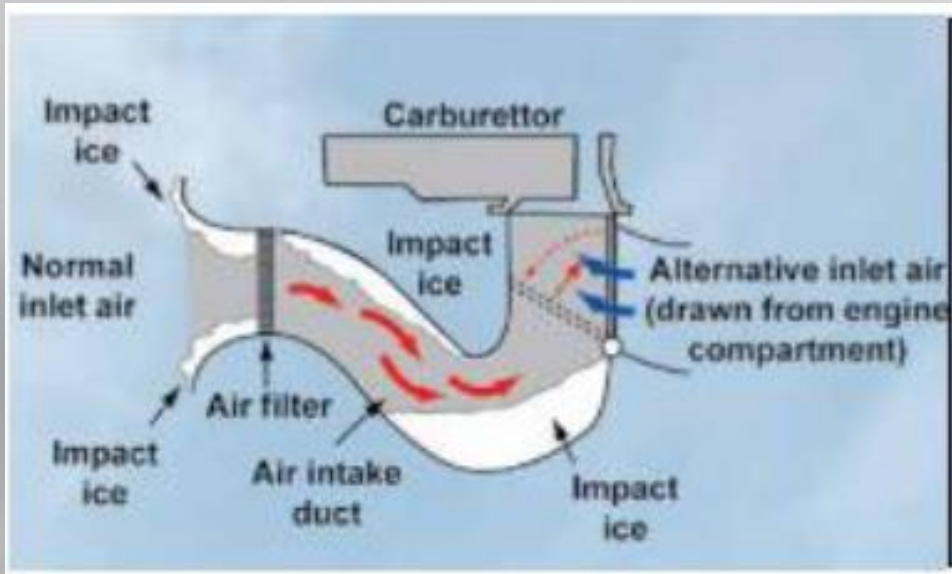
Ploaie înghețată



Brumă



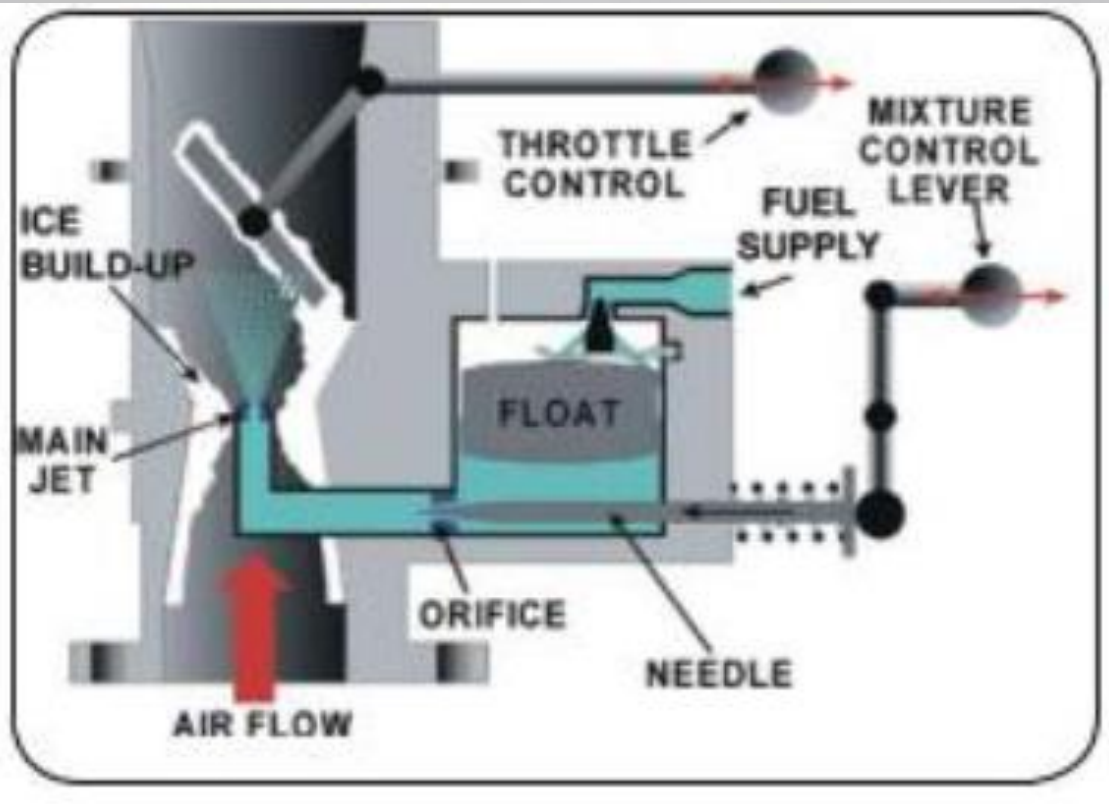
Impact ice



Givrajul carburatorului

Carburettor Icing (Refrigeration Icing)

Se poate forma când umezeala relativă este mai mare de 50%, și temperatura este între -10°C și $+30^{\circ}\text{C}$,



Givraj

- Reduce portanța (forța care ține avionul în aer).
- Crește rezistența la înaintare (tracțiunea).
- Compromite controlul aeronavei.
- Blochează instrumentele de zbor critice (cum ar fi tuburile Pitot)

Management

principala metodă de "evitare a givrajului" în cazul avioanelor ultraușoare este **prevenția la sol și evitarea proactivă a condițiilor propice formării gheții** în timpul zborului.

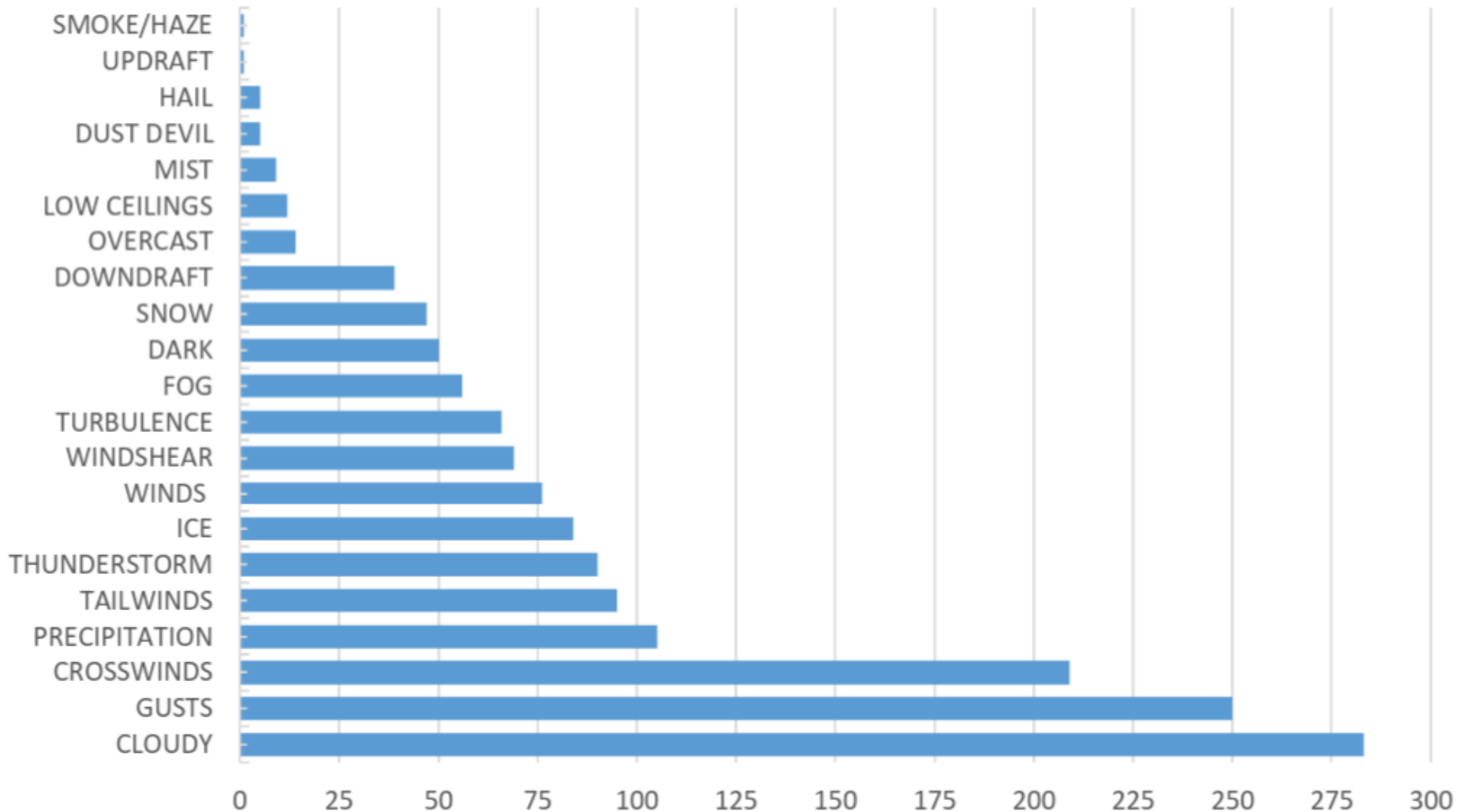
Rapoarte NTSB

NTSB Reports of accidents in which weather was the probable cause/contributing factor for years 2009 - 2018

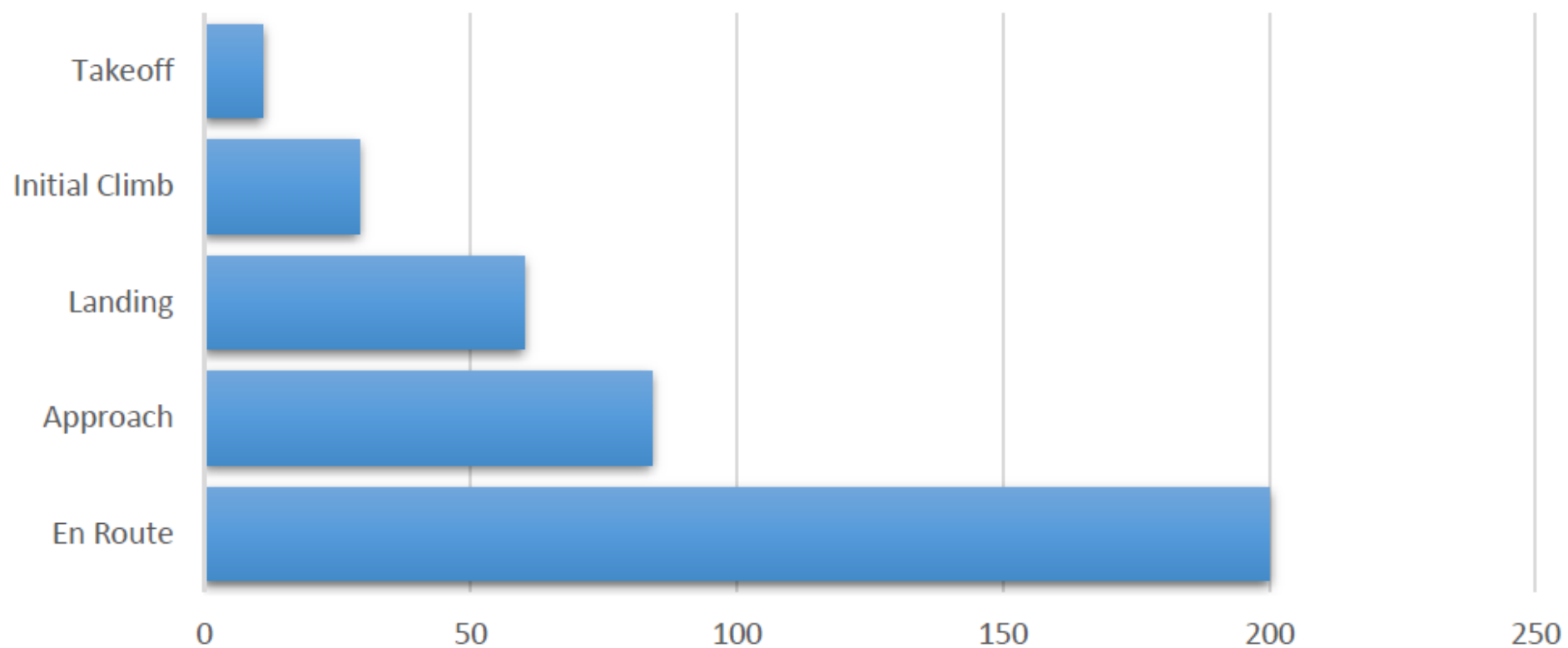
Years	Total Weather-Related Accidents	Total IMC Events	Fatal IMC Flights	% IMC Fatal	Total VMC Events	Fatal VMC Flights	% VMC Fatal
2018	146	20	17	85	126	16	13
2017	182	35	26	74	147	14	10
2016	119	14	7	50	105	6	6
2015	116	26	21	81	90	18	20
2014	175	28	23	82	147	20	14
2013	55	14	12	86	41	18	44
2012	73	17	12	71	56	29	52
2011	126	22	16	73	104	54	52
2010	114	32	11	34	82	33	40
2009	276	63	51	81	213	24	11
Totals	1,382	271	196	72	1,111	232	21

Rapoarte NTSB

NTSB weather-related accidents and incidence experienced during flight for years 2009 through 2018



Weather-related accidents or incidents per phase of flight from 2009-2018



Weather Phenomenon	Percentage of Weather-Related Accidents (2011-2020 data)
Adverse Wind (gusts, crosswinds, etc.)	~53%
Low Ceilings/Visibility	~16%
Carburetor Icing	~7%
Turbulence	~6%
Density Altitude	~5%
Updrafts/Downdrafts	~5%
Thunderstorms	~2%
Structural Icing	~2%
Precipitation	~2%
Windshear	~2%

Evident, responsabilitatea pentru siguranța zborului este TINE, pilotul.

Flight Safety and Weather

Evident, responsabilitatea pentru siguranța zborului este la tine!

- Fă o informare meteo temeinică (aprox jumătate din piloți nu o fac)

Cer senin și vânt slab acum, nu înseamnă că va fi la fel:

- Peste o oră
- La 50km de aici
- 1,000 ft AGL