



*Vlnové létání –
požitek i riziko*

*Tato prezentace nebude jen meteorologická.
S lety ve velkých výškách, které meteorologické podmínky
umožňují, je úzce spojeno i riziko, jehož podcenění může končit
tragicky.*

Určitě máme v paměti 2 nehody, které se staly krátce po sobě při vlnovém létání v Jeseníkách a zcela určitě máme před očima i jejich rozbor v rámci zimních školení.

Pojďme si proto povědět o nebezpečí, které s sebou létání ve výškách nese.

Ze sportovního hlediska je nejrozšířenější formou těchto letů plachtaři využívané vlnové proudění přes horské překážky. Ve všeobecném letectví se však můžeme setkat i s dalšími aktivitami, spojenými s lety ve velkých výškách: dostupy vrtulových letadel, balonů, pokusy o výškové rekordy

Připomeňme si proto co to dlouhá vlna je a řekněme si něco o hypoxii, se kterou je létání ve výškách spojeno a jak se při jejím příznaku zachovat.

Začneme meteorologií:

Mechanická turbulence *orografická*

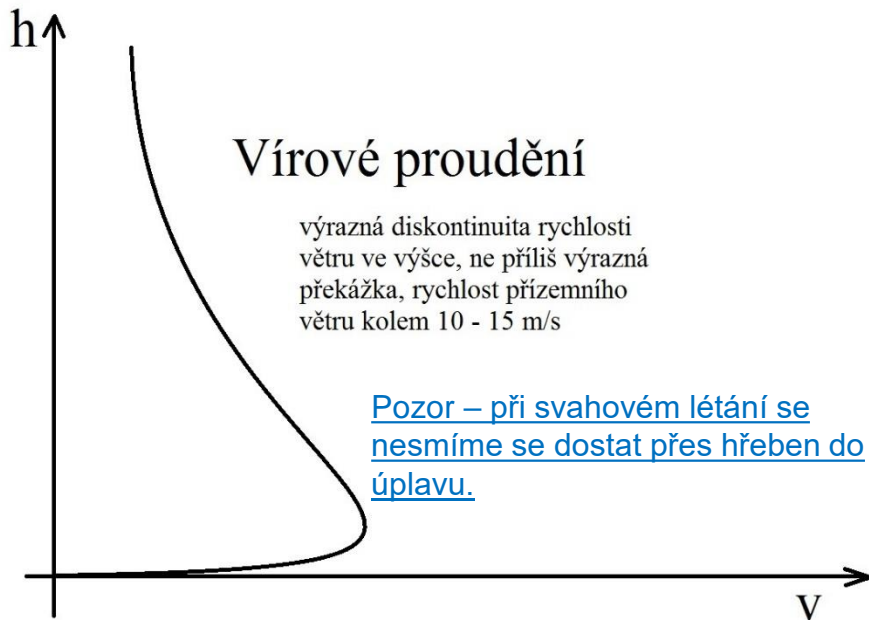
Za zvláštní druh mechanické turbulence považujeme *turbulenci orografickou* – vzniká v důsledku proudění vzduchu přes horské překážky. Tato turbulence vzniká hlavně při stabilním zvrstvení vzduchu v důsledku výrazné deformace vzdušného proudu mnohdy pod výraznou diskontinuitou větru. V závětrí horských hřebenů vznikají vertikální pohyby o rychlosti ± 10 m/s s extrémními hodnotami ± 30 m/s.

Proudění přes překážky

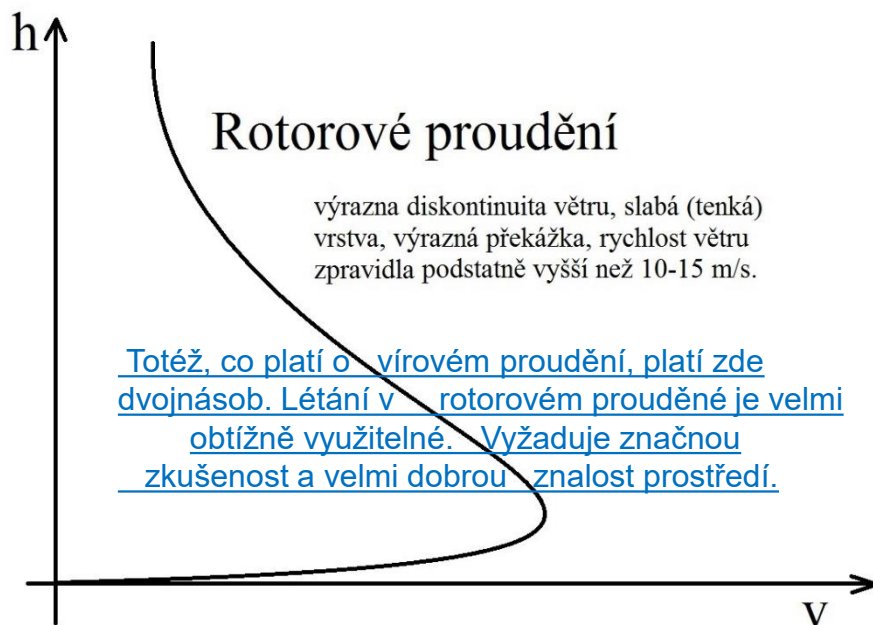
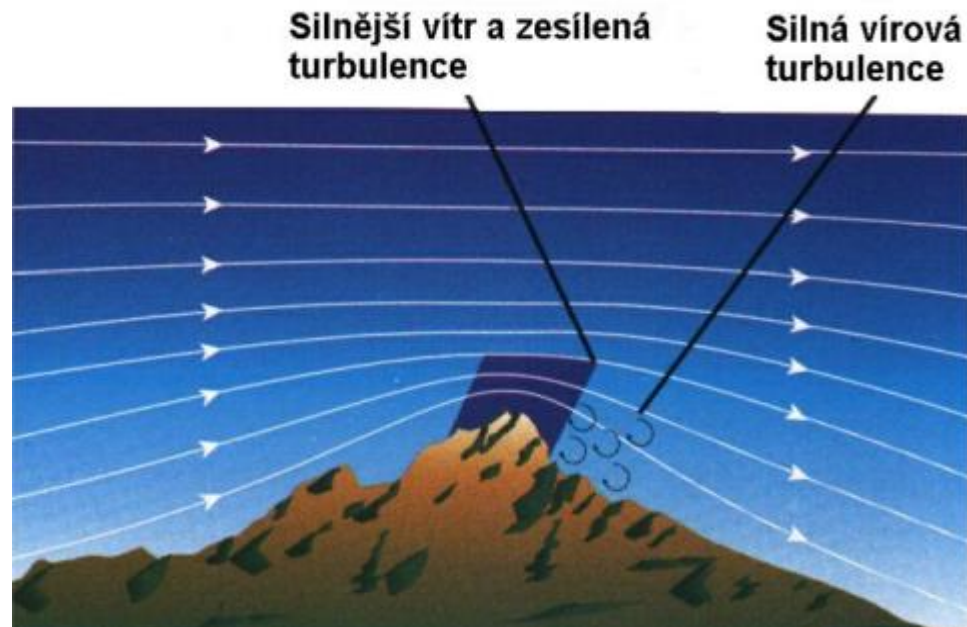
Je logické, že laminární proudění v přízemní vrstvě existuje jen velmi vzácně. Působením síly tření o zemský povrch proto převažuje proudění turbulentní. Rozeznáváme jeho 3 druhy:

- *vírové*
- *rotorové*
- *vlnové*

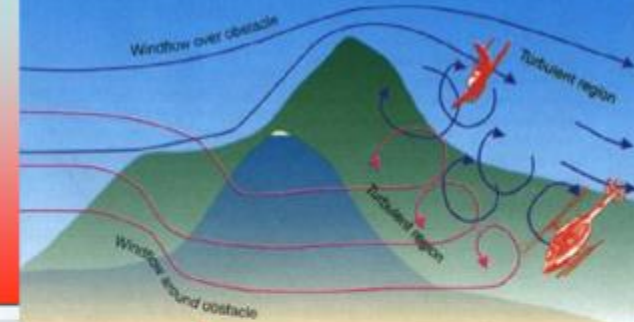
Než se začneme zabývat vlnovým prouděním, pojďme si něco povědět i o prvních dvou.



Vírové proudění - schéma



Proudění kolem a přes překážky



Rotorové proudění

Několik poznámek k předchozím typům proudění přes překážky

1. Vírové a rotorové proudění se tvoří pod výškovými inverzemi.
2. Inverze je zádržná vrstva, proto pod sebou vytváří uzavřený prostor.
3. Proudění v něm zesiluje jako v zúženém profilu. Zvyšující se terén vertikální rozměr snižuje a proudící vzduch musí rychlost zvýšit.
4. Rychlost větru kulminuje nad hřebenem.
5. Rychlost větru nad inverzí prudce klesá, mnohdy se zásadně mění i směr proudění (nad inverzí je stříh větru běžným jevem).
6. Nejnebezpečnější pro létání je turbulence v prostoru za překážkou, která ji při rotorovém proudění může v závislosti na rychlosti větru převyšovat až o 200 m.
7. Za překážkou se v obou případech vyskytuje mírná až silná turbulence. Podle získaných zkušeností je překážku třeba kvůli závětrné turbulenci nadletět s dostatečnou rezervou.
8. Mnemotechnická pomůcka praví: rychlost větru x 20 = bezpečná výška pro přelet hřebene (např. 15 m/s x 20 = 300 m).

Vlnové proudění

podmínky vzniku

1. Stabilní zvrstvení atmosféry mezi vrcholem hřebene a hladinou několika stovek metrů (1000 ft) nad ním – konvekce vlnu rozbíjí
2. Směr větru kolmý na hřeben s odchylkou $\pm 30^\circ$
3. Vítr se s výškou stáčí vlevo o 30° (absence síly tření)
4. Rychlost větru na hřebeni je u nás v ideálním případě $> 10 \text{ m}$ ($> 15 \text{ kt}$) (záleží na jeho tvaru a výšce)
5. Rychlost větru s výškou s malými odchylkami plynule roste až po zádržnou vrstvu (může jí být až tropopauza)
6. Dostatečně dlouhý hřeben s pozvolným náběhem a se strmou závětrnou stranou
7. Absence jakékoli výškové teplotní inverze; ta obvykle znamená stříh směru větru, ztrátu jeho rychlosti a tím konec dlouhé vlny.

Vlnové proudění podmínky vzniku

h

Zidealizovaný průběh rychlosti
větru s výškou

stabilní zvrstvení, žádná nebo slabá
diskontinuita zvrstvení, rychlost větru
s výškou roste, chybí směrový stříh
větru (vítr se s výškou stáčí jen
díky zániku síly tření)

V



Schéma proudění s diskontinuitou větru na Jesenickém hřebenu

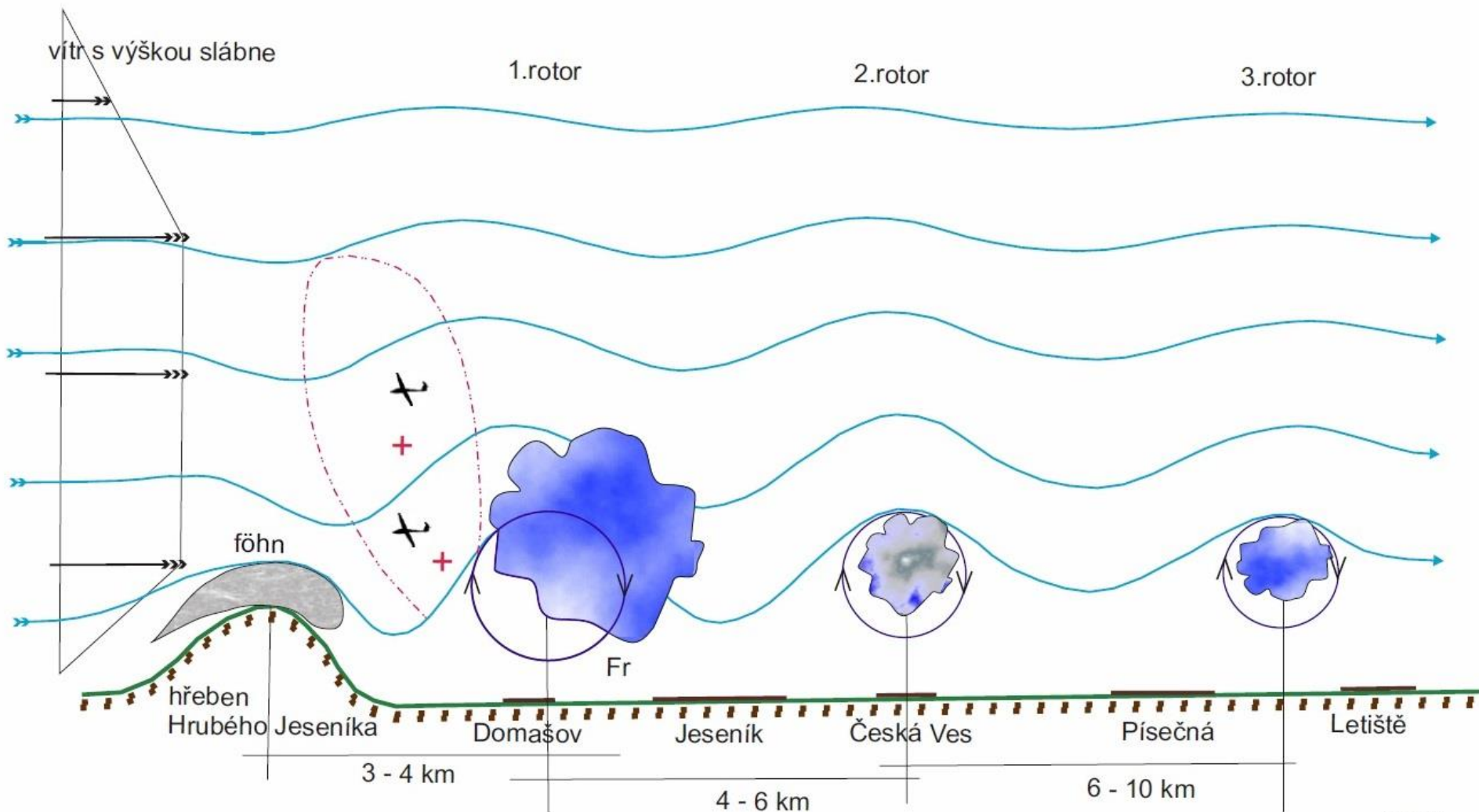
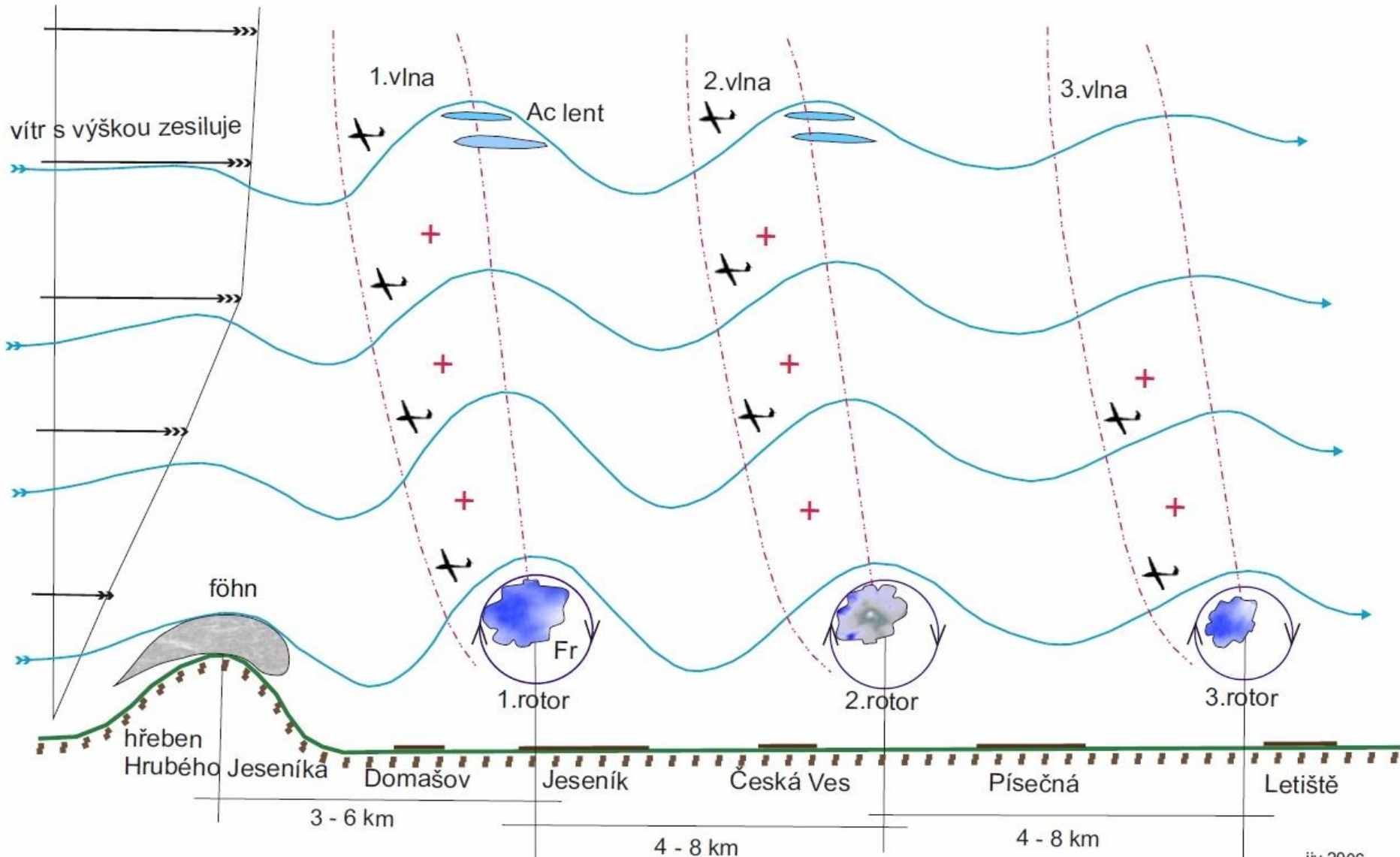
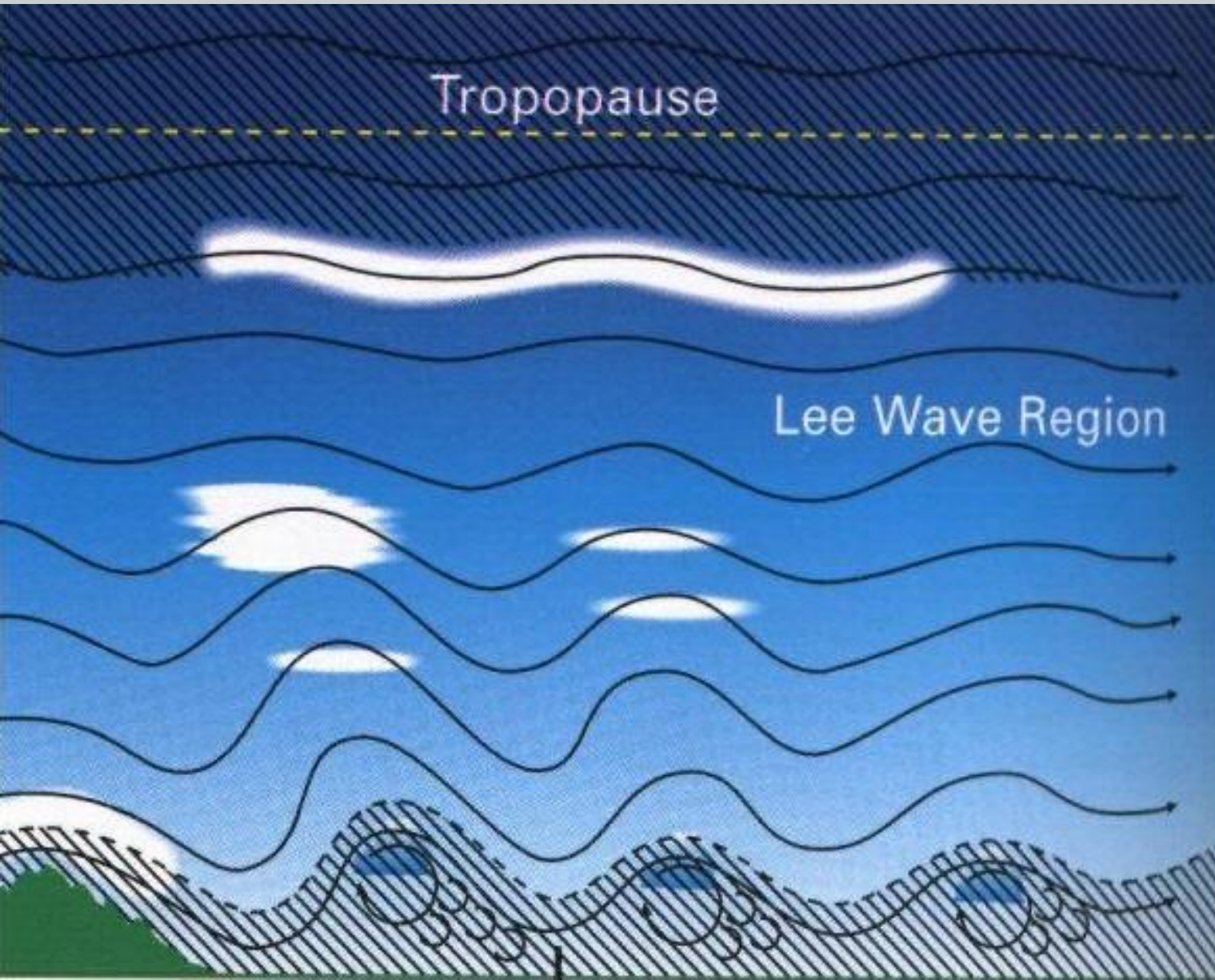


Schéma vlnového proudění na Jesenickém hřebenu



Vlnové proudění

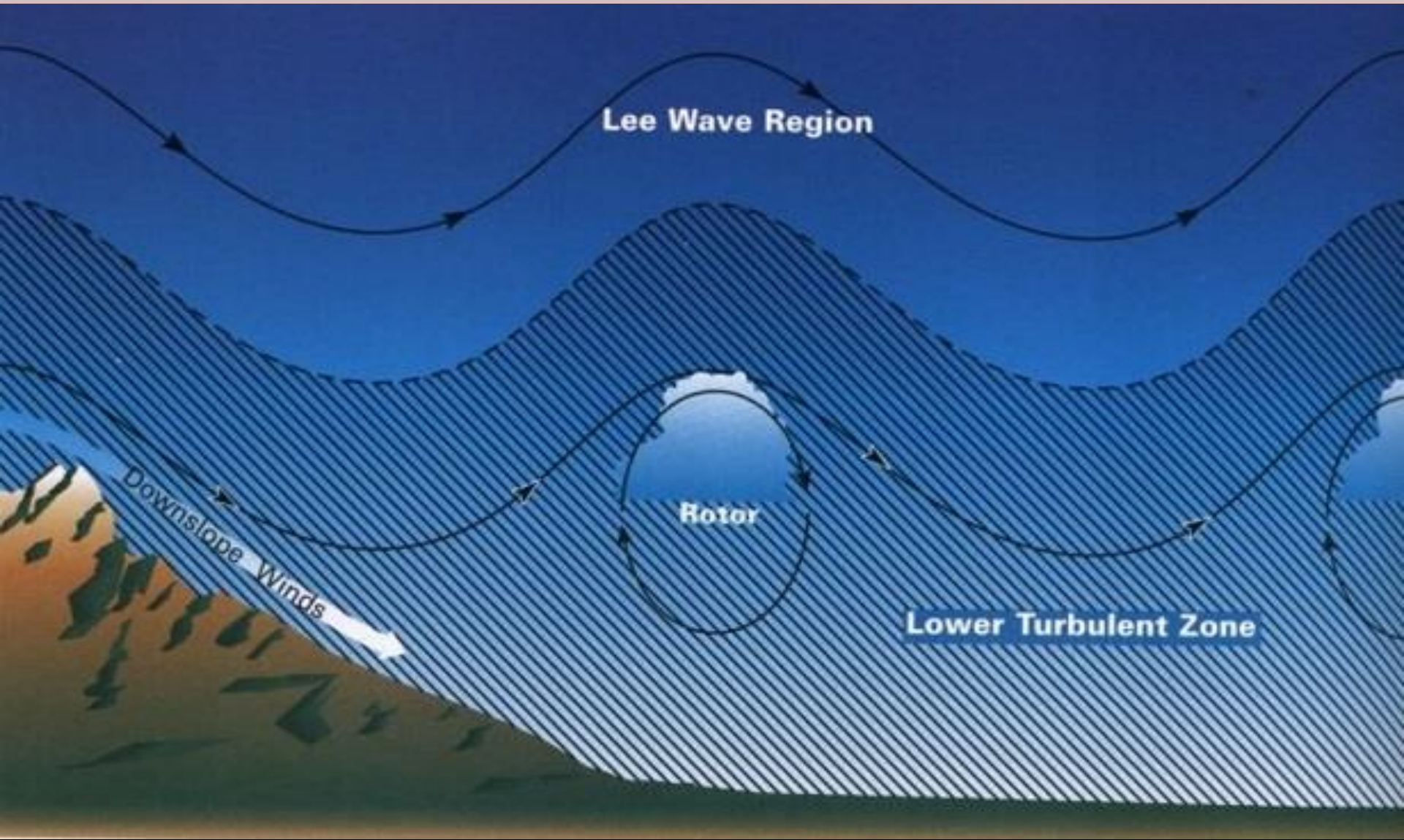
schéma vlny



První vlna je nejsilnější, každá další fáze se zplošťuje. Délka vlny závisí na mnoha faktorech, přibližně však platí, že každá další fáze vlny je v desetinásobku relativní výšky překážky. Skutečná délka vlny se počítá pomocí složitého vztahu.

Vlnové proudění

detail proudění na závětrné straně hřebene



Föhnová stěna na závětrné straně hřebene



Rotorová oblačnost za „hlavním“ hřebenem



Zásady létání v dlouhé vlně

- Zásady využití vlnového proudění řeší „Směrnice pro létání v dlouhé vlně“, kterou vydává každý, v jehož pracovním prostoru se využitelná vlna vyskytuje.
- Je dobré si připomenout, že proudění ve tvaru vln je v leteckém provozu považováno za nebezpečný jev a je na něj v souladu s předpisem L-3 Meteorologie (v návaznosti na Annex-3 ICAO) vydávána příslušnou meteorologickou službou výstraha. Létání v podmínkách proudění za horskou překážkou je náročné na dodržování bezpečnosti.
- Proto se také každý pilot, který chce ve vlně létat, musí se Směrnicí seznámit a absolvovat seznamovací let se zkušeným instruktorem.
- Každý prostor, ve kterém se vhodné podmínky pro využití vlny využívají, má svá specifika. To znamená, že v každém je nutné znovu absolvovat přípravu, studium Směrnice a seznamovací let. Tato zásada platí pro každého bez rozdílu právě proto, že jde o nebezpečný jev. Tedy i pro ty, kteří mají zkušenosti i ve svém „domácím“ prostoru.
- Výškové lety, tedy nejen ty v dlouhé vlně, jsou opravdu jen pro zkušené a zodpovědně se chovající piloty. V tomto bodě je třeba zdůraznit, že je nutné bez jakýchkoliv výhrad a rozdílu respektovat zásady a Směrnice pro výškové lety v každém prostoru k tomu vyhrazeném.

Nebezpečí spojené s výškovými lety – HYPOXIE

(stručná informace podle dr. Petra Došela z Ústavu leteckého zdravotnictví)

Výškové lety – dostupy nejen v dlouhé vlně – nejsou jen využitím příznivých podmínek pro dosažení vysněných sportovních výkonů. Bývají doprovázeny hypoxií.

- **hypoxie** je záludná a potenciálně velmi nebezpečná (*hypoxie: souhrnný název pro nedostatek kyslíku v těle či tkáních a tvoří ji čtyři skupiny*)
- nezkušený nebo příliš sebevědomý pilot ji rozezná jen velmi obtížně
- **hypoxii je třeba respektovat**

Příčiny podcenění hypoxie

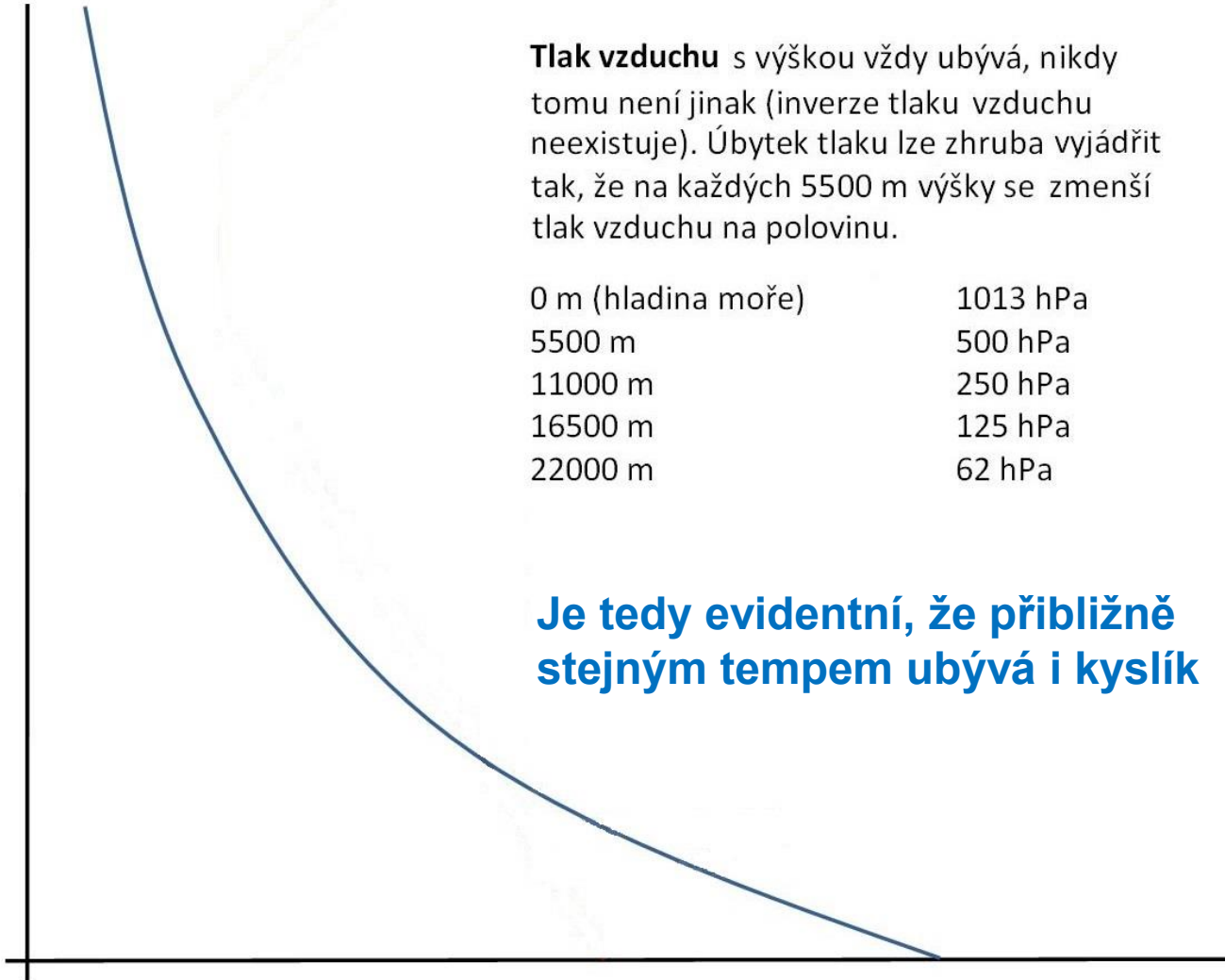
- ❖ nepřipravenost, nekázeň, přílišné sebevědomí, přecenění svých sil
- ❖ technické problémy s kyslíkovou soustavou
- ❖ nedůslednost při přípravě letu (jak letadla tak pilota)

Připomeňme si průběh tlaku s výškou:

Tlak vzduchu s výškou vždy ubývá, nikdy tomu není jinak (inverze tlaku vzduchu neexistuje). Úbytek tlaku lze zhruba vyjádřit tak, že na každých 5500 m výšky se zmenší tlak vzduchu na polovinu.

0 m (hladina moře)	1013 hPa
5500 m	500 hPa
11000 m	250 hPa
16500 m	125 hPa
22000 m	62 hPa

Je tedy evidentní, že přibližně stejným tempem ubývá i kyslík



Výška

Relativní obsah kyslíku

8848 m	33 %	
8000 m	36 %	
7000 m	41 %	
6000 m	47 %	Kritická zóna
5500 m	50 %	
5200 m	52 %	Pásmo neúplné kompenzace
5000 m	53 %	
4500 m	57 %	
4000 m	60 %	Pásmo úplné kompenzace
3500 m	64 %	
3000 m	68 %	Nad 3000m již mohou nastat potíže
2500 m	73 %	
1000 m	88 %	Indiferentní pásmo
Hladina moře - 0 m	100 %	

Nadmořská výška z hlediska hypoxie

Atmosféru můžeme rozdělit podle reakcí organismu na pobyt ve výšce na několik pásem:

0–2 km – indiferentní pásmo – člověk netrpí obtížemi a nemusí využívat kompenzační mechanismy

2–4 km – pásmo úplné kompenzace = kompenzační mechanismy (hyperventilace, zvýšená dechová frekvence) stačí pokrýt nedostatek kyslíku.

Nad 3 km již mohou nastat obtíže

Nad 4 km – pásmo neúplné kompenzace = kompenzační mechanismy nestačí, ve většině případů je nutné použít kyslíkový dýchač

Nad 6,5 – 7 km = kritická zóna => dlouhodobý pobyt není možný

Priznaky hypoxie

- **0 – 1500m:** bez obtíží
- **nad 1500m:** poruchy světlocitu
- **nad 2500m:** příznaky lehkého stupně, zhoršená koordinace, bolest hlavy
- **nad 3000m:** počínající euforie, zvýšení srdeční frekvence
- **nad 4000m:** euforie, lehká bolest hlavy, modrání nehtů a rtů, porucha jemných pohybů
- **nad 5000m:** úzkost, slabost, zrychlený dech a tep, vrávorání, počínající porucha logického myšlení, zpomalené reakce, přeceňování vlastní výkonnosti, nesouvislé a obtížné vyjadřování
- **7500m:** ztráta logického myšlení, křeče, ztráta vědomí!

Co může ovlivnit příznaky hypoxie

- rychlý pokles tlaku vzduchu (stoupání) a doba pobytu v prostoru
- přirozená odolnost – u každého je jiná a nedá se natrénovat
- teplota => chlad zvyšuje účinky hypoxie
- momentální zdravotní stav; již lehké nachlazení či rýma snižují odolnost vůči hypoxii
- nedostatek odpočinku, spánku, únava po fyzické i psychické zátěži

Doba užitečného vědomí

Čas, který uplyne od snížení tlaku kyslíku ve vdechovaném vzduchu, po který je člověk schopen racionální činnosti

Výška (km – ft)	aktivní činnost	klid
5,5 – 18 500	20 minut	30 minut
7,5 – 25 000	2 minuty	3 minuty
9,0 – 30 000	45 sekund	75 sekund

Jak reagovat při příznacích hypoxie

1. V první řadě je třeba si stále uvědomovat, kolik kyslíku máme k dispozici, tedy jak dlouho můžeme v kritických výškách létat. A pokud se jeho zásoby tenčí, musíme let ukončit a okamžitě zahájit sestup do bezpečné výšky (cca pod 3000m) a tím nežádoucí hypoxii předejít.
2. Prvním varováním hypoxie při stoupání přes kritické hladiny je zrychlený tep a pocit euforie. Pokud ho doprovází lehká bolest hlavy, měl by se let ukončit. Pokračujeme-li, přidávají se další příznaky.
3. Zrychlený tep zůstává, k bolesti hlavy se může přidat pocit „vrávorání“ jako při lehké opilosti. Zde je již jednoznačně třeba let ukončit.
4. Pokračujeme-li, přidává se modrání nehtů, zpomalené reakce a pokud se horizont jeví jako rozvlněná čára, je jasné, že kyslíku je tak málo, že musíme zahájit sestup pod 3000m.
5. Jestliže v těchto výškách potkáme dvojici letadel v těsné skupině => dvojitě vidění, je to jedno z posledních varování, že musíme sklesat.
6. Když se kolem nás zešeří a palubní desku vidíme jako na konci tunelu, je to poslední varování před ztrátou vědomí. Pokud okamžitě nezareaguje, „usneme“, a máme největší šanci, že se už nikdy neprobudíme

Výškové meze udané v předchozích snímcích jsou přibližné. Popsané příznaky jsou zevšeobecněnými zkušenostmi pilotů, kteří hypoxii prožili. Jsou různé a liší se podle aktuální zdravotní a fyzické kondice každého jednotlivce, každý ji vnímá jinak. Proto se její popis a zkušenosti s jejími projevy v různých výškách liší.

Při výškových letech je třeba být neustále v radiovém spojení s pozemní službou, která většinou podle probíhající korespondence dokáže blížící se příznaky rozeznat. V tom případě je nutné její pokyny bezvýhradně respektovat a let podle nich korigovat.

Při jakýchkoliv příznacích je třeba reagovat okamžitě, čím výše tím rychleji, protože si musíme uvědomit, že naše reakce jsou zpomalené. V řešení situace postupujeme podle druhu letadla a zásad pro vynucené přistání: vyvážit na těžký na hlavu, vysunout vzdušné brzdy, stáhnout plyn a pokud jsme v situaci těsně před ztrátou vědomí (šero a tunel), pustit řízení a doufat, že se kolem 2000m probudíme.

A ještě jedna zásada: při pozvolném stoupání cca do 1m/s se podle zdravotních dispozic může organizmus vzhledem k činnosti bez fyzické námahy postupné ztrátě kyslíku přizpůsobovat. O to je to nebezpečnější. Proto jakmile začneme přibližně nad 4000m používat kyslík, nesmíme s tím přestat! Jestliže přívod kyslíku z jakýchkoliv důvodů ustane, jeho absence znamená velmi rychlý nástup hypoxie. Čím výše, tím razantněji. I to mohla být příčina oněch dvou tragických nehod, o kterých byla zmínka na začátku této prezentace.

Příroda je moudrá. Létat bez kyslíku i přes Himaláje dokáže jen Husa tibetská a pak některé druhy kachen a čápů.



*Nesnažme se je napodobovat!
Nemáme na to!!!*



Oblačnost dlouhé vlny je krásná





Ještě hezčí je být blízko ní a užívat si klidného letu, proto létejme s respektem a rozumem, přátelé!



*Děkuji za
pozornost*