

METEOROLOGIA AERONAUTICA

Parte II

- In questa parte si parlerà di wind shear:
 - Definizione e intensità secondo l'ICAO
 - Misura del wind shear
 - Cause del wind shear
 - Classificazione in tipi
 - Wind shear orizzontale
 - Wind shear verticale
 - Shear del vento verticale
 - Effetti sui velivoli e pericolosità per il volo

- **Definizione:** “A change in wind speed and/or direction in space, including updraft and downdrafts”

Doc 9817 dell'ICAO, *Manual on Low-level wind shear* (2005, AMD 2 Feb. 2011).

Il wind shear è:

- Una variazione del vettore vento o di una delle sue componenti in una data direzione.
- Quindi vettore differenza tra due vettori vento osservati, diviso la distanza che separa i due punti di misura.

- Dimensioni: velocità diviso distanza
- Solitamente si misura in $\text{m/s}/30 \text{ m}$ o in $\text{kt}/100 \text{ ft}$
 - ✓ entrambe dimensionate come $[\text{s}]^{-1}$
- In ambito aeronautico si misura lo **shear rate**, in kt/s , che rappresenta l'accelerazione percepita dall'aeromobile

Ne segue una diretta classificazione delle intensità?

No perché:

- Ogni aereo risente del wind shear in maniera differente, a seconda del suo peso
- Gli effetti del wind shear su un aereo dipendono dalla sua velocità e dal tempo di esposizione al fenomeno
- Il pilota ragiona in termini di TAS quindi di accelerazioni e decelerazioni
- L'Annesso 3 consente al pilota di utilizzare la sua percezione del wind shear incontrato nel riportare il fenomeno

Doc. 9817

Table 5-4. Interim criteria for wind shear intensity recommended by the Fifth Air Navigation Conference (Montréal, 1967)

Light	—	0 to 2 m/s (0 to 4 kt) inclusive per 30 m (100 ft)
Moderate	—	2.4 to 4 m/s (5 to 8 kt) inclusive per 30 m (100 ft)
Strong	—	4.5 to 6 m/s (9 to 12 kt) inclusive per 30 m (100 ft)
Severe	—	above 6 m/s (12 kt) per 30 m (100 ft)

Annesso 3, Appendice 6, 6.2.4

Note 2.— Specifications for reporting the intensity of wind shear are still undergoing development. It is recognized, however, that pilots, when reporting wind shear, may use the qualifying terms “moderate”, “strong” or “severe”, based to a large extent on their subjective assessment of the intensity of the wind shear encountered.

- Il wind shear è storicamente associato alle forti correnti discendenti presenti al di sotto delle nubi temporalesche, ma essendo una variazione di vento, si può verificare anche in altri fenomeni meteorologici.
- In effetti un aereo incontra wind shear ogni volta che si presenta una variazione di vento, lungo il piano orizzontale ([wind shear orizzontale](#)) o lungo il piano verticale ([wind shear verticale](#)).

➤ In base alla durata del fenomeno il wind shear si divide in due classi:

- ✓ I fronti / i fronti delle brezze
- ✓ Le inversioni termiche
- ✓ La corrente a getto
- ✓ Discontinuità del flusso del vento
- ✓ Flusso intorno a ostacoli

Wind shear
non
transitorio

- ✓ I temporali
- ✓ Le nubi convettive in genere
 - ✓ Durata media minore
 - ✓ Intensità maggiore

Wind shear
transitorio
Più
pericoloso

Definizione: la variazione della velocità del vento orizzontale diviso la distanza tra i due punti di misura presi su un piano orizzontale

Si può trovare:

- Nel fronte delle raffiche associato ai temporali:
 - la discesa delle precipitazioni dal cumulonembo (CB) trascina con sé una colonna di aria fredda
 - l'aria impatta con il suolo e si espande lateralmente (forma il fronte delle raffiche, o *gust front*)
 - il fronte si incunea sotto l'aria calda richiamata dal basso dal CB
 - lungo la linea del fronte l'aereo incontra forti variazioni di vento

- Associato alle forti correnti discendenti (microburst)
- Si estende fino a 20 km davanti al temporale
- Velocità vento fino a 50 kt
- Spessore fino a 1000 metri
- Visibile se associato alla formazione di **shelf cloud** o di **roll cloud**



Doc. 9817

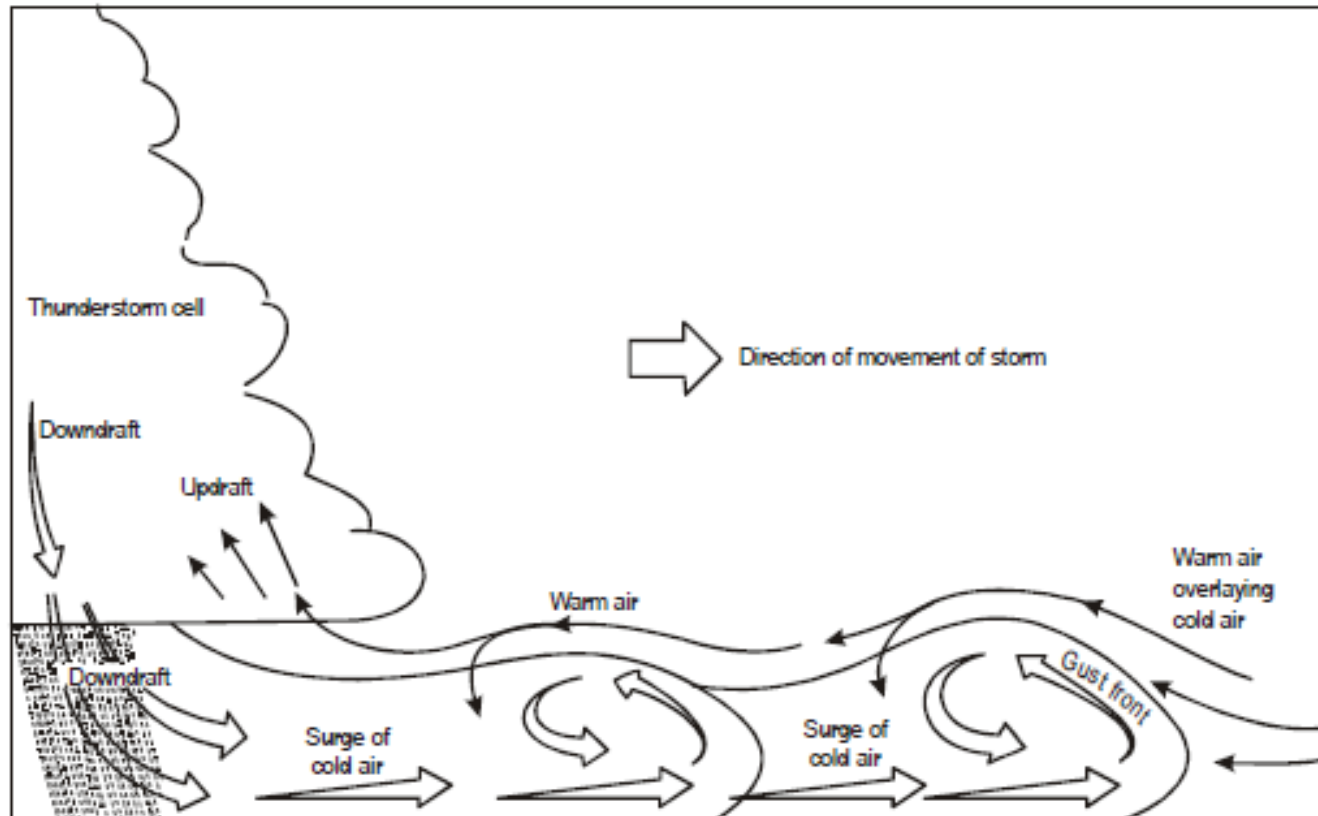


Figure 3-10. Cross section of typical gust front
(after ICAO "Gust Front Turbulence & Wind Shear" Poster P621)

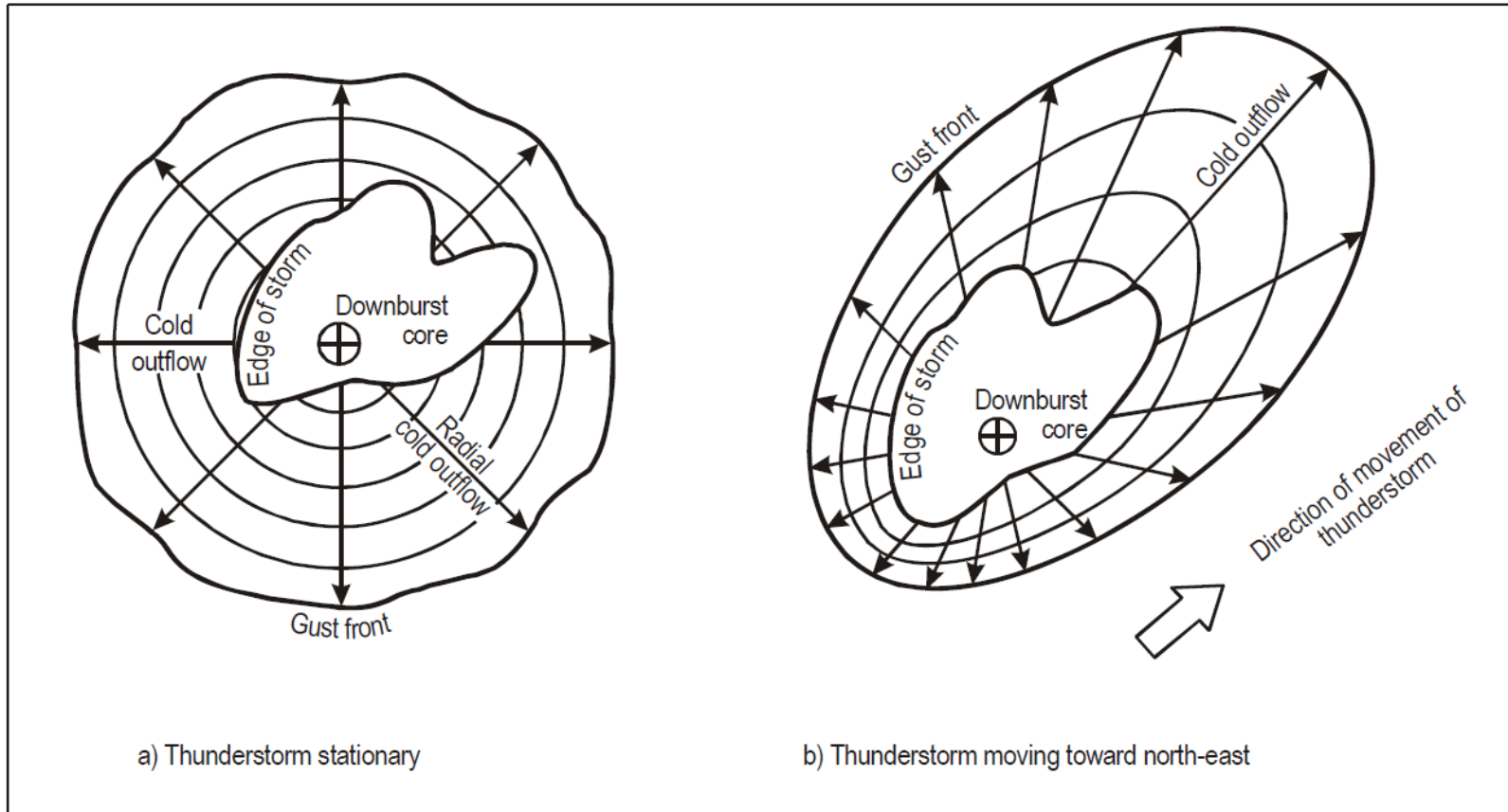
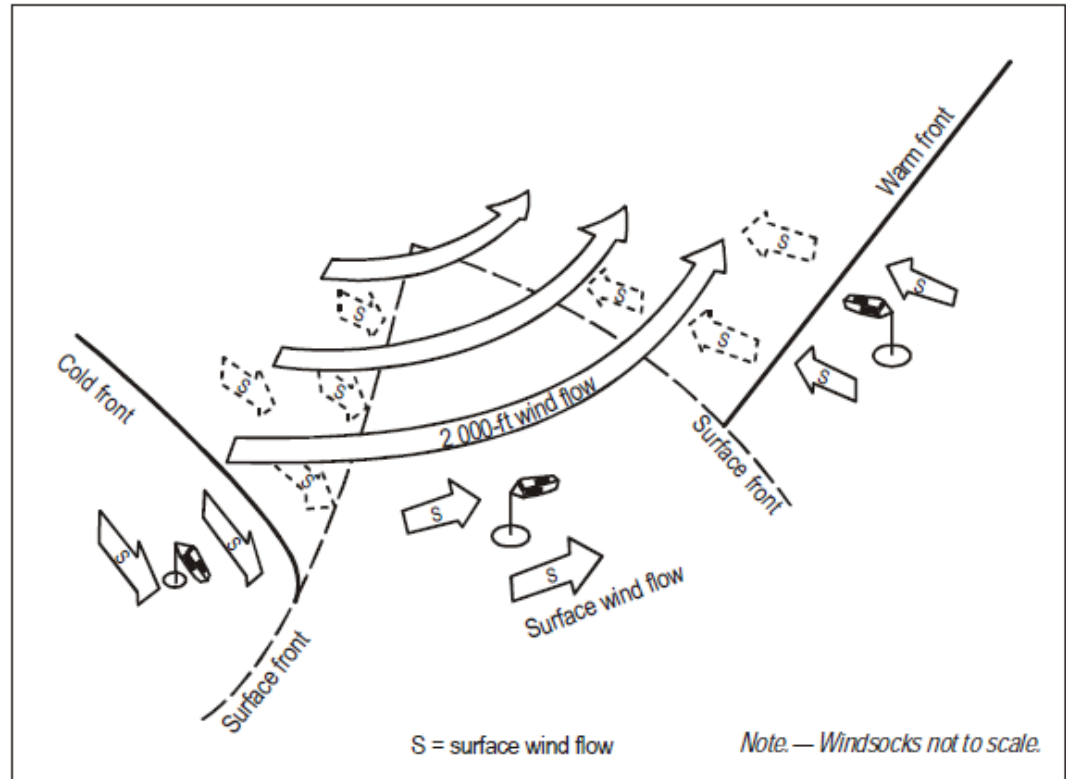


Figure 3-11. Plan views of typical gust fronts

WIND SHEAR ORIZZONTALE SUPERFICI FRONTALI

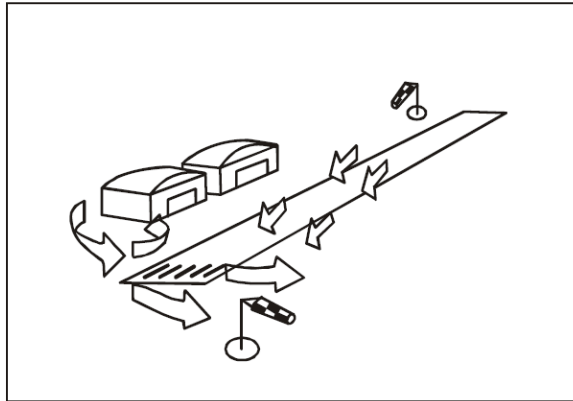
- Attraversando un fronte:
 - Fronte freddo più intenso di quello caldo.
 - In questo caso la superficie frontale è tuttavia più spessa che nel fronte delle raffiche, e l'aereo ha il tempo di adattarsi alla variazione incontrata.



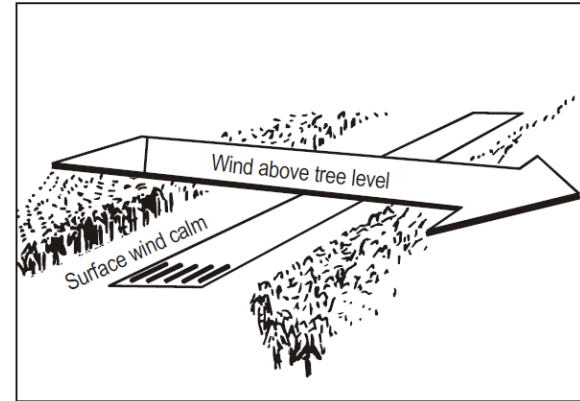
a) Three-dimensional diagrammatic view of wind flow around warm/cold frontal system up to 2 000 ft, northern hemisphere (vertical scale exaggerated)

- Nel flusso del vento attorno a ostacoli:
 - Edifici o altre costruzioni lungo la pista
 - Orografia locale
- Nella corrente a getto:
 - Scorrimento tra correnti d'aria: la diversità in direzione e/o intensità delle correnti genera wind shear
- Nei fronti delle brezze:
 - La transizione tra il vento di brezza e il vento dominante al suolo può generare wind shear

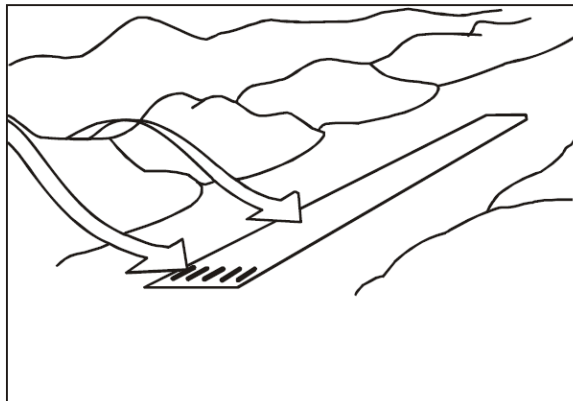
Doc. 9817



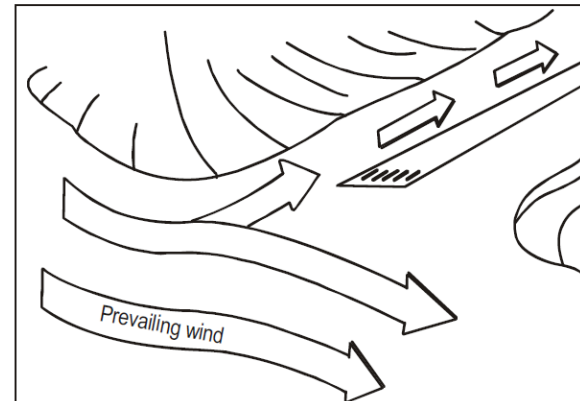
a)



b)



c)



d)

Figure 3-3. Wind flow around obstacles

Definizione: la variazione della velocità del vento orizzontale diviso la distanza tra due punti presi uno sopra l'altro

- Nelle vicinanze delle downburst
- Nel fronte delle raffiche
- Attraversando un fronte (caldo o freddo)
- Nella corrente a getto
- Nelle inversioni termiche
- Fisiologico in atmosfera fino a certe variazioni di vento (spirale di Ekman)

- **Definizione:** si ha wind shear verticale anche a ogni incontro con correnti ascendenti o discendenti (vento verticale)

- L'origine delle correnti discendenti più intense può essere:
 - ✓ orografica (MTW, foehn)
 - ✓ convettiva (temporali)
 - le correnti discendenti (**downburst**) più violente sono quelle associate alle celle temporalesche

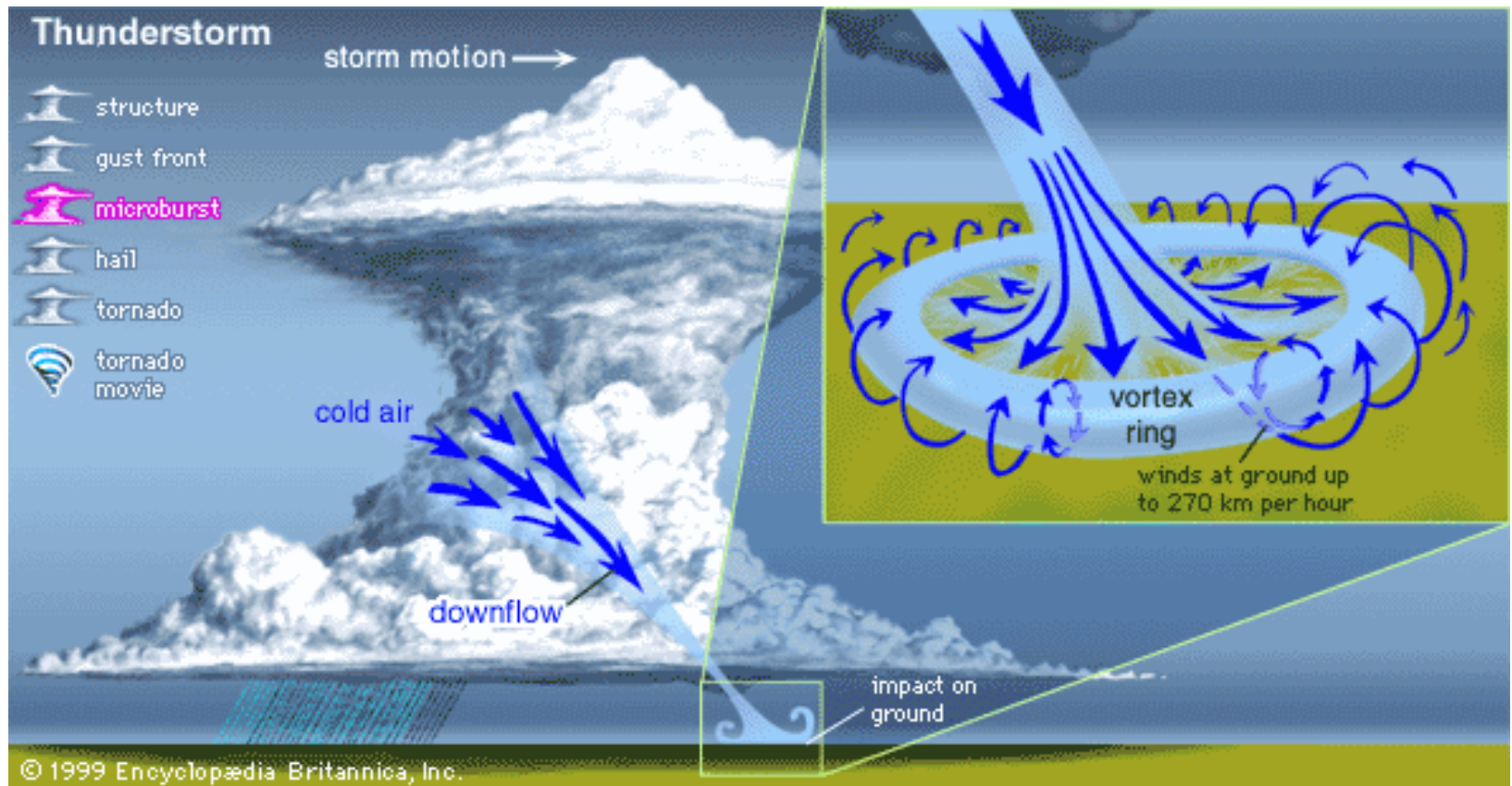
- **Definizione:** forte raffica discendente che giunta al suolo si espande con grande violenza
 - ✓ Generalmente associata ai temporali
 - ✓ Diametro della corrente discendente:
 - 3 o 4 miglia in quota
 - 15 miglia in prossimità del suolo

- Può essere:
 - ✓ **Wet** (umida), se associata a precipitazione (visibile)
 - ✓ **Dry** (secca), associata ad aria secca (non visibile)

- Classificate come macroburst o **microburst** a seconda della loro dimensione orizzontale

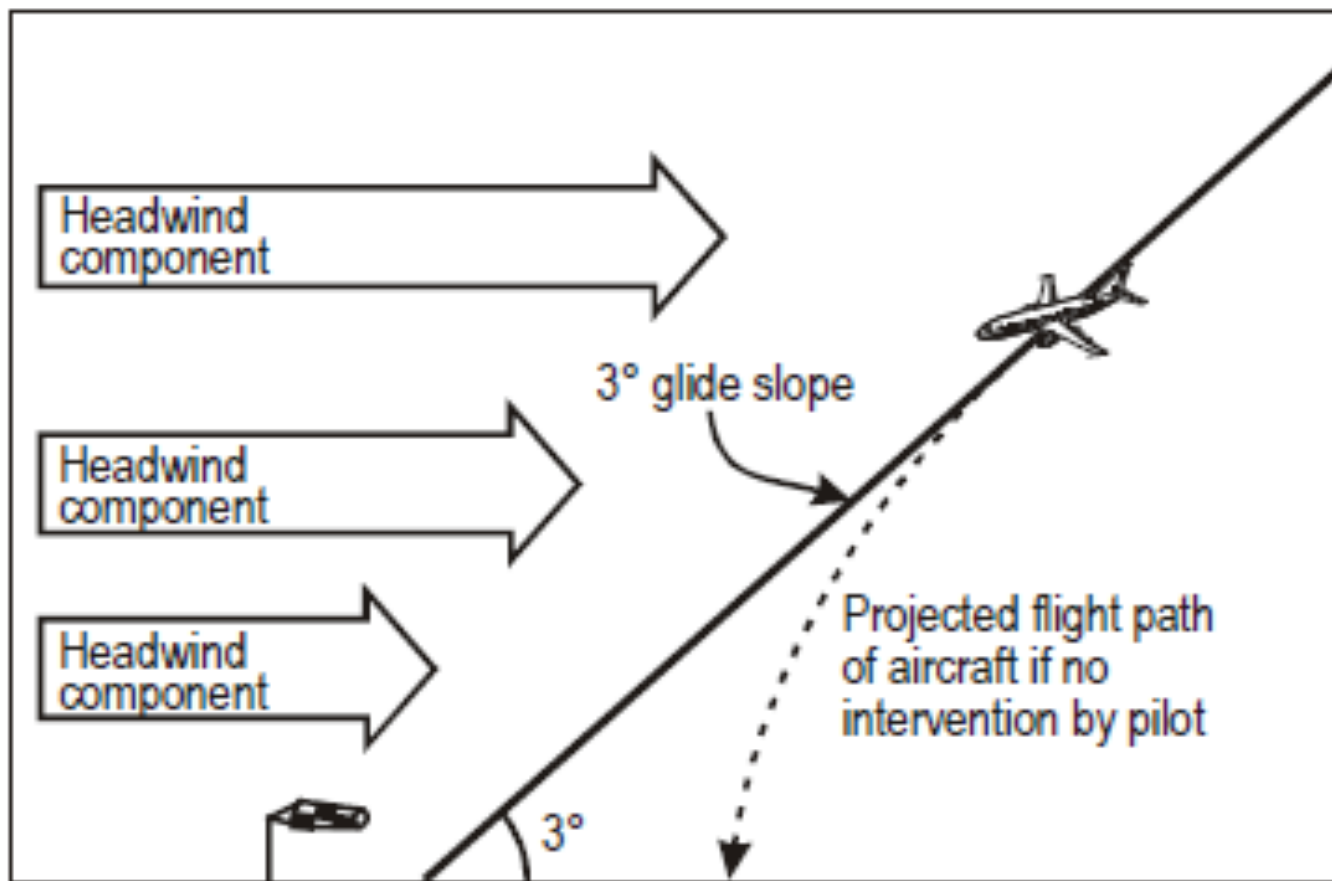
- **Definizione:** downburst piccola e intensa, la cui estensione orizzontale è tra 0,4 e 4 km, che provoca espansione al suolo con venti forti orizzontali
 - ✓ shear orizzontale
 - ✓ alta pressione
- Breve durata (<10 minuti)
- Velocità correnti discendenti fino a 60 kt (100 km/h)
- Velocità venti orizzontali fino a 140 kt (270 km/h)
- Generalmente associate ai temporali, ma anche a forti piovaschi da TCU (towering cumulus)
- Può essere associata a virga
- L'espansione laterale al suolo forma un anello vorticoso (**vortex ring**)

WIND SHEAR VERTICALE MICROBURST

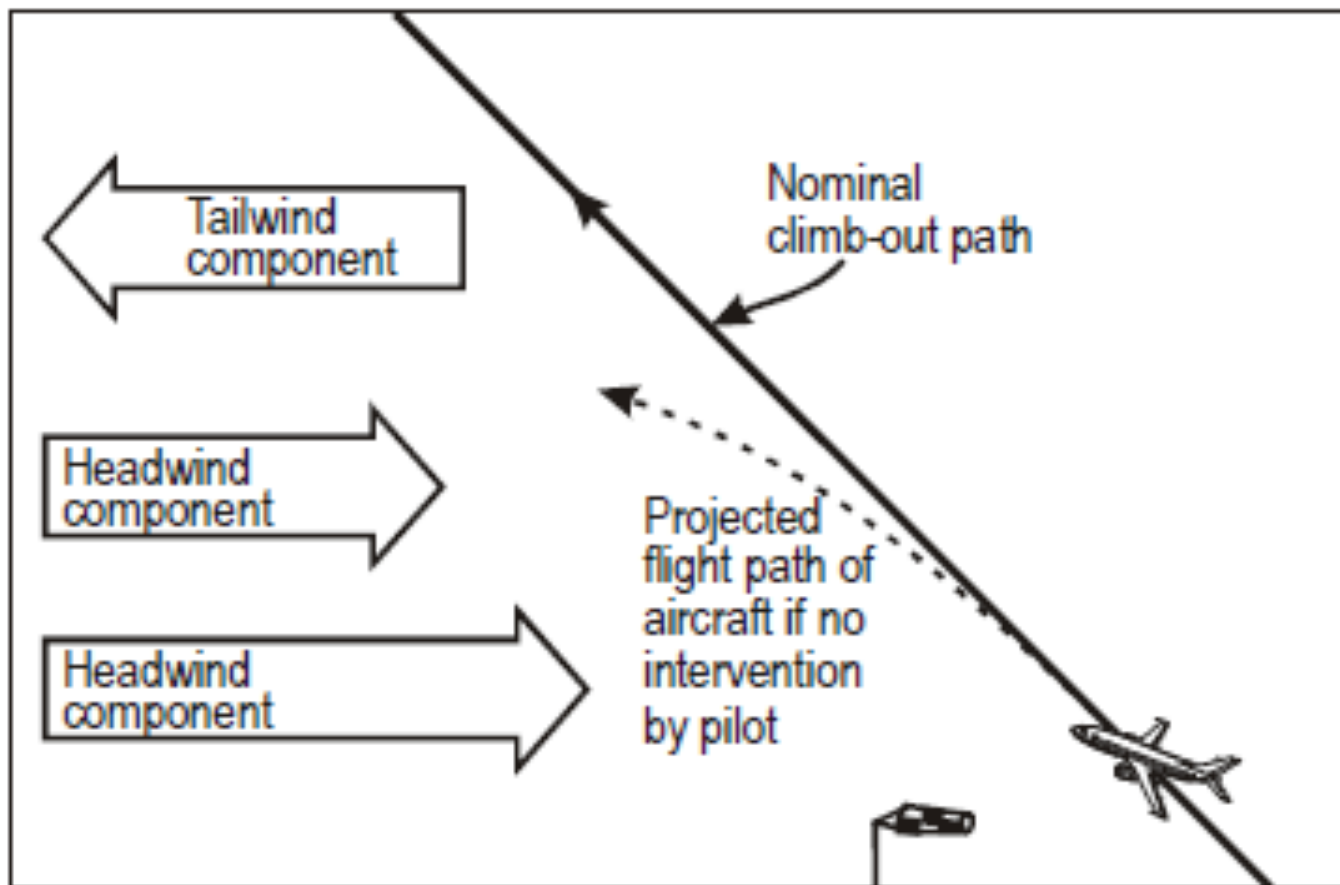


- La pericolosità del wind shear dipende da:
 - tipo di aereo
 - fase di volo
 - scala del wind shear
 - durata del wind shear
 - intensità del wind shear
- Il più pericoloso è il LLWS (*low level wind shear*):
 - quando il wind shear si presenta nei primi 600 m:
 - lungo il sentiero di avvicinamento
 - nella fase terminale di atterraggio
 - nella fase iniziale di decollo

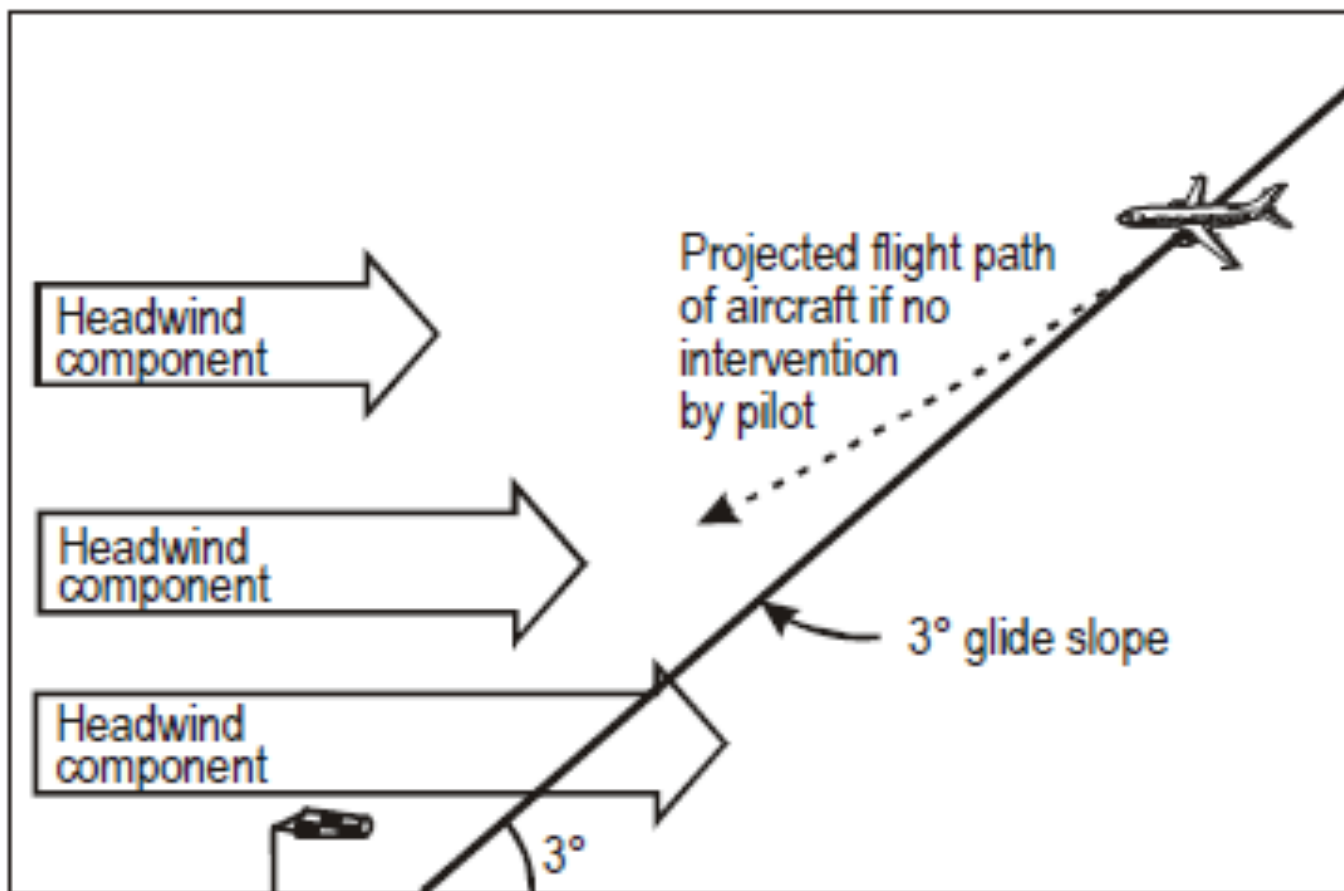
- Gli effetti del wind shear orizzontale sono:
 - una diminuzione e/o un aumento del vento di testa e/o di coda
 - una diminuzione del vento testa o un aumento del vento di coda provocano:
 - riduzione della portanza
 - abbassamento del sentiero di avvicinamento o di decollo
 - un aumento del vento di testa o una diminuzione del vento di coda provocano:
 - aumento della portanza
 - innalzamento del sentiero di avvicinamento o di decollo
- Gli effetti del wind shear verticale sono:
 - le correnti discendenti agiscono sull'angolo di incidenza
 - una diminuzione dell'angolo porta a una diminuzione di portanza
 - abbassamento della traiettoria dell'aereo



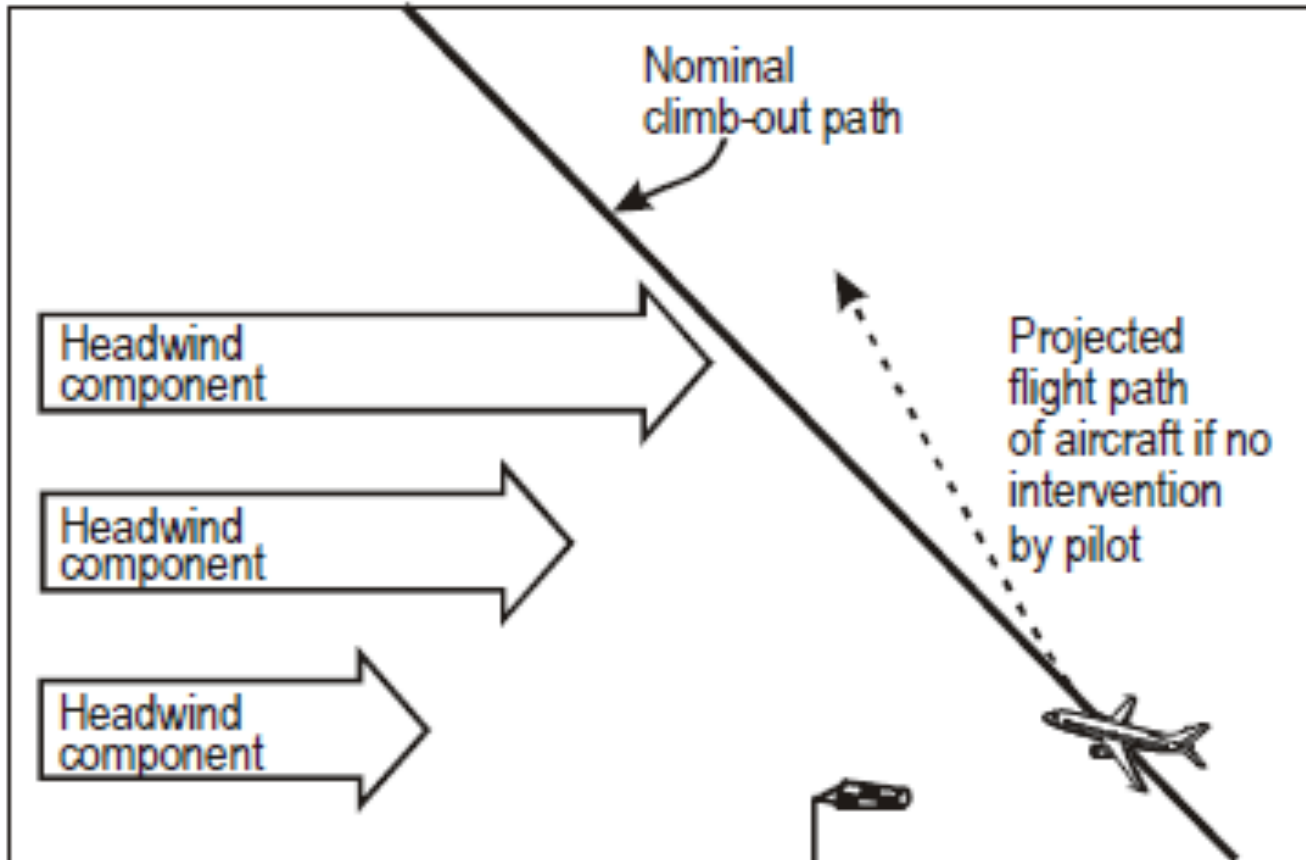
a) Landing in decreasing headwind



b) Take-off in decreasing headwind



c) Landing in increasing headwind



d) Take-off in increasing headwind

