

# LRI Repüléstudományi és Tájékoztató Központ

KÉZIRAT GYANANT!

## EJTŐERNYŐS tájékoztató

1994/5-6

## **Mándoki Béla: Siklóejtőernyős repülés**

Bevezetés az elméleti és gyakorlati ismeretekbe

I. rész.

Készült: a LÉGIFORGALMI ÉS REPÜLŐTÉRI IGAZGATÓSÁG (Bp.-Ferihegy) megbízásából 1993-ban.

## TARTALOMJEGYZÉK.

BEVEZETŐ.....	3
A SIKLÓEJTŐERNYŐZÉS TÖRTÉNETE .....	3
LÉGIJÁRMŰISMERET .....	9
A siklóejtőernyő részei.....	9
A kupola.....	10
A zsinórzat.....	12
Hevederzet és beülő.....	13
Összekötő (csatoló) elemek.....	14
Mentőejtőernyő.....	15
A siklóejtőernyőre vonatkozó néhány alapfogalom.....	16
Beállítások a siklóejtőernyőnél.....	16
A siklóejtőernyő hajtogatása, szállítása és tárolása.....	17
A siklóejtőernyő javítása, karbantartása és ápolása.....	17
AERODINAMIKA.....	18
A profilon kialakuló erők.....	19
Sebesség és ellenállás.....	20
A siklóejtőernyő aerodinamikai stabilitása.....	21
Az áramlásleszakadás.....	22
A fordulás erőviszonyai.....	22
A sebességi poláris.....	23
METEOROLÓGIA.....	24
Alapismeretek és fogalmak.....	25
A légtömegek paraméterei.....	25
Az atmoszféra állapotai.....	27
Az időjárás és jelenségei.....	27
Turbulencia.....	32
Szellőkések.....	35
A felhők és a köd.....	38
Atmoszférikus frontok, ciklonok és anticiklonok.....	41
Az időjárás és a siklóejtőernyőzés.....	42

## BEVEZETŐ

A repülés ősi vágya az emberiségnek, amit sok kísérletezéssel - sajnos sok áldozattal is - megvalósított. De nem tette lehetővé az emberek tömeges repülését. Hiszen a repülés mindig is nagyon költséges tevékenység volt és az is maradt.

Talán ez volt a vitorlázórepülés, mint a légisport legnagyobb vonzereje szinte napjainkig. A korai vitorlázógépek, amelyeknél szabadon volt a pilóta, és gumikötéllal indították, igazi repülési élményt adott. Azóta a vitorlázórepülés igen komoly és drága technikai sporttá vált. A repülés szerelmesei és korabeli úttörői keresték az olcsóbb módot, amit a Rogallo-szárnyban meg is találtak.

Valóban, az első igazán jó repülési élményt nyújtó légi jármű a Rogallo-szárny (függővitorlázó, "sárkány") volt. Itt már hasonló érzete lehetett repülés közben az embernek, mint egy madárnak. Szabadon repül a levegőben, érzi annak áramlását, jól lát mindent, és a repülőgépekkel szemben nem zárt kabinban ül. A repülés eszköze azonban még mindig nehéz, terjedelmes, nem beszélve az új csúcsmodellek áráról.

Az ejtőernyőzés, amelyet két évtizeden belül nem fogadott be a légisportok családja, az 1952. évi első VB után viharos gyorsasággal fejlődött ki. Az ejtőernyősök már a századfordulón kísérleteztek az önálló felszállással, de ez csak az utóbbi évtizedekben valósult meg. Érdekes figyellel kíséri a két - immár önálló - sportág, a siklóejtőernyős repülés és az ejtőernyős ugrás egymáshoz való viszonyát. A siklóejtőernyős repülés első eszközei a légcéllás ejtőernyők voltak. Igen nagy volt a felfogásbeli különbség az ejtőernyősök és a siklóejtőernyősök között: az ejtőernyős ugró célja a kitűzött pont elérése, ehhez számára a merülősebesség, repült idő "felesleges" valami. Ezzel szemben a siklóejtőernyős pilóta fenn akar maradni a levegőben, őt a földetérés csak az utolsó pillanatban érdekli. És ezzel elkezdődött a két sportág elkülönülése, és paradox módon az egymásra hatása is.

A siklóejtőernyőzés úttörői - a függővitorlázó pilóták - a biztonságos ejtőernyőtechnika alapján a kezdeti időszakban először elfogadták, amit az ejtőernyős ugrók közel két évtizeden át gyűjtöttek. Ez hasznos volt annyiból, hogy merészen hozzányúltak a konstrukcióhoz: megváltozott a kupolák alaprajza, irányítása, beállítása, de a zsákutcákat sem kerülték el: gyenge technológiával veszélyes konstrukciók is születtek. Végül mégis visszatértek a bevált technológiához, a földetérési technikához, mentőejtőernyőhöz, és nem utolsó sorban a légi alkalmasság előírásához.

Ugyanakkor a siklóejtőernyőzés hat magára az ejtőernyőzésre is: az ejtőernyős ugrásoknál megjelentek a siklóejtőernyős repülés tapasztalatai alapján készült ugróejtőernyők.

A repülés igazán tömegsporttá válását a sokféle repülősportot magába ötvöző siklóejtőernyőzés tette lehetővé. Ez egyesíti magában az ejtőernyő kis tömegét a függővitorlázóhoz hasonló repülési tulajdonságokkal. A vele való repüléshez más repülősportokhoz képest rövidebb felkészülési idő szükséges. Így gyorsan repülési élményhez juttatja az embert, és a repülés vele viszonylag biztonságosabb.

Természetesen, mint az élet más területein, a tudást itt is meg kell szerezni, a repüléshez elengedhetetlenül szükséges ismereteket az erre a célra szerveződött iskolákban lehet biztonságosan elsajátítani. Az elméleti és gyakorlati alapvető ismeretekhez való hozzáférést kívánja megkönnyíteni ezen könyv is. És ha valaki éppen az elolvasása után kap kedvet a siklóejtőernyőzéhez, a munka már nem volt felesleges.

Budapest, 1993. július

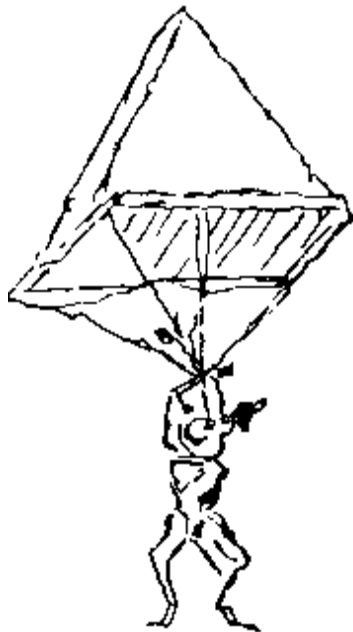
Kastély Sándor

## A SIKLÓEJTŐERNYŐZÉS TÖRTÉNETE

Az emberek repülés utáni vágya már az ókori görög mitológiában is kifejeződött. Hiszen Daedalosz és Ikarosz esete is ezt példázza. A mondák alapján feltételezhető, hogy a madarakat utánozva a testükre erősített szárnyakkal próbálkoztak, de mint tudjuk nem sok sikerrel.

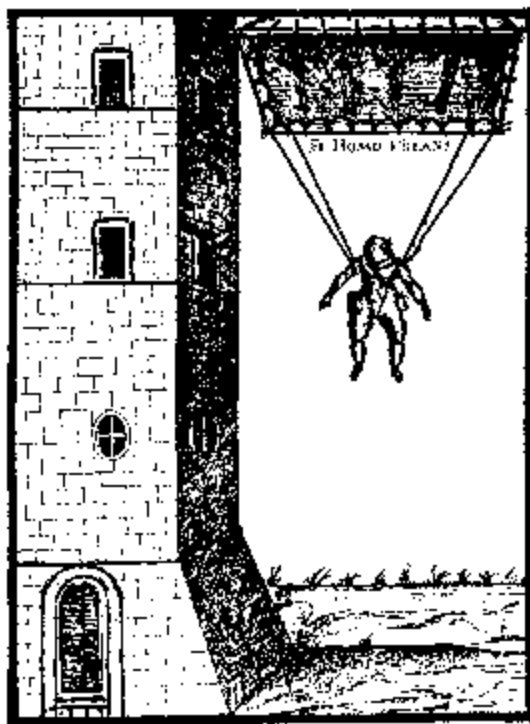
A repülés egy másik módjának a gondolata is hamar felmerült az emberekben. Ez pedig a magas helyekről - tornyok, sziklák, stb. - való sértetlen leérkezés. Ilyen esemény egyik első írásos dokumentuma az 1306-ból származó kínai feljegyzés, amely Fu-Csien császár trónralépésének ünnepi eseményeiről tudósít, ahol magas toronyból ugrottak le az artisták valamilyen ernyőhöz hasonló eszközzel. Annak az eszköznek az elvét, amely lassítani képes a test zuhanását a levegőben, először a XIII. század nagy humanistája Roger Bacon (1210-1293) fogalmazta meg. A De mirabili Potestate artis et naturae (1250) c. művében Bacon a repülőszervezetek elkészítésének lehetőségéről írt és rámutatott, hogy homorú felülettel lehetséges a levegőre támaszkodni.

Az első fennmaradt rajzot a mai értelemben vett ejtőernyő őseről Leonardo da Vinci készítette (1. ábra), amely tulajdonképpen egy gúla alakú fakeretre feszített vászonból állt. Sajnos nem tudjuk, hogy az általa elképzelt eszközzel végeztek-e ugrásokat.



1. ábra: Leonardo da Vinci ejtőernyő vázlata

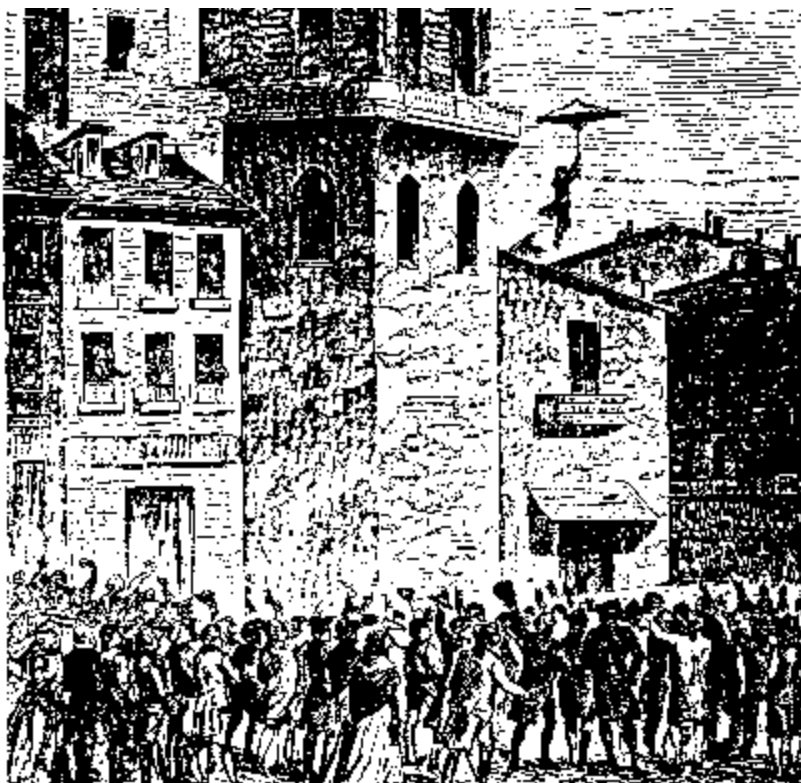
Fausto Veranzio velencei matematikus 1595-ben kiadja a *Machinae Novae* (Új gépek) című művét, amelyben elsőként foglalkozik az ejtőernyő fogalmával. Ugyan Leonardo da Vinci vagy száz évvel korábban készítette rajzát, de az csak a vázlatai között szerepelt, így nem volt mód széleskörben a megismerésére.



2. ábra: Faustus ejtőernyőjének vázlata.

Korunk ejtőernyőinek őstét valójában Josef Montgolfier találta fel 1777-ben. Az ötletet egy a kandalló fölé kiterített női alsószojnyának a felszálló meleg levegő általi felfújódása adta. Az ernyőjének kupolája félgömb formájú volt. Tizenkét egyenlő hosszúságú zsinórja egy fűzfakosarat tartott. Ernyőjével több ugrást végzett a háztetőről, mindig sértetlenül landolva. Ám rémült felesége eltiltotta a további kísérletektől, aminek engedelmességet a hőlégballon későbbi feltalálója.

Nem sokkal később 1783-ban egy francia - Sebastian Lènormand - is készített ejtőernyőt, amely kupolája kúpalakú vesszőfonatra feszített vászomból állt, felül kis nyílással, harminckét zsinórja fűzfakosarat tartott. Ejtőernyőjével egy magas toronyból ugrott le, igazolni akarván, hogy eszközével magas, égő házakat biztonsággal el lehet hagyni.



3. ábra: Lènormand első ugrása egy toronyból 1873-ban

A légi járművek következő családját a ballonok feltalálása jelentette. Ezekkel már nagyobb magasságba lehetett emelkedni, tehát az ejtőernyő mentőeszköz jellege előtérbe került. Ez döntően meghatározta a további fejlődést. Jean Pierre Blanchard 1785-ben elkészítette az első váz nélküli kupolát, amellyel még abban az évben ugrásokat is végzett. Később egy balesete után felhagyott a kísérleteivel.

Garnerin már tudományos igényességgel látott hozzá az ejtőernyő fejlesztéséhez. Egyik újítása volt a kupolaközép kinyitása, annak stabilitását biztosítandó. Elsőként vállalkozott 1797-ben nagyobb, u.n. "szállóernyővel" leugrásra. Szándékosan felhasította a gázballon burkolatát, és a tartóhálóra feszülő anyag szolgált ejtőernyő kupolaként.

Tovább folytatódott az ejtőernyő korszerűsítésére irányuló komoly munka. Érdekes gondolatot vetett fel 1834-ben az angol George Cayley. Meg volt győződve arról, hogy az a kúp, amelynek csúcsa nem felfelé, hanem lefelé irányul biztosíthatja az ejtőernyő stabil merülését. Az elv helyes volt, de a megvalósíthatósága nehéz feladat.

Az első 3000 méteres magasságból, ballomból végzett ugrást, 100 méteres nyitási késleltetéssel, 1819-ben a francia Charles Guille végezte New York City fölött. A levegőnél nehezebb repülőgépek feltalálása még jobban kidomborította az ejtőernyőnek, mint mentőeszköznek a jellegét. Repülőgépből Grant Morton ugrott ki először Kaliforniában 1911-ben. További fejlődése során az ejtőernyőt úgy látványos bemutatók, mint a haditechnikai alkalmazások eszközeként felhasználták. A kupolán megjelentek a különböző nyílások, rések, amelyek a vízszintes haladást és annak irányíthatóságát tették lehetővé.

A sporteszközzé válása 1938-39-ben kezdődött, és a 2. világháború után lendült fel. Az első világbajnokságot 1951 augusztusában rendezték Jugoszláviában. Ezen tulajdonképpen a le- vagy le sem szerelt katonák vettek részt dezzantos ernyőikkel.

Az ezt követő időszakban gyors fejlődésnek indult az ejtőernyők konstrukciója, és az ejtőernyőzés technikája is úgy a polgári életben, mint a katonai területen. Kialakult az ejtőernyős versenyek nemzetközi és regionális rendezvényeinek módja, időpontjai, valamint elkülönültek az egyes versenyzési formák.

Ezekhez megalakultak a szervesen illeszkedő szervezetek is, amelyek kialakították a működéshez elengedhetetlenül szükséges oktatási, lebonyolítási, értékelési és biztonságtechnikai szabályokat.

Formáját tekintve hosszú ideig az u.n. körkupolást ejtőernyő volt az egyeduralkodó. Ezt a hagyományt szakította meg a az amerikai Para-Foil cég 1964-ben, amikor megjelent első négyszögletes, alakja miatt "paplan-ejtőernyőnek" becézett konstrukciójával. Ennél a kupola már alsó és felső részből állt, amelyeket párhuzamos válaszfalakkal kötötték össze. Nyitás után a levegő torlónyomása felfújta ezeket a "hurkákat", ezzel szárnyprofilhoz hasonló formát adva a kupolának. A konstrukció döntő áttörést jelentett az ejtőernyő irányíthatósága és horizontális mozgási lehetősége tekintetében. Jelentősen hozzájárult a katonai és sportbeli alkalmazhatóság hatékonyságához, és a mi szempontunkból pedig nélküle ki sem alakulhatott volna kedvenc sportunk a siklóejtőernyőzés. Ennek lényeges momentuma volt az, amikor 1964-ben Dan Poynter ejtőernyős szakértő először startolt az u.n. légcéllás ejtőernyőjével nem repülőgépből, hanem a földről - a sárkányrepülőknél szokásos módon - gyalogstarttal. Ezzel elindult egy történet, egy új sportág megszületése, melynek krónikáját még ma is írják.

Visszatekintve elmondhatjuk, hogy a siklóejtőernyőzés rendkívüli népszerűsége tette szert, és a terjedése még napjainkba is töretlen. Mi a varázsa ennek? Alapvető az emberek repülés utáni, azaz a földhözköttöttségtől való megszabadulás vágya. Ennek egyszerűen, biztonságosan és tömegmérétekben megvalósítható módja eddig nem volt. Mindezeket most elérhetővé tette a siklóejtőernyő.

Mire a siklóejtőernyőzés elkezdődött, addigra a sárkányrepülés már jelentős fejlődési múltra tekinthetett vissza. Ennek, valamint az ejtőernyőzés évszázados tapasztalatainak köszönhetően, a siklóejtőernyők anyagainak és gyártási technológiáinak nem kellett nulláról indulnia. Tehát a fejlődés is gyorsabb ütemben történhetett.

Kezdetben a légcéllás ugrőejtőernyőket használták, de hamar kiderült, hogy speciális siklóejtőernyő kifejlesztése szükséges. Az első gátló tényezőként jelentkezett annak kis siklószáma. Felhajtószél nélkül csak nagyon meredek lejtőn lehetett vele repülni. Ez önmagában is veszélyes, nem beszélve a kezdeti korszak tapasztalatosságáról. A siklóejtőernyősök három területről verbuválódtak: repülőöskből, ejtőernyősökből és repülésen kívüliekből. A repülőöskök tudtak repülni, de nem tudtak ejtőernyőzni; az ejtőernyősöknél éppen fordítva volt; míg a harmadik kategóriások egyiket sem tudták. Viszonylag a legtöbb tapasztalattal a korábbi függővitorlázó pilóták rendelkeztek, de a siklóejtőernyőzés specifikus tapasztalatainak megszerzése még nekik is hátra volt.

Újabb problémát jelentett - és okoz még ma is - hogy nem mindenhol vannak hegyek, azaz a síkvidékeken lakók is szeretnének repülni. Ezért a sárkányvontatáshoz hasonlóan, már a korai időszakban megpróbálkoztak a siklóejtőernyő vontatásával. Sajnos gyakran nem ismerkedtek meg a sárkányok vontatásakor elkövetett hibákkal, tehát újra átestek a kezdeti gyermekbetegségeken. Amelyeknek gyakran, - időnként halálos - baleset, lett a következménye.

A siklóejtőernyőzés úttörői még otthon, sajátkezűleg készítették légisporteszközüket. Ekkor még túlsúlyban a kísérletezések voltak, a tudományos megközelítés csak később jutott szóhoz. Ezeknek az úttörőknek egy részéből az idők során profi siklóejtőernyő gyártó lett, és jó részük még ma is az élvonalhoz tartozik. Hatalmas mennyiségű tapasztalat gyülemlt fel náluk, hiszen jó ideig az elképzeléseiket saját maguk próbálták ki, nem kevés veszélyt vállalva.

A kezdeti korszaktól napjainkig a siklóejtőernyők jelentős változáson mentek keresztül. A fejlődés természetesen nem mindig volt töretlen, voltak kitérők, zsákutcák, de tendenciáját tekintve a fejlődés jelentős, amit két fontos tényező határoz meg: az egyik a teljesítőképesség növekedése, a másik pedig a légijárművek biztonságossága. A fejlődést kikényszerítő tényezők közül az egyik a felhasználók elvárásai, a másik pedig a gyártók versenye a siklóejtőernyők piacáért. A biztonságosság kérdése oly annyira döntő, hogy ma már szinte minden országban, hasonlóan más légijárművekhez, hatóságilag szabályozott.

A siklóejtőernyő változásait tekintve, a kezdeti légcéllás ejtőernyő gyorsan átlalkult. Formáját tekintve a zömök téglalapból hamarosan karcsú négyszög lett. Majd elkezdett lekerekedni, míg végül kialakult a majdnem általánosnak tekinthető elnyújtott elliptikus forma. A feltöltődési, illetve formatartási képességek javítására különböző merevítők jelentek meg. Dívatos irányzatok tűntek fel, mint amilyen pl. a "fecskefarok"



volt , majd tűntek el újra. Megnövekedett a zsinórok száma, drasztikusan lecsökkent az átmérőjük, hosszuk hol nagyobb lett, hol rövidebb. Megjelentek a különböző állító szerkezetek, amelyekkel még repülés közben is meg lehetett változtatni a siklóejtőernyő repülési tulajdonságait. A kezdetben alkalmazott ejtőernyős hevederzetet felváltotta a speciális ülőhevederzet, hiszen a repülési időtartam növekedésével az már kényelmetlenné vált. Készítettek u.n. fekvőhevedereket is - a függővitorlázókéhoz hasonlóan - de nem igazán váltak be.

Ahogy a siklóejtőernyők változtak, megtörtént ez a siklóejtőernyőző pilótákkal is. Mint az élet más területein, itt is kialakultak a profik kisebb, és az amatőrök szélesebb tábora. Ezen két kategórián belül még további tagozódás is bekövetkezett. Így a profik egy része oktató, másik része versenyző, a harmadik része tesztpilóta lett. Természetesen egy személy is megtestesítheti mindegyiket. Az amatőrök kezdőkre, és haladókra oszlanak. Vagy osztályozhatók a repülések gyakorisága szempontjából őket, azaz gyakran repülőkre és alkalomszerűen repülőkre.

Mint minden újdonságot, ezt is megvizsgálták haditechnikai alkalmazhatósága szempontjából. A tapasztalatok azt mutatták, hogy az u.n. távolfelderítésre kiválóan alkalmas. Ezért több ország hadseregében rendszeresítették.

A siklóejtőernyőzést, mint a repülés egy új módszerét mind a Nemzetközi Repülőszövetség, mind pedig az egyes országok légügyi hatóságai elismerték, és besorolták a repülőeszközök nagy családjába. Hivatalos regionális és nemzetközi versenyeket rendeznek úgy a pilóták és országok, mint a konstrukciók számára. Mára már kialakultak a versenyfajták, valamint az egységes versenyszabályok. Tehát megtörtént a sportok nagy családjába a beilleszkedés. Hivatásos repülőiskolák gondoskodnak a repülésre vágyók biztonságos képzéséről. Kifejlődött a speciális anyagokat és a készülékeket előállító ipar is.

Itt kell megemlítenem egy, az általam gyakran alkalmazott fogalom, a "légijármű" kifejezés (Definícióját lásd a légijogról szóló fejezetben.) bizonyos hazai vonatkozását. Magyarországon a függővitorlázót a légijárművek közé sorolták be, amely így azonos jogokat biztosított számára, mint a többi légijárműnek, az utasszállítótól a katonai repülőgépekig bezárólag. Ez korábban bizonyos vonatkozásokban (repülésbejelentési eljárások) hátrányos volt, de az egész ország légtere szabad volt, másokkal azonos jogokkal. Azokban az európai országokban, ahol "nem vizsgaköteles légijárműként" sorolták be, ott a korlátozások rezervátumokba szorították őket, a távrepüléshez pedig komoly engedélyezési eljárásokat igényelnek.

Végezetül néhány szót a versenyekről. Mint más sportágakban szokásos, itt is kétféle területen versenyeznek: versenyrendezvényen a kitzűzött feladatok legjobb elvégzése, illetve rekordok felállítása területén. A rekordokat tekintve a siklóejtőernyősöknél elsősorban a távolsági- és időtartam repülés jön számításba.

A siklóejtőernyőzés fejlődésével a rendezett versenyeken a sárkányrepülésben kialakultak kerültek előtérbe, mégpedig az időmérés módjától függően:

*speedrun*: minden résztvevő repülési idejét a felszállástól a célvonalon való átrepülésig egyénileg mérik. Felszállni egy meghatározott időintervallumban szabad (startablak - open window).

*race*: az időmérés mindenkinél egyszerre kezdődik, az nyer aki elsőnek ér a célba.

*rajt-cél repülés*: meghatározott fordulópontokat érintve kell visszatérni az azonos rajt-cél pontra, azaz a rajtvonal melletti célvonalra.

*háromszögrepülés*: a rajt és a cél között két meghatározott fordulópontot kell érinteni előírt sorrendben. Az u.n. FAI-háromszögnél a rövidebb befogó minimálisan a teljes hossz 28%-a kell hogy legyen. Ha ez nem áll fenn, akkor azt "lapos" háromszögnek nevezik, és az ilyen pályán elért rekordokat nem hitelesíti a FAI (Nemzetközi Repülőszövetség).

*bójarepülés*: sokszögletű repülési utat kell megtenni, amelyet bójákkal tűznek ki.

*célrepülés*: meghatározott célhelyet kell elérni.

*távrepülés:* minél távolabbra jut el valaki (légvonalban mérve), annál jobb a helyezése.

Az utóbbi két feladatnál nem történik időmérés. Az összes többit *speedrun*-ként vagy *race*-ként lehet kiértékelni, azaz a feladatot teljesítők közül a legrövidebb időt elérő nyer. Akik nem jutnak el a célig, azoknál a megtett távolságot értékelik, az időt nem mérik.

A fordulópontok elérését dokumentálni kell, legtöbbször fényképezéssel. A korábbi integetős módszer kiment a divatból.

Egyes versenyek rendezői, a nézők számát növelendő, látványosabbá kívánják tenni azt, ezért - a nemzetközi ajánlásokat gyakran figyelmen kívül hagyva - olyan kiegészítő feladatokat is beiktatnak, mint amilyenek pl. egy repülő ballon lábbal történő megérintése (touch and go), vagy bizonyos tárgyak célbadobása.

Végezetül még egy lényeges szempontról kell szólnunk, amiért népszerűvé vált ez a sport. Ez a sporteszköz - siklóejtőernyő - szállítási mérete és tömege. Elfér egy hátizsákban, vagy bármelyik autó csomagtartójában. Nincs szükség hangárra, speciális szállítóautóra mint a vitorlázó repülőknél, vagy tetőcsomagtartóra, mint a sárkánynál. S ekkor a költségekről még nem is szóltunk.

Az olvasóban, eljutva a történetben idáig, okvetlenül felmerül még egy kérdés: mennyire veszélyes ennek a sportnak a gyakorlása? A statisztikai felmérések alapján igen jó a helyezése a sportok között, hiszen biztonságosabb, mint pl. a labdarúgás. Azonban az igazi válasz erre az, hogy mint a legtöbb sportnál, itt is érvényes: a veszély forrása szinte mindig maga az ember.

## LÉGIJÁRMŰISMERET

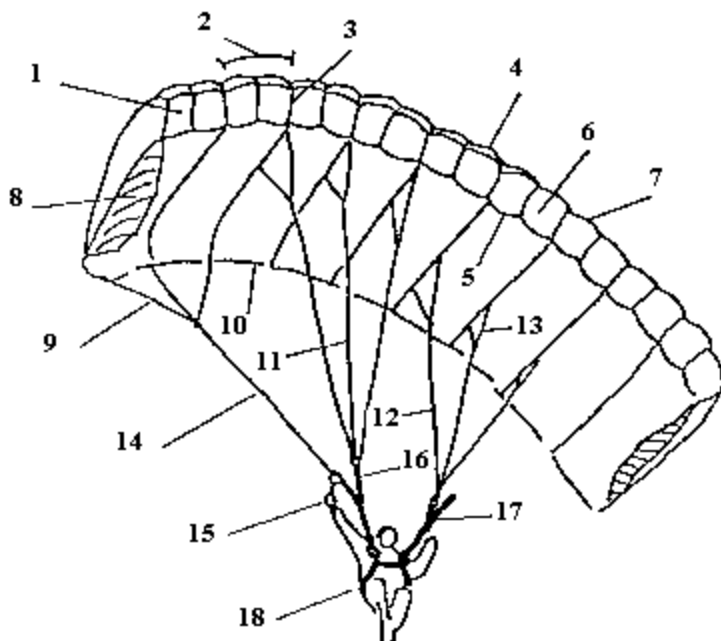
### ***A siklóejtőernyő részei.***

A siklóernyő lényegében négy fő részből áll:

- kupola
- zsinórzat
- hevederzet
- csatolóelemek (karabínerek , csatok, ...)

Egy átlagos kialakítású siklóejtőernyő vázlatát látható a 4. ábrán. Az ábra számozása alapján ezek a következők:

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. kamra                   | 10. kilépőél           |
| 2. cella                   | 11. elülső zsinórok    |
| 3. cellaválaszfal          | 12. hátsó zsinórok     |
| 4. felső kupolarész        | 13. zsinórelágazás     |
| 5. alsó kupolarész         | 14. fék(kormány)zsinór |
| 6. belépőél nyílása        | 15. fékfogantyú        |
| 7. belépőél                | 16. elülső hordheveder |
| 8. stabilizátor            | 17. hátsó hordheveder  |
| 9. elágazó irányító zsinór | 18. ülőheveder, beülő  |



4. ábra: egy átlagos siklóejtőernyő képe és az egyes részek elnevezése.

### A kupola.

A kupola alsó- és felsőrészből áll, melyek függőleges bordákkal vannak összekötve. A két szomszédos zsinórbekötési hely közötti részt cellának, az ezen belüli fallal elválasztott részeket kamrának nevezzük. Általában egy cella két kamrára van osztva. A kamraválaszfalak kiegyenlítő nyílásokkal vannak ellátva a kupola egyenletes feltöltődése érdekében. A kamrák a belépőnél vagy alatta nyitottak, a kilépőnél zártak. Ez teszi lehetővé, hogy a beáramló levegő torlónyomása kifeszített állapotban tartsa a kupolát. A feltöltődést megkönnyebbitendő, merevítik a belépőlt. (Korábban, a kezdeti ejtőernyős alkalmazásoknál a kupolanyitás biztosítása érdekében a kupola alsó felén, ott ahol repülésközben a nyomás közelítőleg nulla értékű, két darab kb. 0,1 m<sup>2</sup> nagyságú "ablak" volt vágva, ami elősegítette a kupola feltöltődését függőleges mozgás közben is.)

A kupola alakja kezdetben téglalap alakú volt, de az utóbbi időben a nagyobb sebesség elérése és a jobb aerodinamikai kialakítás (szárnykarcsúság) érdekében áttértek az elliptikus formára. Az elliptikus forma kialakítása egyértelművé válik, ha megvizsgáljuk a szárnyon keletkező felhajtóerő megoszlását. Belátható, hogy a szárny körüli (feletti-alatti) légáramlás csak a középső részen esik egybe a szárny hűrjának irányával. Ahogy közeledünk a szárny vége felé, úgy kezd a levegő "kitérni", azaz a lehető legrövidebb úton kiegyenlíteni a profil feletti "szívást" és az alatta lévő "nyomást". (Ez a kiegyenlítés vezet a szárnyvégörvény kialakulásához.) Végeredményben a szárny közepén maximumot kapunk a felhajtóerőből, a szélén pedig nulla - a megoszlása pedig elliptikus. Az aerodinamikuskok ezt felismerve elhagyták a "felesleges" kupolarészt: maradt az elliptikus alaprajz, mint a leggazdaságosabb forma.

A kupola alakjáról szólva, meg kell említeni a zsinórok hossza által meghatározott szembenézeti alakot is, ami jellegzetesen domború, erősen lehúzott végekkel. Ennek is megtaláljuk a magyarázatát, ha egy cellát vizsgálunk. A cellára ható felhajtóerő merőleges a kupolafelületre, és a cellát szegélyező zsinórok összetartanak (a hevederhez). Ha most elágazó zsinórt veszünk, akkor ez az összetartó pont közelebb kerül a kupolához, és a zsinórerők feszítávirányú (cellairányú) összetevői össze akarják csukni (nyomni) a cellát. Ezzel szembe csak a cellán belüli torlónyomás hat, ami viszont sebességfüggő. Tehát, ha az Y-elágazás rövid, vagy nagy kupolarészt (nagyobb méretű cellát) fog át, a kupola "harmonika"-szerű

becsukódásra válik hajlamossá. Ugyanígy keresztirányú összecukódást okoz a megnövekedett terhelés (pl. fordulóban), illetve a kisebb sebesség (alacsonyabb torlónyomás) is.

Ha a kupola végét tekintjük, az erőjáték lényegesen módosul. Vegyünk példának egy teljesen kiterített, lapos kupolát. A felhajtóerő a kupola fölött elliptikus eloszlású, tehát közel a kupola széléhez alig különbözik a nullától. Ha most olyan irányú a zsinór (vagy terhelés), aminek van feszítv irányú összetevője, a kupolavég (a torlónyomás nagyságától és a cellefalmérettől függően) hajlamos lesz a becsukódásra.

A probléma megoldása kézenfekvő: ha úgy meghajlítjuk a kupolát (a repülésben ismert negatív "V" állásba visszük), hogy a zsinórok által képviselt húzóerőnek ne legyen befelé, a cella belseje felé mutató összetevője, akkor csökken a cellabecsukódási hajlam. Ezt a hatást azzal fokozzák, hogy a zsinórhosszakat a szélek felé arányosan csökkentik. (Ezt sokszor "rejtetten" teszik, leginkább technológiai okokból, vagyis hogy ne kelljen különböző zsinórhosszakat alkalmazni, ezért a kupola alá nyúló, változó méretű felfüggesztő háromszögeket, úgynevezett "flare"-eket használnak.)

A jobb iránytartás és a szárnyvégörvény (ellenállás) csökkentése érdekében a kupolát ellátják a széleken lefelé nyúló felületekkel. Ezeket stabilizátoroknak, vagy röviden "stab-lap"-oknak nevezik.

Egyes ernyőknél a profilhúség növelése érdekében a belépőéltől kiindulva, bizonyos hosszon a cellaválaszfalakat is merevítik. Egyes kupoláknál a szélső cellákat zártra készítik, s azok feltöltődése a szomszédos cellafalak kiegyenlítő nyílásain keresztül történik, ami természetesen kissé lassítja a kupola teljes feltöltődését.

A kupola napjainkban kizárólag műanyagszövetből készül, leggyakrabban poliamidból vagy poliészterből. A szövés során mindkét irányban kb. 5 mm-enként erősített szálat alkalmaznak, miáltal beszakadás esetén csökkentik a továbbszakadás lehetőségét (u.n. hálóerősítésű vagy karkasz, illetve "ripstop" anyag). A jó kupolaanyag nulla a légáteresztése, és ezért az ilyen anyagokat a szövés után még kalanderezik (meleg hengerek között préselik), és különböző tulajdonságjavító bevonatokkal (műanyag film, szilikonréteg, stb.) látják el.

Rendkívül fontos a kupola (ugyanígy a hevederzet) varrása. A korai siklóernyőknél hamar feltűnt az u.n. "vitorla technológia", azaz az átlapolt anyag cikk-cakk varrásos egyesítése. Azonban napjainkban már újra visszatértek a sok évtizede bevált ejtőernyős technológiához: visszahajtott egyesített felületek, kétsoros öltéssel. (5. ábra)



5. ábra: a kupola varrasi módja.

A másik figyelemreméltó, az ejtőernyőre jellemző dolog a varrásnál az alapanyagtól eltérő színű cérna alkalmazása. Ez lehetővé teszi, hogy a sérült varrást egyszerű rátekintéssel is fel lehet fedezni - ami a biztonságot szolgálja.

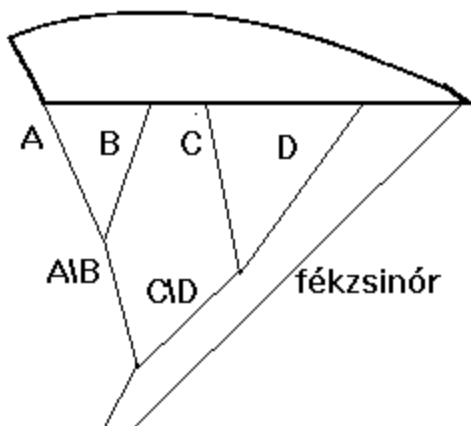
Ha magunknak választunk ejtőernyőt, akkor jól tájékoztat a gyártó szakképzettségéről és megbízhatóságáról egy sor, az ejtőernyő technológiában bevált elem:

- többszörös varrás esetén az azonos nyomvonalon való újravarrás gyengíti az anyagot,
- sűrű öltés az anyag gyengítése mellett még a rugalmasságot is csökkenti, így onnan indulnak ki a szakadások,

- a beakadásra hajlamos részek (például, zsinórcsatlakozási pont) a zsinórirányú terhelés felvétele mellett, kiszakadás ellen is biztosítva vannak.

### A zsinórzat.

A zsinórzat feladata a kupola és a hevederzetben lévő pilóta közti teherhordó kapcsolat olyan biztosítása, hogy a kupolára a pilóta által képviselt terhelés átvitele a lehető legegyszerűsebb legyen. A kormányzsinórok pedig az ernyő irányítását (fékezését) teszik lehetővé. Egy hagyományos építésű ejtőernyő zsinórzati kialakítása látható a 6. ábrán.



6. ábra: a zsinórzat csoportosítása egy hagyományos építésű siklóejtőernyőnél.

A zsinórok száma egyben az ejtőernyő minőségét is meghatározza, és 40 - 120 között van. Mint az ábrán látható, keresztirányban négy, esetleg öt sorban futnak a kupolához. Jelölésük az ábrán lévő betűzések szerint történik. A zsinórok bekötési helyeit úgy választják meg, hogy a terhelésnek hozzávetőleg 3/4 része az A és B zsinórsorra essen. Az egy sorban lévő zsinórok hossza azonos, a kilépő felé haladva pedig növekvő. A hosszmetkülönbségek határozzák meg a kupola állásszögét és a pilóta helyzetét.

A zsinórok hossza a siklóejtőernyőknél érdekes változáson ment keresztül. A korai, ugróejtőernyőknél a zsinórhossz a feszítávnál jóval nagyobb volt, és így a kupola elég laposan terült ki. Később a fordulékonyág érdekében elkezdtek csökkenteni a zsinórhosszakokat, mígnem eljutottak közel a feszítáv 1/3-ának megfelelő hosszra - itt már a kupola kinyílása volt a határ. A siklórepüléshez használt zsinórok újra hosszúak lettek: erre kézenfekvő magyarázat, hogy a felszállásnál a szélgradiens miatt kedvezőbb feltételek közé kerülhet a kupola.

A zsinórszámot csökkentő Y (elágazó) zsinórok az ugróejtőernyőkön hosszában helyezkednek el, míg a siklórepüléshez használt kupoláknál már keresztben ágaznak el, ami kedvezőtlenebb a cella keresztirányú becsukódása szempontjából, viszont ezt keskenyebb cellákkal, nagyobb számú zsinórral kompenzálják.

Minden siklóejtőernyőn két fék(kormány)- zsinór van, melyeknek egyik vége többszörösen elágazóan a kilépő két széléhez csatlakozik, míg a másik vége a hátsó hordhevederek vezetőszerkezetein átbújtatva a fékfogantyúhoz. Ezeknek a hosszát mindig az illető pilótához illesztve kell pontosan beállítani.

A zsinórok átmérője 1,2 - 5 mm között változik, anyagától függően. Készítési módját tekintve fonatoltak vagy köpenymagosak (csőszerűen szövött, benne "magzsinór") lehetnek. Általában az előbbi módon készülnek a fékzsinórok, az utóbbi szerint pedig a többiek.

A sodrott zsinórok teljességgel alkalmatlanok ejtőernyő céljára, mert azok terhelés hatására "kipörögnek", és ez összeakadáshoz vezethet. A szövött zsinór elég mérettartó, tehát kevésbé rugalmas,

és a tömör felépítése révén a megfelelő szilárdság és szilárdsági tartalék a koptatást is figyelembe véve (ami a fékek húzogatóásával jár) biztosítható. Ezen kívül az összevarrás kivitelezhető, ami a sokelágazásos fékeknel egyáltalán nem közömbös. A köpenymagos zsinór előnye a tetszőleges magzsinór fajta (pl. kevlar vagy egyéb nagyszilárdságú anyag) alkalmazása, ugyanakkor a technológiai kezelhetősége (varrás, csomózás) megfelelő. (Az ejtőernyősök által elterjedten használt PO-9 típusú légcellás ejtőernyők többsége szőtt kevlar zsinórral készült, és a zsinórméret beállítása után, mivel a kevlar nem olvad, a kötések felett "szép" bojtok alakultak ki.)

A kupolához hasonlóan a zsinórok is műanyagból készülnek, leginkább poliamidból, poliészterből, polipropilénből, speciális polietilénből (Spectra márkajelű) és kevlarból. A zsinórok teherbíró képességét a szakítószilárdságukkal jellemzik. Pl. egy 5 mm-es poliamid zsinór szakítóterhelése 165 kg; 2 mm-es kevlaré 150 kg; 2 mm-es polipropiléné 100 kg.

A zsinórok száma, mérete és a tömege (g/m) meglepő módon nagymértékben befolyásolja az ejtőernyő tömegét. Ha azt nézzük, hogy egy 25 m<sup>2</sup>-es kupolánál, amelybe kb. 60 m<sup>2</sup> anyagot építettek be, az anyag területi sűrűségének 5-10 grammos csökkentése vagy növelése csak 0,3-0,6 kg változást jelent, míg a zsinórzat folyóméter tömegének 1 grammos változása is legalább 0,2-0,3 kg-os változást jelent egy átlagos siklóejtőernyőnél.

Fontos: a zsinórokra kötött csomó csökkenti annak szilárdságát! Ezért a rögzítésüket hurkolással, különleges csomózással, vagy varrással végzik.

### **Hevederzet és beülő.**

A hevederzet szolgál a pilóta felfüggesztésére a zsinórzon keresztül a kupolához. Funkciói a következők: kényelmes legyen a testen, biztosítsa a kényelmes testtartást, -helyzetet a levegőben és a földetéréskor egyaránt, a fellépő terhelést (pl. mentőejtőernyő nyitásakor) egyenletesen ossza el a testen, biztosítsa kiesés ellen, ugyanakkor szűkség esetén gyorsan levehető legyen (fáraesés, vízbeszállás esetén), ezért a csatok egy kézzel nyithatók legyenek rajta, és nem utolsó sorban kellő szilárdságú legyen. Ez a "kellő szilárdság" rendkívül fontos dolog. Gondoljunk csak el, a hevedert éri legtöbbet a napfény, bukásnál dörzsölődik, mindenbe elakad, tehát az új hevedert sokkal szilárdabbnak kell készíteni, mert a használat során csak gyengülni fog. (Ha valakinek kétségei vannak a hevederrel kapcsolatosan, nézzen meg példának egy ugróejtőernyő hevedert.)

Igen nagyszámú változatát készítik, de lényegében működési elvüket tekintve háromféle rendszerről beszélhetünk.

Az első változat a merev ülőfelülettel ellátott ülőhevederzet. Ebben a pilóta felegyenesedve ül mint egy széken. Előnyös hosszú repülésekhez, kényelmessége miatt.

A második változat az ejtőernyős ugrók jól ismert hevederzete. Előnye elsősorban a fel- és leszálláskor jelentkezik, a szabadabb mozgási lehetőség következtében, de hosszabb repülés esetén fennáll a lábak elzsibbadásának veszélye.

A harmadik a fekvőhevederzet (Supine - hevederzetnek is nevezik), amely annyiban tér el az ülőhevederzettől, hogy háthevederének kialakítása következtében a pilóta félig hátontfekvő helyzetbe kerül, közben a lábait a repülési irányban lábkeggyel tartja fenn. Ettől a helyzettől lényegesen kisebb légellenállást vártak, amit a mérések nem nagyon igazoltak. (Kérdéses lehet még a nyak elfáradása is hosszabb repülésnél!)

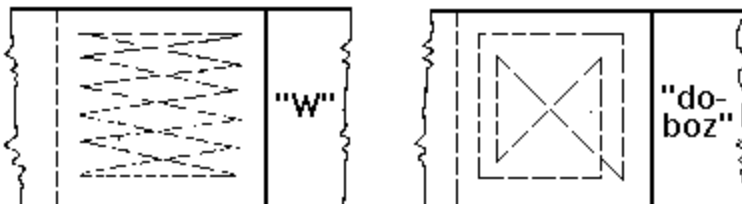
A hevederzetek, mivel nem vagyunk egyformák, állíthatók, és az állító elemek biztosítottak. A hordhevedereket u.n. trimmelőkkel is felszerelik, amelyekkel azok hosszát, ezzel együtt a siklóernyő állásszögét, lehet menetközben változtatni. Az előlő hordhevederen lévő trimmelőt általában lábbal, ha van lábtartó, míg a hátsókon lévőket kézzel lehet állítani. Az első az A/B, a hátsó a C/D zsinórokat állítja. Az állásszög változás sebességváltozást eredményez.

A hevederek anyaga megegyezik a zsinórok anyagával, szilárdsága 1200 - 2000 kg .

A hevedereknél nagyon fontos jellemző - a kupolánál is - az ejtőernyő technológia:

- a heveder legyen olyan széles és merev, hogy elkerülhető legyen a véletlen, észrevétlen megcsavarodása,

- a varrások elüti színű cérnával készüljenek, valamint kialakításuk W típusú legyen ( az u.n. "doboz"-varrás gyengíti az alapanyagot). (7. ábra)



7. ábra: a helyes és helytelen hevedervarrási módok.

- a legfontosabb heveder, amelyhez a felfüggesztő heveder csatlakozik, egy darabból készüljön. Általában minden tartóheveder olyan legyen, hogy az egyes varratok elszakadása esetén se eshessünk ki belőle (azaz a háton vagy az ülésnél nem "helyettesítheti" párna a hevedert).

- olyan kényelmes legyen, hogy sehol sem szorítsa el a vérkeringést (különösen veszélyes a combok belső oldalán lévő verőér!). A jó heveder mindenképpen ülőheveder (ebből vízreéréskor is könnyebb kibújni).

- érdemes megfontolni a divatos "fekvőheveder"-ek használatát, mert hacsak nincs jó test-irányítási technikánk, akkor sikerületlen (nagyobb sebességű) fekvőhevederes földetérés rendszerint gerincsérüléssel jár. (A ülő- és fekvőheveder különbségének mérlegelését az aerodinamikai ismeretek birtokában jobban el fogjuk tudni dönteni.)

### **Összekötő (csatoló) elemek.**

A zsinórzatnak a hevederzethez való rögzítéséhez, valamint a hevederek bonthatóan egymáshoz erősítéséhez csatoló elemeket használunk. Ezek csatok, különböző típusú karabínerek, és egyéb gyorscsatlakozók lehetnek.

Az összekötő elemek anyaga leginkább rozsdamentes acél. Méretüket mindig úgy kell megválasztani, hogy szilárdságuk minimálisan kétszerese legyen az általa csatolt zsinór vagy heveder szilárdságának.

Fontos szempont, hogy az oldható elemek a véletlen nyitás ellen mindig biztosítással rendelkezzenek. A hevederzet felfüggesztése mindig csavaros karabínerral történjen.

Itt ugyancsak az ejtőernyősök tapasztalataira támaszkodhatunk:

- műanyagból készült csat, zár megbízhatatlan, életveszélyes!
- ami nincs biztosítva, az a legváratlanabb helyzetben magától kinyílhat,
- a csatolóelemeknek teljesíteni kell az összeférhetőségi kritériumot, azaz semmilyen körülmények között sem feszülhetnek be,
- a mell- és lábheveder csatjai egy kézzel nyithatók legyenek; ez vízbeesés, fáraérés után elengedhetetlen, mert ilyenkor a másik kézzel kapaszkodni kell,
- a karabínerekben semmi nem akadhat el - a horgas résznek a test felé kell néznie,

## Mentőejtőernyő.

A siklóejtőernyő működésképtelenné válásakor a biztonságos földetérés elengedhetetlen eszköze a mentőejtőernyő. A siklóejtőernyőzés korai korszakában ennek viselése nem volt általánosan jellemző, de a biztonság, a biztonságra vonatkozó előírások, - nem utolsósorban a szédületesen növekvő teljesítmények - szükségessé tették megfelelő mentőeszköz használatát.

Formáját tekintve általában kisméretű körkupolás ejtőernyő, de találkozhatunk háromszögletű, illetve kisméretű siklóejtőernyővel is. Ez utóbbi kettő alkalmazása esetén a nyitás előtt le kell oldani a főernyőt, mert eltérő horizontális sebességük miatt lerontják egymás hatását, esetleg összezsavarodnak. A speciálisan kidolgozott háromszögletű mentőejtőernyő nyitható a meghibásodott főejtőernyő mellett leoldás nélkül is, és a nyitás után kell leválasztania főkupolát, vagy olyan mértékben behúzni, hogy az teljes mértékben működésképtelen (zavaró hatás mentes) legyen. Előnyük viszont a jó irányíthatóságuk. Létezik olyan nyitási rendszerű mentőernyő is, amelyiket a leoldott főernyő nyit ki a leválasztáskor. A mentőejtőernyők bekötése, nyitási módja teljesen azonos a függővitorlázóknál használtakkal. A mentőejtőernyők csökkentett mérete miatt a merülési sebességük nagyobb a szokásos ugrőejtőernyőkéénél, ezért velük a földetérés is keményebb. Ilyenkor sérülés is keletkezhet, de elsődleges célja az életmentés.

A mentőejtőernyő a siklóejtőernyő zsinórzatánál hosszabb, vagy lényegesen rövidebb, villásvégű csatolótaggal kerül bekötésre a pilótahevederzet vállhevedereihez. Nyitás előtt az ernyő u.n. dobóbelsőzsákban van, amely a hevederzethez van rögzítve úgy, hogy szükség esetén a pilóta annak nyitófogantyúját bármilyen testhelyzetben el tudja érni, továbbá sem a zsák, sem a csatolótag ne akadályozza a pilóta egyéb tevékenységét.

A mentőernyő nyitása a belsőzsákba hajtogatott kupola erőteljes, vízszintes irányú - forgás esetén avval ellentétes irányú - kivetését jelenti. Amint az összekötő tag megfeszül, kihúzza a zsinórzatot és szabaddá válik a kupola. A gyors nyitás után a siklóejtőernyőt össze kell szednie és magához kell szorítania a pilótának, a kezelési utasításban leírtak szerint.

A siklóejtőernyő hibás működése miatti mentőejtőernyőnyitás több feltételt támaszt a mentőernyővel szemben:

1. Gyorsan lehessen működtetni, gyorsan nyíljon.
2. A jellegzetes (és veszélyes) forgási jelenség miatt olyan kialakítású legyen, hogy ne tudjon összeakadni a meghibásodott siklóejtőernyővel.
3. Biztosítsa a veszélytelen földetérést, figyelembe véve a rossz terepet (domboldal, köves, sziklás talaj, stb.) és az esetleg erős szelet.
4. Hosszabb zuhanás után (amikor már felgyorsult a pilóta) sem szakadjon szét a kupola belobbanásakor.

Kezdetben a mentőejtőernyőt "feleslegesnek" tartották, majd később a Rogallo-repülésből "kikapott" rendkívül kisméretű, nem túl biztonságos mentőejtőernyőket kezdtek használni. (A függővitorlázókon alkalmazott mentőejtőernyők kis méretét a piaci kereslet - olcsóság, kis tömeg - és a megtévesztő reklám határozta meg. A reklámbemutatókon "zsoké"-méretű pilóták, kedvező időben, és nem utolsósorban ép, nagyfelületű légi járművel mutatták be az ejtőernyőket. Annak kilebegtetésével szép, könnyű földetéréseket tudtak produkálni. Ezeket a mentőejtőernyőket a rossz tapasztalatok alapján kivonták a forgalomból.) Ezek nyitási rendszere megfelelőnek mutatkozott a siklóejtőernyőzéshez: egy kézmozdulattal ki lehetett dobni a "szabad" légtérbe, és az ejtőernyő gyorsan kinyílt. A hosszú csatolótag is előnyös, mert a mentőejtőernyőt "kiengedi" a meghibásodott siklóejtőernyő fölé, így a forgó ejtőernyő nem tudott abba belezsavarodni. Azonban ez az ejtőernyő irányíthatatlan, a pilóta tehetetlenül függ alatta.

Másik lehetőség olyan kisméretű kupola alkalmazása, amelynek a felületi terhelése nagyobb a hibás főkupolánál, és elég rövid a zsinórja ahhoz, hogy a főkupola zavarása ne érvényesüljön. Ilyen kupolának a mérete nem haladhatja meg a főkupola felületét, azaz nem éri el a 30 m<sup>2</sup>-es nagyságot. Ahhoz viszont, hogy ekkora kupola biztonságos földetérési sebességet garantáljon, a "hagyományos" körkupolák nem



alkalmasak, az ejtőernyő kupolára már jelentős felhajtóerőnek kell hatnia a légellenállás mellett. Ezért a kifelületű mentőejtőernyők közül a körkupolások reklámját kritikával kell fogadni, mivel szerfölött nagy a merülési sebességük. Gyakorlatilag Magyarországon feltétel nélkül csak a PZP-89 típusú mentőejtőernyő tesz eleget a követelményeknek, amit az európai légialkalmassági feltételek (JTSO 23.) rögzítenek, vagyis eddig csak ez rendelkezik hatósági típusalkalmassági bizonyítvánnyal.

A kis kupolafelületből eredő hátrányokat igyekeznek kiküszöbölni a napjainkban feltűnt légcellás (sikló) mentőejtőernyővel. Ennek viszont az a hátránya, hogy - az ejtőernyősökhöz hasonlóan - csak akkor lehet eredményesen használni, ha egyidejűleg a meghibásodott siklóejtőernyőt leválasztják. Ehhez viszont megfelelő előképzés, gyakorlat és főleg elegendő magasság szükséges.

### ***A siklóejtőernyőre vonatkozó néhány alapfogalom.***

Meg kell ismerni néhány alapfogalmat, amelyekkel a siklóejtőernyő kialakítása jól jellemezhető. Ezek a következők:

**Kupolafelület:** az a számadat, amely a kupola kiterített méretét adja négyzetméterben. Nem számítanak bele ebbe az egyéb felületek, mint pl. a stab-lapok, fecskefarok, stb. A járatos siklóejtőernyők felületnagysága 20 - 30 m<sup>2</sup> között van.

**Felületi terhelés:** ez a starttömeg és a felület hányadosa. Starttömeg alatt a siklóejtőernyő, a hevederzet, és a teljes felszereltségű pilóta össztömegét értjük. A felületi terhelés szokásos értéke 2 - 4 kg/m<sup>2</sup> között van. Kis felületi terhelés kisebb merülést, de lassabb repülést jelent, és fordítva.

**Szárnyoldalviszony:** értékét megkapjuk, ha fesztáv négyzetét osztjuk a felület nagyságával. Ez a dimenzió nélküli szám szokásos értéke 2 - 3 között van. Azonos szárnyfelületnagyság mellett azt mutatja, hogy a siklóernyő kis fesztávú és nagy szárnymélységű-e, vagy pedig nagy fesztávú és kis szárnymélységű. A kis oldalviszony gyengébb siklási teljesítményt, de nagyobb stabilitást jelent, főleg turbulens légviszonyok esetén, és fordítva. Fesztáv alatt a kupola keresztirányú legnagyobb méretét értjük. Szárnymélységen a belépőél és a kilépőél közti legrövidebb távolságot.

### ***Beállítások a siklóejtőernyőnél.***

A siklóejtőernyő részeinek méreteit a gyártók sok számítással és még több kísérlettel állapítják meg. Ezeket az engedélyezési eljárás (típusalkalmassági vizsgálat) során rögzítik, és a gyártás csak ennek alapján történhet. Mindez a pilóták biztonságát szolgálja. Ezért szigorúan tilos minden önkezü változtatás ezeken a méreteken és kialakításokon. Kivételt képez ezek alól a már fentebb említett egyéni méretekre igazítás a hevederzeten, továbbá a fékzsinórok beállítása, valamint ha van trimmelő a hordhevedereken, akkor azok állítása. Egyszóval mindazon beállítások, amelyeket a siklóejtőernyő kézikönyve leír és engedélyez.

A fékek beállításának különleges jelentősége van. A kilépőél helyzetét és alakját befolyásolja, ezzel történik a kormányzás és fékezés. Elsőként a 100%-os fékezés állapotot kell beállítani. Ez úgy történik, hogy olyan minimális sebességnél, ahol a kupola még éppen repül és irányítható, a maximális fékezéshez a pilóta által lehúzott fékfogantyú a teljesen kinyújtott karokhoz képest 10 cm-rel magasabban legyenek. Ezután teljesen felengedve a fékeket az ellazult állapotot (0%-os fékezés) ellenőrizzük. Ilyenkor a kormányzsinórok belógás nélkül futnak a kilépőélhez anélkül, hogy elmozdítanák azt. Ebből következik, hogy a fékek beállításához több repülést kell végezni nyugodt légköri viszonyok és megfelelő magasság esetén.

Fontos: a helytelen, de nagyon gyakran alkalmazott csomózásos zsinórhossz beállítást kerülni kell, mert a csomók csökkentik a zsinórok szilárdságát. Továbbá, mivel helyes beállításoktól a testi épségünk, esetleg az életünk is függhet, ajánlatos a beállítások módját oktatói segítséggel a gyakorlatban elsajátítani.

## **A siklóajtőernyő hajtogatása, szállítása és tárolása.**

Ha a siklóajtőernyőt hosszú ideig biztonságosan kívánjuk használni, akkor a hordzsákba való behelyezés előtt azt szakszerűen hajtogatni kell. A hajtogatás formáját és sorrendjét a siklóajtőernyő gyártója ismerteti a kezelési leírásban, tehát a szerint kell eljárni. Ha ilyen nem áll rendelkezésre, akkor a következők lehetnek az irányadók. A siklóajtőernyőzésben két módszer terjedt el. Az egyik a hagyományos ugróajtőernyőknél használatos, a másik a siklóajtőernyősöknél kialakult. Míg az előbbi módszer szűk, egyenetlen helyen való hajtogatáskor előnyös, addig az utóbbi a start előtti kiterítéskor praktikusabb. Ezeket is gyakorlással ajánlatos megtanulni, megfelelő szakmai irányítás mellett.

A hajtogatás elsődleges célja az ejtőernyőkupola olyan rendezése, amely biztosítja a felszállás előtti gyors, rendezett kiterítést. Itt figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy a szoros rendezetlen összecsavarása a kupolának terheli annak anyagát, nem utolsó sorban a merevítő betéteket.

Módszerét tekintve általánosan elterjedt az u.n. becsavarásos. Ennél a "hátára" fektetett kupola kilépőélének közepéhez visszük a hevederzetet, a zsinórokat felhelyezzük a kupolára, és a kupolát a két széléről kiindulva lazán becsavarjuk. Amikor a két kupolafél középen találkozik, akkor a hevederzetet felhelyezzük az anyagra - így nem keveredik (akad) össze a zsinórzattal - majd összefordítjuk a két felet, kb. tárolózsák szélességűre. Ezután kinyomjuk a levegőt a kupolából, és összetekerjük a tárolózsák hosszának megfelelően.

A hajtogatás "ejtőernyős" módszerénél a cellákat sorban, a belépőélnél kezdve felszedjük, miközben a hevederzetet hátizsákkal vagy segítővel lefogadjuk, és a kupolát erőteljesen "kirázva" a kilépőél felé, leterítjük a földre. Így egyoldalra szedve marad az ejtőernyő kupola, egyformán, simán helyezkednek el a merevítések. A kupolát ezután a kilépőél felől "S"-alakba összeszedjük, kinyomjuk belőle a levegőt, majd a zsinórokat végtelen csomóba (láncba) szedjük. Az így felszedett kupolát erős szélben, oldalról könnyű belobbantani, viszont szimmetrikus startkiterítése körülményesebb.

Kombinált módszerről beszélünk, ha a kupolát a becsavarásos módszernek megfelelően kiterítjük, majd a szélektől kezdve becsavarás helyett egymásra harmonikázzuk az anyagot. Ezáltal elkerüljük a többszörös becsavarást.

A repülések befejezése után, a hajtogatás előtt okvetlenül végezzük el a következő műveletet: rázzuk illetve szedjük ki a cellákból az azokba bejutott fűvet, bogarakat, földet, köveket. Meglepően sok szemét be tud jutni a kupolába!

A szállítás mindig hajtogatott állapotban a hordzsákban történjen. Ügyelni kell arra, hogy szállítás közben ne kerüljön meleg (fűtőtestre, stb.), vagy oldószergőzös helyre (tartaléküzemanyag kanna mellé a csomagtartóban, stb.). Ülőpárnának megfelel ugyan, de nem ajánlott!

Tárolása száraz, hűvös, jól szellőzött helységben történjen. Ha hosszabb ideig nincs használva, akkor ajánlatos kihajtogatni, és teregető rudazaton tartani.

## **A siklóajtőernyő javítása, karbantartása és ápolása.**

Kisebb lyukak, szakadások kijavítása speciális ragasztószalaggal történhet. Nagyobb lyukak, hosszabb szakadások, valamint a hevederek és zsinórok javítását csak szakmühelyben szabad végeztetni. A fenti hibáktól való mentességet folyamatosan vizsgálni kell a pilótának, saját biztonsága érdekében. Erre szolgál az u.n. 7 - pontos ellenőrzés. Az eredményes vizsgálat érdekében a sorrendet is be kell tartani. A 7 - pont a következő:

1. Épek a kupola varrásai?
2. Nincsenek szakadások a kupolán és a cellaválaszfalakon?
3. Épek a zsinórbekötések és bevarrások?
4. Sértetlenek a zsinórok?

5. Kifogástalan a csatok és karabínerek állapota és biztosíthatósága?
6. Rendszerben vannak a kormányzsinórok és -fogantyúk beállításai?
7. Épek a hevederzet részei és azok varrásai?

További ellenőrzési helyekről a gyártó által kiadott kezelési leírás ad felvilágosítást.

Az ejtőernyő tisztítása tiszta, kézmeleg vízzel történjen, szivacs használatával. Zsír- vagy olajfoltot gyengehatású finommosószerrel kell eltávolítani. Mindig kézi mosással történik, az ejtőernyőt mosógépbe tenni tilos. Vegyszeres tisztítás viszont az ejtőernyő tönkremenetelét okozza, mivel a tisztító vegyszer megtámadhatja az alapanyagot is, de főképpen a légáteresztést kizáró - vagy egyéb célú (pl. UV védő) bevonatot károsítja.

A siklóejtőernyő műanyag részeinek árt az UV-sugárzás. Mivel a napsugárzás bővelkedik ebben, ezért nem szabad napon szárítani, és általában is kerülni kell a siklóejtőernyő sok napoztatását. Ezért folyamatosan figyeljük ejtőernyőkupolánkat. Ha az anyag foltokban elszíneződik, akkor gyanakodhatunk hő-, vagy UV-sugárzás miatti gyengülésre. (El kell vinni soronkívüli felülvizsgálatra!)

Ha nagyon "megtörtnek" tűnik az anyag, ellenőrizzük a légáteresztését. A mutató- és hüvelykujjunkból csináljunk "O" alakot, feszítsük rá a "vizsgálandó" anyagot, és szájjal rátapadva, próbáljuk meg átfújni. Ha az átfújás sikeres, egy másik helyen ismételjük meg a vizsgálatot. Attól a kupolától, ahol a légáteresztés egyszer már megjelenik, sokat ne várjunk. Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a szájjal végzett légáteresztési vizsgálat csak tájékoztató jellegű, egzakt mérést csak erre a célra kifejlesztett műszerrel lehet végezni. A légáteresztés növekedésének oka lehet az anyag kíméletlen gyűrése, a bevonat öregedése, túlterhelés miatt az anyag megnyúlása. Gyakorlott pilóta az ebből eredő siklószámcsökkenést repülés közben is érzékeli. A megnövekedett légáteresztés megszüntetését hirdeti néhány gyártó, de a szakemberek többsége nem tartja megfelelőnek, ezért nem tanácsolják az utólagos kezelés elvégzését.

Fogalmat alkothatunk a bevonatjavítás módjáról, ha megismerjük a "házi módszert". Ilyen a polivinilalkohol vizes oldatának felvitele permetezéssel, vagy ecseteléssel. Gyakorlatilag észrevehetően növeli a kupola tömegét, és a használat során kezd "megtörni" a kupola színe, fokozatosan újra megnő a légáteresztés. A tartósan jobban tapadó bevonat pedig a szövőtt szálak rögzítése miatt könnyen hasadóvá teszi a kupolát. Egyetlen biztos módszer létezik: megbízható helyről vegyünk az ejtőernyőt, és ragaszkodjunk a megfelelő minőségi tanúsításhoz: a hatósági légialkalmassági igazoláshoz.

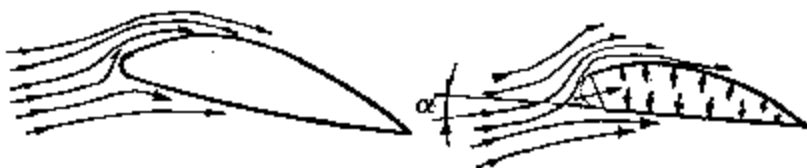
A mentőejtőernyőt is különös gondossággal kell kezelni. Védeni kell a nedvességtől. Benedvesedett ejtőernyőt ki kell szárítani és újra kell hajtogatni. Ettől függetlenül negyedévenként ajánlatos a kiszellőztetése és újra hajtogatása. Kétévenként ajánlatos beadni szakműhelybe ellenőrzésre. Folyamatosan ellenőrizni kell az egyes részek épségét, így a csatolóhevedert, a tok tépőzárát és zárócsapjának működőképességét.

## AERODINAMIKA

Ebben a részben választ keresünk arra a tényre, hogy a levegőnél nehezebb testek miért képesek tartósan a levegőben tartózkodni, azaz repülni. A választ az aerodinamika törvényeinek megismerésekor kapjuk meg. Nem feladatunk az elmélet részletes ismertetése, hiszen az a szakirodalomban hozzáférhető, csak a siklóejtőernyő repülésére vonatkozó azon alapvető ismeretek bemutatása a cél, amelyek tudatosá teszik a repülés közbeni eljárásainkat.

A repülés szempontjából a levegő által körüláramlott testen - szárnyprofilon - lejátszódó jelenségekkel fogunk foglalkozni. Szárnyprofil alatt azt szárnykeresztmetszeti szelvényt értjük, amelyet akkor kapunk, ha a szárnyat a légijármű hossz tengelyével párhuzamos függőleges síkkal elmetszük. Ennek jellegzetes alakja teszi lehetővé a levegőnél nehezebb testek repülését. A repülőgépek u.n. merevszárnyú légijárművek, míg a siklóejtőernyő flexibilis szárnyú. Míg a merevszárnyúaknál a profil meghatározott, addig a flexibiliseknél folyton változik, valamint a nyomatók, és a változóirányú nyomás hatására lényeges alakváltozással reagál (betörik, becsukódik). Itt rögtön szólni kell egy nagyon fontos fogalomról, mégpedig az

állásszögről. Az állásszög alatt a profilt érő légáramlás iránya és a profilhúr által bezárt szöget ( $\alpha$ ) értjük. A flexibilis szárnyprofilnál a profilhúron a kupolaszelvény alsó - belépőélel - kilépőélel - összekötő húrját értjük (8. ábra).

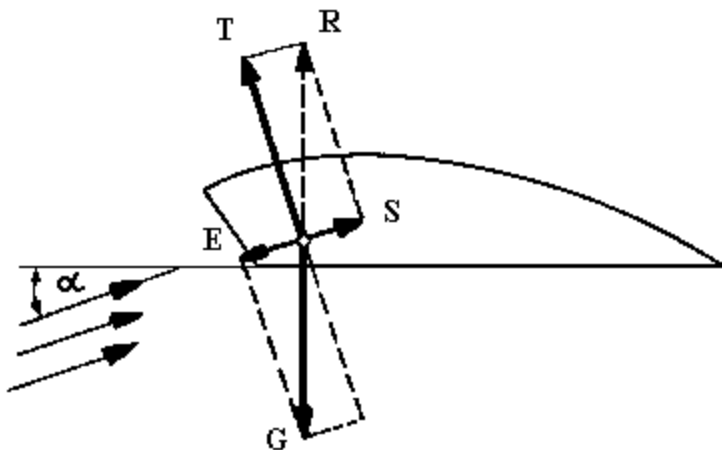


8. ábra: a merev- és flexibilis szárnyprofil, az állásszög fogalma.

A következőkben csak a flexibilis (siklóajtőernyő) szárnyprofilal foglalkozunk. A profil körüli légáramlás - általában az áramlás - kétféle lehet: lamináris és turbulens. A repülés szempontjából az első a fontos, a második rendkívül káros. A siklóajtőernyőnél a levegő nem csak körüláramolja a profilt, hanem a belépőél menti nyílásokon feltölti, azaz kialakítja azt. Ez előfeltétele a siklóajtőernyő repülésének. A feltöltés után alkalmazhatók rá a szárnyprofilra érvényes törvényszerűségek.

### A profilon kialakuló erők.

Alaphelyzet a következő: a profil áramlásban helyezkedik el, valamint hat rá a föld tömegvonzása (a légi jármű tömege). Ahhoz, hogy a profil a levegőben maradjon, olyan erőknek kell keletkezni rajta, amely egyensúlyt tart a tömegerővel. Ezt az erőt nevezzük felhajtóerőnek (pontosabban a felhajtóerő függőleges komponense - légerőnek nevezzük - tart egyensúlyt a tömegerővel - lásd a 9. ábrát).



9. ábra: a szárnyprofilon kialakuló erők.

Az ábrán betűkkel jelzett erők (erőkomponensek) a következők:

G tömegerő: a légi járműre - beleértve a pilótát is - ható földvonzás

T felhajtóerő: a szárnyprofilon kialakuló emelőerő

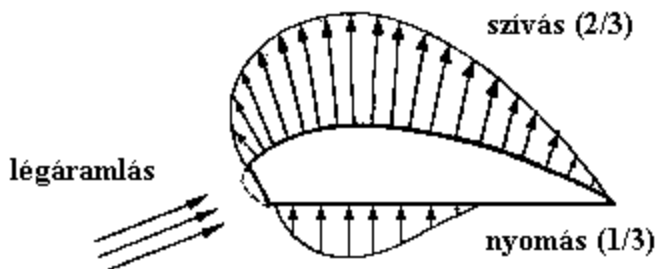
R légerő: ez tart egyensúlyt a G - vel

S surlódási erő: a légellenállás következtében alakul ki

E tolóerő: a G haladás irányába eső komponense - S - el tart egyensúlyt

a állásszög: a profilhúr és a légáramlás iránya által bezárt szög

A kialakult felhajtóerő leegyszerűsített sémája az 10. ábrán látható.



10. ábra: az áramlási kép és a nyomásviszonyok a profil mentén.

Tehát a repüléshez elegendő felhajtóerő képződéséhez az alábbiak szükségesek:

- alkalmas profil, megfelelő állásszöggel
- elegendően nagy sebességű, áramló közeg (levegő)
- a föld tömegvonzása

Leegyszerűsítve a profil alsó és felső kontúrjának különböző hossza, azaz a körülötte kialakuló légsebességkülönbség következtében jön létre a felhajtóerő. Az ábrán látható nyomásviszonyok jól mutatják ezt.

### **Sebesség és ellenállás.**

Lényeges kihangsúlyozni, hogy a profilon kialakuló áramlási sebesség a döntő, nem pedig a profil (szárny) földhöz viszonyított haladási sebessége. Elegendő ellenszélben helyből is fel lehet emelkedni a siklóejtőernyővel. A repülés szempontjából a sebességnek egy alsó- és felső határa van. Az alsó esetén olyan kis felhajtóerő keletkezik, amelynél gyakorlatilag megszűnik a profilon a haladási irányba mutató erőkomponens, az áramlás leszakad a profiltról, és zuhanni kezd. A felső határ az, amikor a profil ellenállása olyan nagy lesz, hogy határt szab a haladási sebességnek - a siklóejtőernyő kupolánál elkezd betörni a profil orr-része, "lehajtodik" a kupola eleje. Természetesen, a siklóejtőernyőn keletkező felhajtóerő bonyolultabb folyamat eredménye. A siklóejtőernyő kis sebessége, viszonylag nagy profilhossza, és nagy állásszöge miatt az u.n. turbulens profilú légi járművek közé tartozik. (Meg kell jegyezni, hogy a korszerű, kis fesztávú katonai repülőgépek a le- és felszálláskor a turbulens profil előnyeit használják ki. Ugyancsak turbulens profilokat használnak a lassú, ultrakönnyű légi járművek, kifejezetten az izomerő meghajtásúak, mint pl. a GOSSAMER CONDOR.)

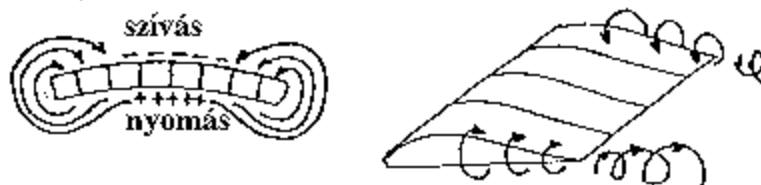
A turbulens profilok jellemzője, hogy a nagy állásszög miatt az áramlásleválás egy keresztirányú örvénylést hoz létre a kupola felett, és ennek az örvénynek a hatása növeli meg a felhajtóerőt. Nagyon jól érzékelhető egyes típusoknál ennek az örvénynek a mozgása az átesés (áramlásleszakadás) előtt: a kupola "megrázza" magát, amikor lefut az örvénylés róla. Ha a kupola felső felülete légáteresztővé válik, akkor a kis lyukakon kiáramló levegő "lesöpri" az örvényt, megnöveli a merülősebesség, romlik a siklószám.

Motor nélküli légi jármű - a siklóejtőernyő is ez - nyugvó levegőben csak folyamatos magasságvesztéssel járó siklásra képes, mivel ilyenkor a profil mentén az áramlás kialakítása a profil mozgatásával történik, azaz a tömegerőnek a haladás irányába mutató komponensének hatására (lásd a 8. ábrát). A motornélküli légi járművek ezen tulajdonságának jellemzésére vezették be az u.n. siklószám fogalmát, amely megmondja, hogy egységnyi merülés alatt mekkora utat tesz meg vízszintes irányban. Az, hogy mégis emelkedni lehet velük, a szeleknek köszönhető (lásd később).

Ha bármilyen légnemű, vagy folyékony közeg áramlik egy test körül, közöttük surlódás keletkezik, amelyet mint ellenállást érzékelünk. Levegőben mozgó testeknél ez okozza a légellenállást. A siklóejtőernyőnél nem csak a szárnynak, minden egyéb részének, valamint magának a pilótának is van

légellenállása. A surlódás és az áramlás irányába eső felület miatt létrejövő ellenállást homlokellenállásnak nevezzük. A szárnyakon kialakul egy másik, u.n. indukált ellenállás (peremellenállás) is. Ez jellemzően a szárnyvégeken lép fel, ahol a szárny alsó- és felső része közti nyomáskülönbség kiegyenlítődik. Ez örvénylést okoz, peremörvények válnak le, amely örvények jelentősen megnövelik a szárny (ejtőernyőkupola) légellenállását (11. ábra).

A szárnyvégörvény indukálta ellenállás csökkentésére - a merevszárnyú repülésben ismert szárnyvéglezáró lap mintájára - stabilizátort alkalmaznak, a szárny karcsúságának növelése mellett. Az aerodinamikai kutatások eredményeként például az ejtőernyőzésben csúcstechnikának számító PARA-FOIL típuson olyan konstrukciós-technológiai megoldást alkalmaztak, amely a szárnyvégörvényt több, kisebb örvényre bontotta fel - a kupola hosszirányú bordázásával - és ezzel csökkentették az indukált ellenállást.



11. ábra: a peremleválás jelensége a szárnyvégeken.

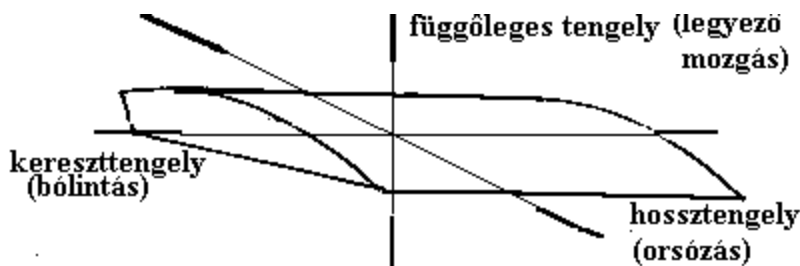
A légellenállás - mint már szó volt erről a hevedereknél - fontos dolog. A különböző típusú siklóejtőernyőknél is találkozni lehet a légellenállásra való hivatkozással: profilvastagság, kupolasímaság, zsinórvastagság indokolásánál.

A légellenállás nagysága - hasonlóan a felhajtóerőhöz - függ a levegő sűrűségétől, az áramlás útjában álló test homlokfelületétől (a légáramlás irányára merőleges keresztmetszetétől), a test alakjától és felületi kiképzésétől függő tényezőtől, valamint a sebesség négyzetétől.

Ha egy 24 m<sup>2</sup>-es ejtőernyőkupolát veszünk, akkor 15 - 20°-os állásszögnél a homlokfelület 6 - 8 m<sup>2</sup>. Ehhez képest a pilóta testfelületének a csökkentése fekvőhevederzettel elenyésző, ugyanígy a zsinórzat ellenállása is. A légellenállást viszont a lassúbb repülési sebességgel lényegesen csökkenthetjük. Általában ezért repülnek - az ugrőejtőernyőhöz képest - kis sebességgel a siklóejtőernyősök.

### A siklóejtőernyő aerodinamikai stabilitása.

Mint minden légi jármű, a siklóejtőernyő is a három tengelyirány azaz a hossz-, a függőleges- és a keresztengely körül végez mozgásokat (12. ábra).



12. ábra: a siklóejtőernyő fő tengelyirányai.

A siklóejtőernyőket lehetőleg úgy kell kialakítani, hogy minden tengelyirányban dinamikusan stabilan viselkedjenek. Ez alatt azt értjük, hogy az egyenesen repülő siklóernyőt külső hatás - pl. egy szélváltás - éri, akkor a pilóta beavatkozása nélkül vissza kell térnie annak az eredeti repülési helyzetébe. A siklóejtőernyőknél a dinamikus stabilitást a rendszer tömegközéppontjának erős lesüllyesztésével érik el. Azaz a pilóta - mivel az össztömeg jelentős részét ő testesíti meg - a szárnyfelülethez képest jóval

alacsonyabban függ. Ekkor tulajdonképpen egy inga keletkezik, amelyről tudjuk, hogy törekszik nyugalmi - legszűkebb - helyzetének megtartására. Itt kell felhívni a figyelmet arra, hogy az ingamozgás káros is lehet, u.n. dinamikus áteséshez vezethet, és amit legtöbbször darabos kormánymozdulatok váltanak ki.

### **Az áramlásleszakadás.**

Ha a profil mentén kialakult áramlás megszűnik, áramlásleszakadásról beszélünk. A repülés szempontjából ennek súlyos következményei lehetnek. Ennek különböző, egymással összefüggő okai vannak:

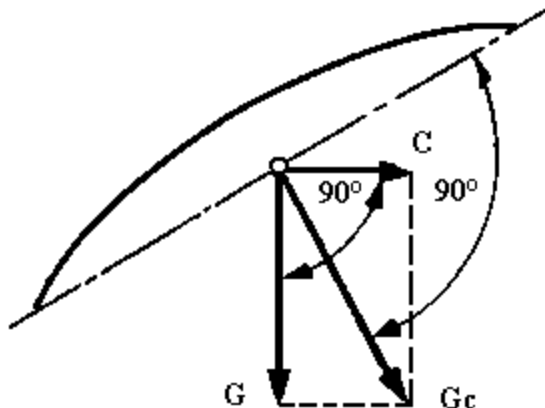
- túl kicsi a siklóejtőernyő sebessége (a profilmenti sebesség)
- túl nagy az állásszög (ez eredhet belengésből vagy kormányzási hibából)
- túlságosan ívelt a siklóejtőernyő kupolája (a pilóta túlhúzta a fékeket - ez tulajdonképpen kormányzási hiba)
- a levegő sebességének (és áramlási irányának) hirtelen változása (szélnyírás).

A teljes és tartós áramlásleszakadás következtében megszűnik a felhajtóerő, csak az ellenállások érvényesülnek, valamint megszűnik a profilt kifeszítő belső túlnyomás is, aminek a félelmetes kupolaösszeomlás a következménye.

Az áramlásleszakadás, az egyes típusoktól függően, hirtelen vagy fokozatosan következik be. Nagyon fontos minden pilóta számára, hogy ismerje légijárműve ezen tulajdonságát, valamint érzékelje már a kezdeti stádiumában.

### **A fordulás erőviszonyai.**

A siklóejtőernyővel nem mindig egyenesvonalúan repülnek. Mondhatni gyakoribb a görbevonalú pálya, azaz a fordulás. Az egyszerűsítés érdekében az u.n. stacionárius fordulót vizsgáljuk, amikor a siklóejtőernyő körpálya mentén halad, és nem foglalkozunk a be- és kisiklási pályával. A siklóejtőernyőre ilyenkor ható erők miatt a pályájának, a döntési szögének, a sebességének és az össztömegnek szigorúan összhangban kell lennie (13. ábra).

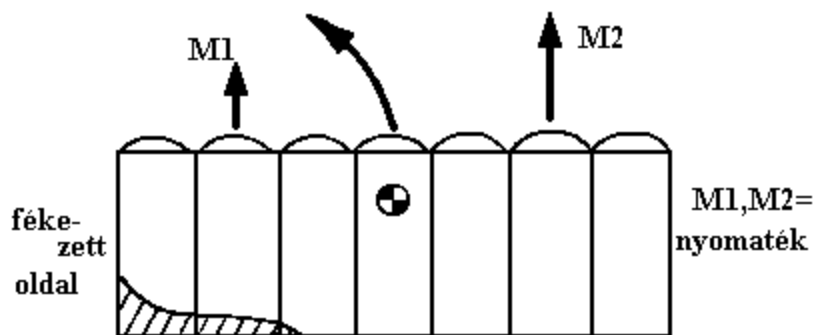


13. ábra: fordulás közben ható erők.

Mint az ábrából is látható, a sebesség, a forduló sugara és a starttömeg a vízszintes síkban kifelé irányuló erőt, az u.n. centrifugális erőt hoz létre. Ezen centrifugális erő és a tömegerő eredőjeként egy újabb erő jelentkezik a kereszttengety függőleges síkjában. Ezzel kell egyensúlyt tartani a profil légerejének. Amint ez az ábrából is kitűnik, jóval nagyobb a tömegerő, tehát változatlan sebesség mellett, a légerő nem képes ezt teljesen kiegyenlíteni, vagyis magasságvesztés következik be fordulás közben, és

megnő a rendszerre ható erő: a pilóta a testtömegét nagyobbak érzi (nehezebb fenntartani a kezeket az irányítózsinórokkal), és az ejtőernyőkupolára is lényegesen nagyobb erő hat. Az erővektor ábrája alapján belátható, hogy minél döntöttebb a szárny, annál nagyobb az eredő erő, és jelentősebb a magasságvesztés.

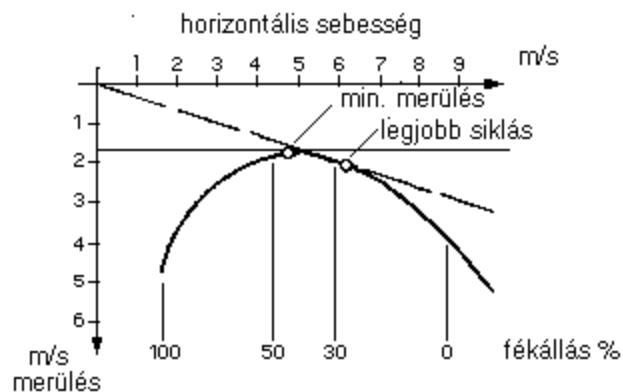
A siklóejtőernyők döntő többségénél egyetlen kormányzási lehetőség van, a fékezés. A fékzsinórok a szárny kilépőélének külső részére hatnak, azokat lehúzzák, vagyis megnövelik az ellenállást. Sebességcsökkentésre mindkét féket egyformán lehúzzák. Ha fordulni kívánnak, a fordulási kör középpontja felé esőt kell lehúzni. Minél erősebb a fékezés, annál kisebb a fordulási sugár, de annál nagyobb a magasságvesztés. Szűk fordulókat végezve ügyelni kell arra, hogy ilyenkor erősebben be kell dönteni a siklóejtőernyőt - lásd az ábra erőjátékát - mert különben a centrifugális erő hatására kisodródás (oldalkicsúszás) keletkezik. (Szerencsére, a megfelelően kialakított siklóejtőernyő rendszer automatikusan beáll az új erőjátéknak megfelelő helyzetbe, midőssze a bemenetel-kijövetel, illetve váltás - azaz a pilótától függő tevékenység, a kormányzás ronthat csak a helyzetet.)



14. ábra: a fordulás kiváltása egyoldali fékezéssel.

### A sebességi poláris.

A sebességi poláris diagram jellemző minden motor nélküli légi járműre, így a siklóejtőernyőre is. Segítségével képet alkothatunk a siklóejtőernyő tulajdonságairól. Ebben a diagramban az egyes sebességértékekhez tartozó merülési sebességek által kijelölt pontokat összekötve egy görbét adnak, amit az illető légi jármű sebességi poláris diagramjának nevezünk. (15. ábra)



15. ábra: egy 2,8-as siklószámú ejtőernyő sebességi poláris diagramja.

Mit tudunk kiolvasni ebből a diagramból? A poláris görbe legmagasabb pontja adja meg a legkisebb merüléshez tartozó sebességet. Ez a pont nagyon közel van az áramlásleszakadás kezdeti sebességéhez. E fölött található a legjobb sikláshoz tartozó sebesség, melyet a diagram nullapontjából a görbéhez húzott



érintő egyenes tűz ki. Ez az a sebesség, ahol a legjobb siklós szám adódik. A siklós számon az egységnyi (méter) merüléshez tartozó megtett horizontális úthosszat értjük. Másképpen megfogalmazva a felhajtóerő és az ellenállások hányadosa. A siklós szám helyett gyakran a siklási szöveget használják, amely a siklós szám reciproka (pl. 3-as siklós szám megfelel 1 : 3 -as siklós szögnek).

A poláris diagram nyugvó levegőben érvényes. A szélviszonyok ezt módosítják. Szemben fújó szél esetén a sebességértékek balra, hátszél esetén jobbra tolódnak el a diagramon. Ez is figyelmeztet arra, hogy a szelek hatását mindig figyelembe kell venni. (Természetesen, a levegőhöz viszonyítva a siklós szám, a sebességi poláris nem változik.

A gyártók ill. a kereskedők időnként fantasztikus merülősebességeket, siklós számokat adnak meg egy siklóejtőernyőre. Ha azt halljuk, hogy a legkisebb merülősebesség pl. 1,8 m/s, a legnagyobb sebesség 36 km/ó, valamint siklós száma 6, akkor ezeket ne fogadjuk el közvetlenül összefüggő adatoknak. A megadott sebesség átszámítva megfelel 10 m/s-nak, és ezt elosztva a merülősebességgel  $10/1,5=6,66$ -ot kapunk. Tehát a sebességpoláris alapján nyilvánvaló, hogy a legnagyobb sebesség nem tartozik a legjobb (legkisebb) merülősebességhez, sem a legjobb siklós számhoz. Függetlenül attól, hogy az egyes sebességértékek elérhetők, de csak külö-külön. Önmagában fontos adat a legnagyobb sebesség, mert fölötte a siklóejtőernyő már kedvezőtlenül viselkedik, és természetes, hogy nagyobb szélben a repülés már nem előre, hanem a talajhoz képest hátrafelé történik. Nyilvánvalóan a legnagyobb sebesség értéke függ még az ejtőernyőkupolát terhelő tömegtől, pontosabban a felületi terheléstől. A gyártók elég széles -tól/-ig határokat adnak meg az ajánlott pilótatömegre, és annak csak egy szűk tartományára érvényes a közölt sebesség adat.

Fenntartással kell fogadni a gyári adatlapokon közölt siklós számokat is. Leginkább akkor, ha az irreális érték, vagy pedig, kéttizedes pontossággal adják meg. Ebből rögtön kiderül, hogy az nem mért, hanem számított érték, amit a gyakorlatban a legritkább esetben lehet elérni, vagy egyáltalán számolni vele. Mi ennek az oka?

Ahhoz, hogy egzakt méréseket lehessen végezni, első lépésben két feltételnek kellene eleget tenni: a tesztrepülés teljes útvonalán azonosan homogén légköri viszonyoknak kell lenniük, másrészt a terepviszonyoknak lehetővé kell tenni a tökéletesen egyenesvonalú repülést. Ilyen viszonyokat a siklóejtőernyő gyártók sem tudnak biztosítani. Nem marad számukra más, mint az egyéb légijárműveknél szokásos módszer: a sebességpoláris alapján történő meghatározás.

A siklóejtőernyőknél azonban akad két lényeges eltérés. Az egyik az, hogy nagyon kicsi a sebességtartomány (gyakran csak 5-10 km/ó van a  $V_{max}$  és  $V_{átelési}$  sebesség között), ami nagy hibalehetőséget rejt magában a siklós szám kiszámításához szükséges pontok meghatározásához. A diagram léptékének megváltoztatása tág lehetőséget biztosít az eredmény kozmetikázásához. A másik pedig az, hogy a légijármű profiljához tartozó siklós szám egy konstans érték, tehát állandó profilt feltételez. De éppen a siklóejtőernyőkre nem jellemző ez az állapot.

A maximális siklós szám fontos ismérve minden siklóejtőernyőnek, de nem szabad túlértékelni. A repülés tervezésekor csak irányértékként szolgál, és önmagában nem mond semmit, a részben még fontosabb más tulajdonságokkal együtt, mint amilyenek a merülés, fordulékonyosság, stabilitás, stb., alakítja ki a siklóejtőernyő repülésközbeni viselkedését, elsősorban a biztonságosságát. Az elmondottak bizonyítására nézzünk meg egy lejtőrepülési üzemnapot, ahol kiváló műanyagcsoda vitorlázórepülőgépek repülnek a maguk 30-as siklós számával, de esetenként túlesz rajtuk emelkedésben a 10-12 siklós számú függővitorlázó, de még ennél is jobban emelkedik a 4-5 siklós számú siklóejtőernyő.

## **METEOROLÓGIA**

Valamely repülés biztonságát alapvetően a légijárművek tulajdonságai és a pilóták ismeretei határozzák meg. Mivel a repülések szabad légtérben történnek, amelynek az állapota folyamatosan és

dinamikusan, sokszor kiszámíthatatlanul változik, ezért létfontosságú az ott zajló események törvényszerűségeinek az ismerete. Ezzel a területtel foglalkozik a meteorológia tudománya.

## **Alapismeretek és fogalmak**

A légkör felosztása

A Földet légkör borítja, amely 78% nitrogénből, 21% oxigénből és különböző gázokból tevődik össze. Ezt a légkört atmoszférának nevezzük, melynek a Föld forgása következtében eltérő a mérete, azaz az egyenlítőnél vastagabb, mint a sarkoknál. Az atmoszférát különböző rétegekre osztották, amelyek a következők:

- troposféra: 9-15 km-ig
- sztratosféra: 50 km-ig
- mezosféra: 80 km-ig
- ionosféra: 400 km-ig
- ekzosféra: 10000 km-ig

Az időjárás fogalma

Időjáráson az atmoszféra troposzférának nevezett részének fizikai állapotát értjük. Ezt több meteorológiai alapelemmel jellemezhetjük, mint amilyenek pl. hőmérséklet, a páratartalom, légnyomás, szél, csapadék, látótávolság, felhőzet, stb.

## **A légtömegek paraméterei**

Hőmérséklet és gradiense, inverzió

A levegő hőmérséklete, hőmérsékleti elosztása, a hőmérséklet változási sebessége az egyik legfontosabb eleme az időjárásnak. A levegő hőmérséklete a troposzférában a magasság növekedésével arányosan csökken, közelítőleg 100 méterenként  $0,6^{\circ}\text{C}$ -al. Ezt az értéket nevezzük a levegő függőleges irány szerinti hőmérsékleti gradienseként.

Az említett gradiens közepes érték, és a Föld számos helyén végzett mérések átlaga. Valójában ez az érték nem állandó, és függ a földrajzi helytől, évszak- és napszaktól, a troposféra alsó rétegeiben végbemenő időjárási - atmoszférikus folyamatoktól, de leginkább a földfelszín hőmérsékletétől. A mérsékelt éghajlatú övezetben a melegebb évszakok idején a földfelszín felmelegszik, ilyenkor a gradiens növekedése a jellemző, és eléri az  $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  értéket is. Hidegebb évszakokban a földfelszín és a vele érintkező légréteg erősen lehűl. Ilyenkor lassabb a magasságfüggő hőmérséklet csökkenés, azaz csökken a gradiens értéke. Nem ritka az olyan jelenség sem, amikor az alsó légrétegek alacsonyabb hőmérsékletűek, mint a fölöttük lévőek. Ezt a jelenséget nevezzük inverzióknak. Amikor valamely légréteg hőmérsékleti gradiense nulla, akkor izotermikus rétegről beszélünk.

Az inverziós és izotermikus rétegek fontos szerepet játszanak a levegő függőleges mozgásának létrejöttében, valamint a felhőképződésben. Ezért ezek paramétereinek az ismerete lényeges, mert a kialakuló légáramlatok sebességét alapvetően meghatározzák.

Légnyomás

Légnyomáson a földfelszín egységnyi felületére ható légoszlop tömegét értjük. Mivel a levegő összenyomható, ezért a növekvő magassággal a nyomás nem lineárisan csökken. Hozzávetőleg 5500 méteres tengerszint feletti magasságban csökken a felére.

Mértékegysége a bar, ahol közelítőleg 1 kg tömeg hat 1  $\text{cm}^2$  felületre. A meteorológiában és a repülésben ennek tört részét, azaz a millibart (vagy hekto-Pascalt - hPa) használják. Régebbi

mértékegysége a Hgmm, amikor 1 bar 750 Hgmm-nek felel meg. Mivel a levegő tömege állandóan változik, a légnyomás sem állandó.

A légnyomást barométerrel mérjük, amely sokféle kialakítású lehet; higanyos, szelencés vagy aneroid barométer. Újabban elektronikus úton is mérik.

#### Légsűrűség

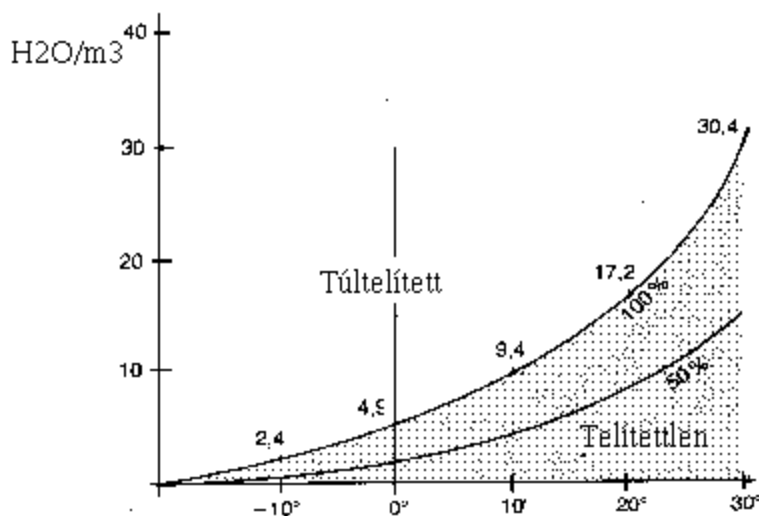
A légsűrűség, másnéven a levegő fajsúlya, annak térfogategységnyi tömegét jelenti. A tengerszinten közelítőleg  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , és nagysága lényegében három tényezőtől függ: hőmérséklet, nyomás, páratartalom. A légsűrűség sem változik lineárisan a növekvő magassággal, hanem hozzávetőleg 6600 méteres magasságban feleződik az érték.

#### Légnedvesség

A levegőben lévő vízgőzt, másnéven a páratartalmat nevezük légnedvességnek. Nagyságát a levegő hőmérséklete és a nyomása határozza meg. Az adott hőmérsékleten és nyomáson telítetté váló levegőből a páratartalom kiválik - kondenzálódik. Ahol a kiválás megkezdődik, azt nevezük harmatpontnak.

A levegő nedvességtartalma kétféleképpen is megadható. Vagy abszolút értékén, azaz térfogategységben lévő vízgőz tömege grammokban, vagy relatív értékén, amikor a telítettségi értékhez viszonyítanak százalékosan. A harmatponti légnedvesség a 100%-os relatív érték.

A 16. számú ábrán jól kivehető, hogy a harmatpont helye erősen függ a hőmérséklettől, tehát annak csökkenésével növekszik a relatív légnedvesség.



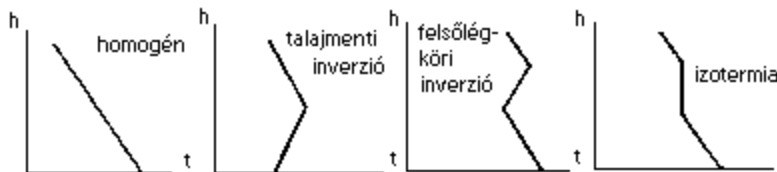
16. ábra: a harmatpont függése a hőmérséklettől

A kondenzáció hőfelszabadulással jár, ami felmelegíti a környező levegőt. A párolgás hőt von el, ami a környező levegőből történik. Ez magyarázza a hőmérsékleti gradiens eltérő értékét száraz illetve nedves levegőben.

Mivel az atmoszférikus viszonyok nagyon eltérőek lehetnek, ezért az összehasonlíthatóság érdekében viszonyítási alapot kellett képezni, amelyet normálatmoszférának neveznek: 0 m tengerszintfeletti magasság, 1013,2 mbar nyomás, 15°C hőmérséklet, 0% légnedvesség,  $1,225 \text{ kg/m}^3$  légsűrűség,  $0,65^\circ\text{C}/100\text{m}$  hőmérsékleti gradiens.

## Az atmoszféra állapotai

Ha a hőmérsékletet a földfelszíntől kezdve és emelkedve mérjük, a kapott eredmények legtöbbször nem esnek egybe az elmélet alapján várhatókkal. A csökkenés nem folyamatos, sőt időnként még növekedés is tapasztalható. Ennek az a magyarázata, hogy az atmoszféra állandó mozgásban van, az egyes légrétegek eltérő földrajzi helyekről származnak, miáltal azok melegek vagy hidegek, nedvesek vagy szárazak lehetnek. Egy adott helyen és időpontban a termikus légrétegek hőmérsékletének jellegét a magasság függvényében a 17. ábra mutatja.



17. ábra: a termikus légrétegek hőmérsékletének jellege

Az atmoszféra megítélése szempontjából nagyon fontos fogalom annak a stabilitása. Stabil légrétegről beszélünk, ha annak alsó részén hidegebb levegő helyezkedik el, mint föllette. Labilis, ha ez fordított. Ez utóbbi esetén mindig számolni kell nyugtalan légviszonyokkal.

Amennyiben a levegő valamely terepalakzat fölött hosszabb ideig megmarad, akkor az meghatározott környezetben viszonylag homogénné válik. Az ilyen levegőt, melynek kiterjedése vízszintes és függőleges irányban rendkívül nagy lehet, légtömegnek nevezzük. Elnevezésük általában eredetük, érkezési irányuk szerint történik. Így beszélünk sarkvidékiről (arktikus), mérsékeltövőről, trópusiról. Az érkezési hely hőmérsékletétől függően lehetnek meleg és hideg légtömégek. A szinoptikus meteorológiában a légtöméket jelekkel ábrázolják. Európa fölött leginkább az alábbi légtömégek fordulnak elő:

- sarkvidéki (S), ami az eredettől függően lehet:
  - tengeri-sarkvidéki (tS), vagy kontinentális,
  - sarkvidéki (kS)
- mérsékeltövi (M), amely szintén lehet:
  - tengeri (tM),
  - kontinentális (kM)
- trópusi (T => tT, kT)

A sarkvidéki levegő gyakorlatilag a sarkkörön túl formálódik a Norvég- és a Barents-tenger nem befagyó részeinek kivételével, nyáron pedig a sarkvidék jége fölött. A sarkvidéki tengeri levegő Európában É-Ny-i, a sarkvidéki kontinentális levegő É-K-i irányból mozog. A sarkvidéki levegő Európában eljut az Alpokig és a Kaukázusig, néha még távolabbra is. Ázsiára a sarkvidéki kontinentális levegő a jellemző, mivel az a jég és a hó fölött halad el.

A tengeri mérsékelt levegő mielőtt eléri a szárazföldet, hosszú ideig halad viszonylag meleg tengerek és óceánok fölött. Tulajdonképpen hol a tengeri-sarkvidéki, hol a trópusi légtömégek jellege az irányadó.

A kontinentális trópusi levegő nyáron kiterjedhet egészen az 50°-os északi szélességig is. Kevés felhőzet és gyenge szél jellemzi.

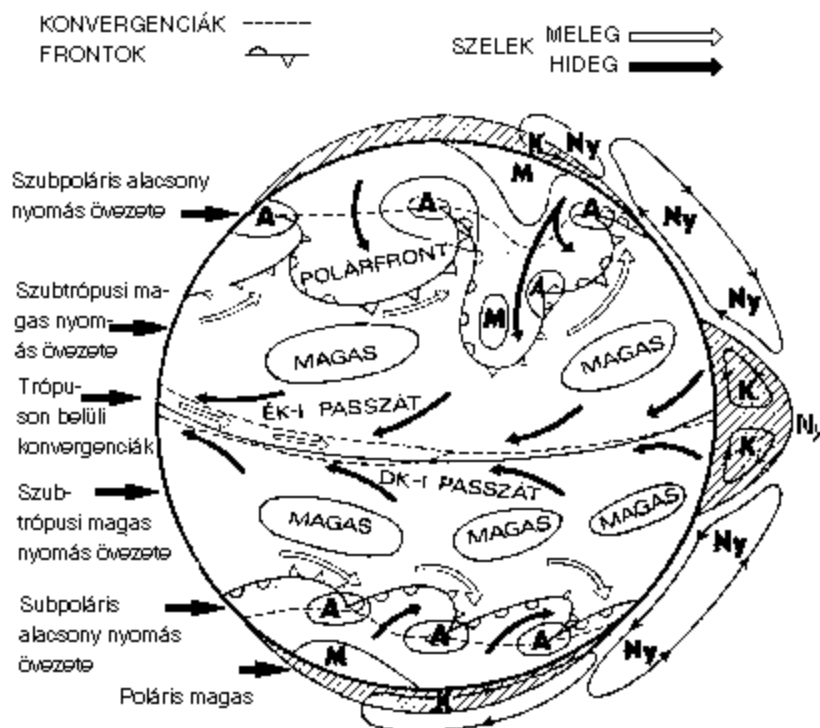
## Az időjárás és jelenségei

Légmozgások

A hőmérséklet- és légnyomáseloszlásban, vízszintes irányban, a földfelszín és a levegő egyenetlen felmelegedése miatt lényeges eltérés van. Ezen változások nagyságát távolsági egységekben, vízszintes hőmérsékleti-, és nyomásgradiensnek nevezzük. Ezen gradiensek megjelenését a légmozgások intenzitásváltozása mutatja. A gradiens nagyságával arányos a légtömeg mozgási sebessége, s közben még a fizikai jellemzői is megváltoznak.

A szél

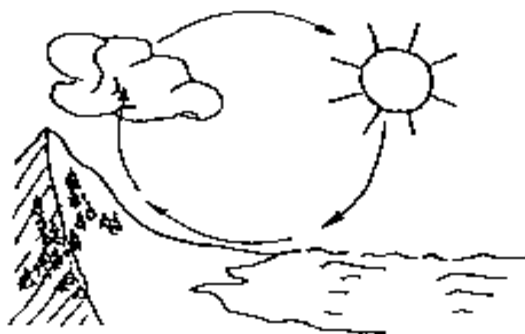
A szél a levegő a nagyobb nyomású területekről az alacsonyabb nyomású területek fölé való mozgása. Létrejöttét globálisan a következőkkel lehet magyarázni. A napsugárzás által erősen felhevített egyenlítői földfelszín felmelegíti a fölötte lévő légtömegeket, amelyek ennek következtében (légsűrűség csökkenés) felemelkednek. Az egyenlítőtől a pólusok felé eső részek hidegebb (sűrűbb) légtömegek áramlanak a helyükre. Tehát az egyenlítő és a sarkok között állandó légcseré alakul ki, ezt nevezzük globális szélmozgásnak, és amelyeknél a sarkoktól az egyenlítő felé áramlás a domináns. Ezt a cirkulációs légáramlást eltorzíítja a Föld tengelykerületi forgása. Azaz az északi féltekén K-felé, a délin Ny-felé téríti el. Az északi féltekén a légtömegek nagy magasságban mozognak, s amikor elérik a 30. délkört, nagynyomású központot hoznak létre. Azt a légtömeget, amely ebből a körzetből délre irányul, és nyugatra tér ki, passzátszélnek nevezzük. Ha a légtömeg északra mozog, akkor keletre tér ki, és erős nyugati szelet hoz létre. A globális szélrendszert mutatja a 18. ábra.



18. ábra: a globális szélrendszer

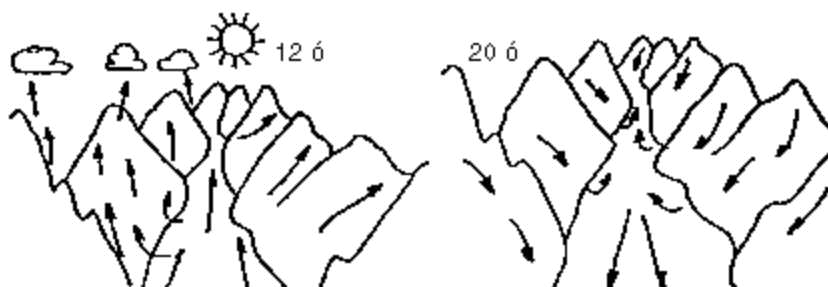
A levegő horizontális és vertikális globális méretű mozgásai, helyi hatásokkal is találkoznak, és ezzel már a lokális vagy mikrometeorológia foglalkozik. A siklóajtőernyősöket elsősorban ez utóbbiak érintik, ezért fontos részletes ismeretük.

A helyi (lokális) szelek a szárazföld és a vízfelület eltérő mértékű felmelegedése miatt jönnek létre; nappal a szárazföld melegszik erősebben a vízfelülethez képest; éjszaka viszont a part hőmérséklete jobban lecsökken, mint a vízfelületé. Tehát hőmérséklet- és légnyomáskülönbség alakul ki a víz és a szárazföld között. Nappal a szárazföld alacsony-nyomású felületté válik, a szél a víz felől a part felé fúj, éjszaka pedig megfordul a helyzet. A sebesség meghaladhatja a 10 m/s-ot is.



19. ábra: vízparti szél keletkezése

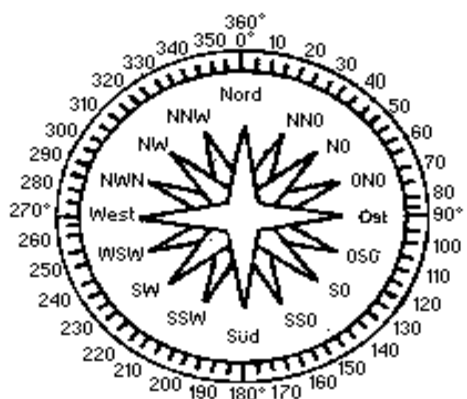
Nappal a hegyoldalakhoz közel lévő légrétegek erősebben felmelegednek, jímint a magasabban lévő. A meleg levegő a lejtő mentén felemelkedik, és a völgyből a helyére áramlik a hidegebb levegő, azaz kialakul a hegyiszél. Éjszaka a jelenség megfordul, a hegyoldal feletti légrétegek gyorsabban hűnek le, mint a völgy felett lévő, tehát lefelé áramlanak a völgybe, miközben az a fölött lévő felemelkednek. A folyamatok jól követhetők a 20. ábrán.



20. ábra: völgszél keletkezése

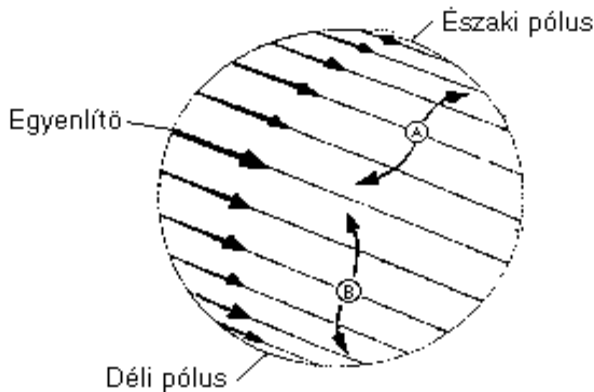
Mielőtt a lokális szelek irányát és sebességét befolyásoló tényezőket részleteznénk, meg kell ismerni az iránymegadás fogalmát, a sebesség mértékegységeit, valamint a tájékoztató nagyságrendi értékeket.

A szél irányaként a származási hely irányát adják meg, azaz ahonnan fúj a szemlélőhöz viszonyítva. Az iránynak értékét a szélrózsa szerint adunk, amely északi irányból kelet felé haladó 360°-os körskála. Pontosabb megadás fokokban, a közelítő meghatározás égtájak szerint 16 fokozatban történik (Pl. É, É-ÉK, É-K, K-ÉK, stb.).



21. ábra: a szélrózsa

A globális szélirányt befolyásolja a Föld forgási sebessége, amely az egyenlítő mentén hozzávetőleg 1600 km/ó. A forgásból eredő u.n. coriolis erő hatására a szelek iránya az északi féltekén jobbra, a déli balra eltér.



22. ábra: szélirány eltérés a féltekéken

A szélesség alatt a levegő talajhoz viszonyított, időegység alatt megtett útját értjük. A gyakorlatban (és országoktól függően) különböző mértékegységei használatosak, azaz a csomó, km/ó, és m/s. Az egyes értékek között a közelítő átszámítás az alábbiak szerint történik:

$$(\text{csomó} \times 2) - 10\% = \text{km/ó}$$

$$(\text{m/s} \times 4) - 10\% = \text{km/ó}$$

$$\text{m/s} \times 2 = \text{csomó}$$

A szélesség pontos nagyságát az u.n. kanalas szélességmérővel határozzák meg. Közelítő megadása a Beaufort-skálával történik, ahol a szélcsend és a viharos szél közti részt 0-tól 8-ig terjedő számokkal jellemzik.

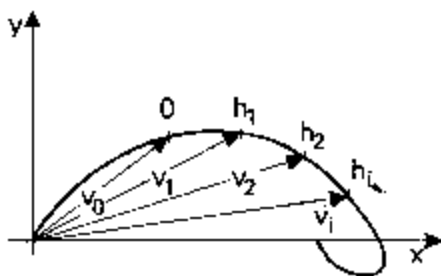
A szélesség a meteorológiai térképekről is megállapítható. A térképen az u.n. izobárikus vonalak (azonos nyomású helyeket összekötő vonalak) távolságai mutatják - a térképek szintvonalaihoz hasonlóan - a sebességet. Minél nagyobb a távolság az egyes vonalak között, annál nagyobb a nyomáskülönbség, és egyben a szélesség, és fordítva.

Egy ökölszabály: a talajtól mért 500 méteres magasságban megkétszereződik a szélesség.

A terep hatása is jelentős befolyással van a szél irányára. A különböző természetes és mesterséges tereptárgyak a mozgó levegő irányát és sebességét - méretüktől és alakjuktól függően - eltérő módon változtatják meg. Hegygerinc, meredek vízpart, stb. falként áll a légáram útjában, az szinte átbukik rajta. A meleg- és hideg légáramlatok is másképpen viselkednek ilyenkor. A kevésbé mozgékony hideg levegő az akadály előtt megreked, majd lassan "átömlik" fölé. A meleg légtömeg akadályba ütközve rögtön emelkedni kezd, annál gyorsabban, minél nagyobb sebességgel érkezett. Átjutva az akadály másik oldalára, a hideg levegő "lefolyik", a meleg pedig turbulens áramlásba kezd, ami annál erősebb, minél meredekebb a tereptárgy szélárnyékos oldala, továbbá minél nagyobb az áramlás sebessége.

Az áramló levegő és földfelszín között surlódás keletkezik. A légkör alsó, surlódásos rétegében nem alakul ki gradiens szél, tehát a levegő az alacsonyabb nyomás irányába áramik. Az elméleti számítások és a statisztikai vizsgálatok alapján kimondható: a szél sebessége a magassággal növekszik, s az iránya jobbra forduló. Ez azt jelenti, hogy ha pl. a talaj mentén nyugati szelet érzékelünk, a magasban rendszerint északnyugati forduló.

A szél jobbra fordulását és erősödését grafikusán is ábrázolhatjuk, amit surlódási szélprofilnak nevezünk (Ekman-spirális, 23. ábra).



23. ábra: Ekman-spirális

Az ábrán  $v_0$  jelzi a talajon,  $v_1, v_2, \dots$  pedig a különböző magasságokban az átlagos szélvektorokat,  $v_g$  a surlódási szint magasságában számított geosztrófikus (egyensúlyos pályán áramló gradiens szél, amelynek mentén a légnyomáskülönbség meghatározta gradiens erő és a földforgás okozta eltérítő erő egyensúlyban van) szelet,  $\alpha_0, \alpha_1, \dots$  a hozzájuk tartozó eltérési szögeket.

A szélerősödés és a jobbrafordulás a surlódási szintig tart. A talajtól a surlódási szintig tartó réteget surlódási rétegnek nevezzük, felette kezdődik a szabad légtér. Valamely helyen a surlódási szint magassága elsősorban a talajfelszín minőségétől, valamint a légtömegek rétegződésétől is függ. Vizsgáljuk meg ezt az utóbbi összefüggést kissé részletesebben.

A labilis légtömegekben a levegő függőleges kicserélődése a konvekció (hővezetéses hőcsere) és a dinamikus turbulencia következtében intenzívebb, és magasabb szintekig kihat, mint a stabil légtömegekben. Amennyiben a talajközeli rétegekben inverzió van, a turbulens tevékenység gyengén fejlett. Ennek következtében a talajmenti rétegek és a magasabb szintek között nagyon lassú a cserélődés. Ilyenkor a talajközeli rétegekben gyakran szélcsend van, vagy gyenge szellő fúj, amelynek iránya és erőssége élesen különbözik a geosztrófikus széltől. Az inverziós réteg fölött viszont a szél rohamosan erősödik, gyorsan beáll a geosztrófikus szél irányába, mindezt már 3-400 méteres magasságban.

A szél jobbrafordulása és erősödése a troposzféra alsó kilométerében elmarad, ha a bárikus gradiens iránya és nagysága a magassággal hirtelen megváltozik. Ez a változás olyan is lehet, amikor a szél balra fordul, és a sebessége lecsökken, miáltal elfedi a szél sebességének az alsó rétegekben normálisnak mondható növekedését és jobbra fordulását.

A vizsgálatok statisztikai feldolgozása alapján Európában a surlódási szint közepes magassága 1000-1500 m között van. Hazánkban végzett ilyenirányú kutatások alapján Budapest felett a surlódási szint nyáron (és ciklonokban) 1100-1200 m között, télen (és anticiklonban) 700 méter körül helyezkedik el. A trópusokon ez kb. 2000 m-nél van.

#### A szél sebessége és természete

A különböző szélesebségek mellett történő repülések során mindig figyelembe kell venni a terep adottságait. Olyan sík vidéken, ahol a szintkülönbség nem több 100 méternél, gyakorlott pilóta megfelelő légijárművel 14 m/s szélesebséggig még biztonsággal repülni tud. Közepes nagyságú hegyek között ez lecsökken 11 m/s-ra, magasabb hegyek között pedig 8 m/s-ra. Lényeges szempont, hogy az átlagos szélesebség nagyságánál döntőbb annak a változékonysága.

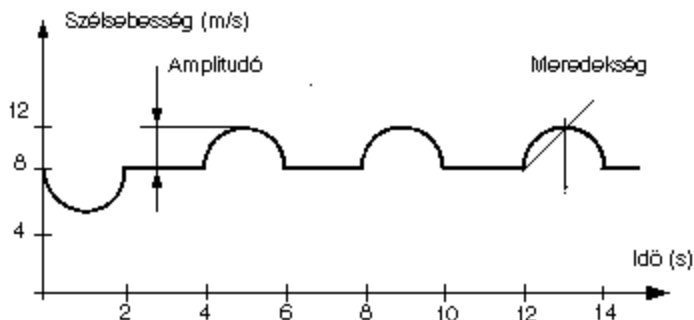
Természetesen, ezek a szélesebségértékek csak tájékoztató jellegűek. A siklóejtőernyőnk mérete (felületi terhelése), beállítása, tulajdonságai lényegesen eltérő repülési lehetőséget adhatnak! Például a 24 km/ó legnagyobb sebességű ejtőernyővel már 7 m/s-os szélben (25 km/ó) sem szabad felszállni, mert hátrafelé fog sodródni, sőt az ejtőernyő legnagyobb sebességénél 1-2 m/s-al kisebb szélben szabad csak repülni.

Tengerparton, ahol a szél háborítatlanul halad a víztükör fölött, 14 m/s-os szélesebségnél is lehet repülni. Egenyletesnek tekinthető a szél, ha az átlagos sebesség körüli ingadozása nem több 3-4 m/s-nál.



Természetesen ez csak akkor igaz, ha a változás lassú lefolyású, nem pedig lökészerű, amelyről később még szólunk.

Viszonylag egyszerűen meg lehet állapítani a szélamplitúdót, és a szélfrekvenciát. Szélirányba kell tartani a szélességmérőt, és figyelni kell a kijelzett értékeket. Ha az átlagos érték pl. 8 m/s, és ugrásszerűen 14-16 m/s-ra változik, akkor nem ajánlatos a repülés. Ha az eltérés (szélamplitúdó) negatív értékeket is mutat, akkor rendkívül nagy az áramlásleszakadás veszélye. Az elmondottakat nagyon szemléletesen mutatja a 24. ábra.



24. ábra: a szellökések lefolyása

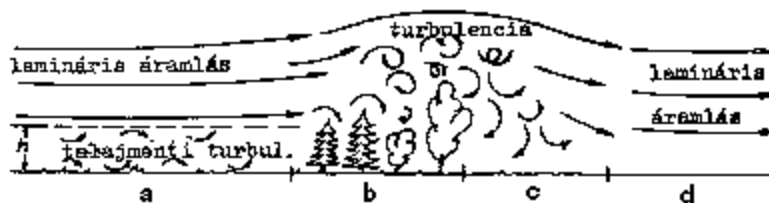
Az ember idővel maga is rájön, milyen szélviszonyok között "érzi jól magát", azaz biztonságérzete van. Az a siklóajtőernyős pilóta, aki a szélamplitúdó változásaira számít, nem lepődik meg, ha az bekövetkezik.

## Turbulencia

### Dinamikus turbulencia

Az átlagpilótának gyakran nehézséget okoz az, hogy nem ismeri a turbulencia jelenségét. Az igaz, hogy többéves repülési tapasztalat alapján arra helyesen képes reagálni, mégsem szívesen veszi a fáradságot a turbulencia okának megállapítására, vagy bizonyos mértékű elméleti jellegű összefüggések megértésére. A biztonság érdekében azonban be kell látni, nem kerülhető el annak megtárgyalása, miként lehet kikerülni a turbulenciából. Az okok és összefüggések helyes megértése következtében alkalmazott magatartásnormák egyre inkább magától értetődőnek tűnnek.

A turbulencia megfogalmazásához nézzük a 25. ábrát. Az "a" tartományban, egy bizonyos "h" magasságtól felfelé az áramlás lamináris, azaz örvénymentes. A talajközelségben enyhe surlódási turbulencia lép fel, amely onnan távolodva csökken, és feljebb meg is szűnik. Minden felület, legyen az bármilyen sima (akár üveg is), az áramlásban turbulenciát okoz, ha rajta (felette) áramló légrétegek sebességét megváltoztatja a magasabb légrétegekhez képest.



25. ábra: turbulencia keletkezése

Minden terepfelületnek meghatározott surlódási tényezője van. Kézenfekvő, hogy a durvább felület nagyobb surlódást okoz, mint a sima. Ami kicsiben érvényes, érvényes nagyban is: fenyőerdő nagyobb surlódási turbulenciát okoz, mint egy rét, egy hegyvonulat is nagyobbat, mint egy dombvidék.

Ezért látunk a "b" tartományban a fák fölött, viszonylag nagy turbulenciát, és az is jól látszik, hogy az örvénylés ott szabálytalan. Felfelé és lefelé irányuló szellőkések, gördülő, spirálalakú és keresztirányú légmozgások vannak sűrűn egymás mellett, és kölcsönösen is hatnak egymásra. Ezek a szabálytalan, aszimmetrikus légörvények nem véletlenszerűek, de gyakorlatilag lehetetlen karakterisztikájukat, mozgási irányukat kiszámítani, mert a turbulencia egyes részei állandóan taszítják, forgatják egymást.

Vizsgáljunk meg néhány örvényt, amelyek az akadályok közelében keletkeznek, leválnak és önállóan továbbhaladnak. Megállapíthatjuk, hogy az erős turbulencia az akadályok közelében képződik. Az akadályoktól eltávolodva csökken a turbulencia, majd teljesen meg is szűnik. Minél nagyobb a 25. ábrán az "a" tartományban a laminárisan áramló levegő sebessége, annál erősebb turbulencia keletkezik a "b" tartományánál, és annál magasabbra terjed ki a hatása.

Az utolsó akadály után - szélárnyékban - nem szűnik meg rögtön a turbulencia. Itt a levegő vissza akar térni az akadály előtti áramlási formához, de az csak egy idő múltával sikerül neki. Ezt a szakaszt a szélárnyék turbulenciának nevezik. Ennek a mértéke, erőssége, és megjelenési formája szintén a szélesebbesség függvénye (26. ábra).



26. ábra: a szélesebbesség és a turbulencia összefüggése (a: 2,5 m/s; b: 10 m/s)

Az említett példában a surlódás volt a turbulencia kiváltó oka. A surlódás azonban nemcsak a tereppel való érintkezéskor lép fel, hanem két eltérő sebességű légréteg érintkezési felületén is. Itt ugyancsak turbulencia keletkezik. Ha az irányuk is eltérő egymáshoz képest, akkor szélnyírásról beszélünk. A surlódási turbulenciát és a szélnyírást együttesen dinamikus turbulenciának nevezük. Az ehhez tartozó dinamikus konvekció fogalom eltérő a később tárgyalásra kerülő termikus konvekciótól.

A dinamikus turbulencia függőleges kiterjedését, valamint a szélárnyék mögötti méretét gyakran alábecsülik, ezért álljon itt néhány példa:

- dombos vidéken (legfeljebb 50 méteres dombmagassággal) a turbulencia a szélesebbeségtől függően, figyelembe véve természetesen a terep állapotát, a levegő stabil vagy labilis állapotát, az átlagos domborzati magasságtól mérve kb. 500 méterig terjed. 10 m/s-nál nagyobb sebességű talajszél esetén a turbulencia függőleges kiterjedése már 1000 méter is lehet.

- 500 méteres átlagos domborzati magasság esetén, függően a szélesebbeségtől, a dinamikus turbulencia magassága 1000-1500 méter lehet, a keletkező örvények átmérője 1-20 méter közötti - az átlagos méret 10 méter.

Általában a turbulencia 6 m/s-nál nagyobb szélesebbeségnél jelenik meg. A szélárnyékban keletkező turbulencia mérete gyakran elképesztő méreteket ölt. Magányosan álló fa szélárnyék turbulenciája több száz métert is elérheti. Összehasonlítva a széloldali turbulenciát a szélárnyékos oldalival - az utóbbi vízszintes kiterjedése háromszorosa az előbbinek.

#### Termikus turbulencia

A termikus turbulenciát, mindaddig amíg a külső hatásoktól mentes, cirkulációs folyamatnak foghatjuk fel, amit a Nap energiája vált ki. Ezért az évszak, a Nap állása és a besugárzott felület

hajlásszöge a folyamat döntő tényezői. Az adiabatikus hőmérsékleti tényezőnél nagyobb jelentőségű a termik másik feltétele: minél labilisabb a levegő, annál mozgékonyabb a függőleges mozgás. Harmadik feltételként a talaj minőségét kell említeni. Minél kevesebb a talajról a visszaverődés, minél jobb a hőtároló képessége, annál kedvezőbbek a termik kilátások. A talajfelület nedvességtartalma is szerepet játszik, ha nem is olyan nagy mértékben, mint a hőmérsékleti tényező. Előfordulhat, hogy a nedves talaj fölötti levegő kisebb sűrűsége következtében, ha szárazabb, nehezebb levegőrétegek veszik körül, felemelkedik, azonban ennek csak különleges felmelegedési körülmények között van jelentősége. A 27. ábrán megfigyelhető a termik kialakulására kedvező felületek (búzatábla, homokos talaj, stb.) felett felemelkedő "termikoszlopot", amely a növekvő magassággal egyre erőteljesebben emelkedik, és vízszintes irányban is kiterjed.



27. ábra: termikbuborék kialakulása

A termikbuborék felemelkedésekor a kidudorodó részek körmozgást végeznek bentről kifelé. A legnagyobb sebességű emelés a centrumban van, a széleken pedig lefelé irányuló mozgás. A talajnál a felemelkedő melegebb levegő helyét oldalról a helyére áramló hidegebb foglalja el. A termik emelőképessége annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérséklet különbség a kétféle légtömeg között.

Egy közepes termikforrás (pl. egy búzaföld) kb. 6 hektáros (200x300 m) felülete fölött az emelkedő légbuborék átmérője 600 méter is lehet. A termikbuborék kiterjedése, úgy vízszintes, mint függőleges irányban nő, és az emelkedés sebessége 500 m-es magasságban már a talajközeli sebességének a kétszerese. A belsejében sem egyenletes a sebesség, mivel a közepén hozzávetőleg kétszer akkora, mint a buborék emelkedési sebessége, tehát intenzív örvényképződésre kell számítani. Ha a termikleváláskor szél is van, akkor az a szél irányába elmozdul, és a széloldala nyomott. A leválástól a feloszlásig a termikbuborék élettartama 4-20 perc.

A dinamikus turbulenciát nagy valószínűséggel előre lokalizálni lehet, mert két fontos tényező - szélirány és akadályok - ismert. Ezzel szemben a termikus turbulenciánál sok bizonytalan tényező (hőmérséklet, nedvesség, orografikus és adiabatikus folyamatok) van jelen, amelyek külön-külön is hatnak, és egymást is befolyásolják.

Eddig a dinamikus és termikus turbulenciát mindig egymástól elkülönítve tárgyaltuk. A természetben azonban mindkét jelenség majdnem mindig összekapcsolódva, egymásra is hatva lép fel, ami megnehezíti a pillanatnyi helyzet értékelését. Csak többéves repülési gyakorlat után, és az időjárással való aktív foglalkozás révén válik lehetővé a táj és az időjárás együtteséből a termikus és dinamikus turbulencia viszonyainak helyes felmérése. Csak az egyes folyamatok alapvető elemeinek a megfigyelésével tudja bárki a repülés számára a megfelelő gyakorlati következtetéseket levonni.

A termikus turbulencia rendkívül kényes dolog lehet leszállásnál. A termikbuborék ugyanis csak akkor válik el önmagától a földfelszíntől, ha a buborék belső energiája (levegőtömeg mérete és hőmérséklete) elég nagy ahhoz, hogy elemelkedjen a földről. Ha még egy el nem emelkedett meleg levegő "dombba" belerepülünk, akkor a kupola előtt/alatt tolt levegőtömeg pótolja a képződmény leválásához hiányzó belső energiáját, és hirtelen elszabadul a termikbuborék. Ha ez a termikbuborék érinti a kupolánkat, vagy a helyére áramló levegő hat rá, akkor hirtelen megváltoznak az áramlási viszonyok a profil körül - az eredmény lengés, átesés földközélen.

Ha széllal szemben ketten ugyanarra a pontra szállnak le, nagyon kis követési távolsággal, akkor előfordulhat az is, hogy az elsőként földetérő elindítja a termiket, és a másodiknak csukódik össze a kupolája.

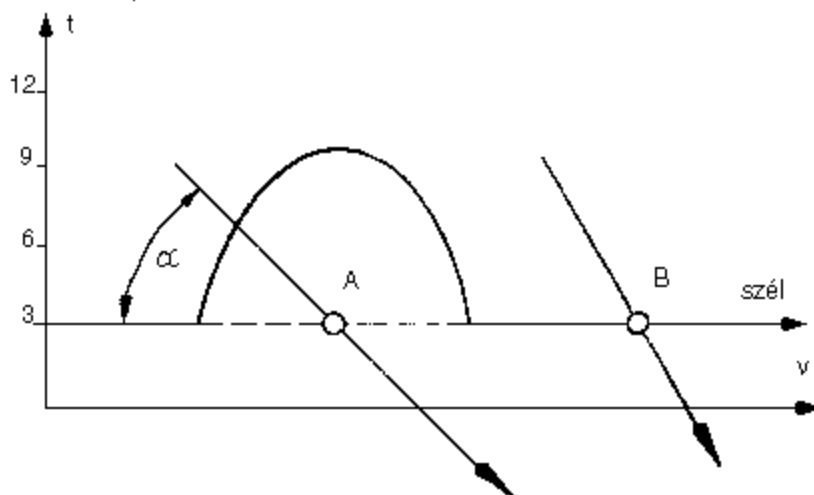
A turbulenciákat mértékük szerint az alábbi csoportokra osztják:

- mikro- méretű, amely magában foglalja az 1 mm és 1 km közti méretű, és max. 10 percig tartó turbulenciákat; ezen tartomány nagy hatással van a repülés során a kormányozdulatokra,
- közepméretű, amely 1 - 500 km nagyságú, és időben 1 perctől 1 napig tartanak; ezek már kis zivatarokkal és kumulonimbusz felhőkkel járnak,
- nagyméretű, amelynek térbeli kiterjedése 500 km-től a Föld teljes felszínéig változik; időtartama 1 - 3 nap.

A repülésnél turbulencia alatt általában a mikro-méretű turbulenciát értjük, ezért a továbbiakban turbulencia alatt csak erről a tartományról beszélünk.

### Szellökések

Ha a szélesség hirtelen, jól érezhetően növekszik, akkor szellökésről beszélünk. Ennek iránya bármilyen lehet. A szellökések hosszabb vagy rövidebb idejűek lehetnek, és az intenzitásuk is különböző. Korábban a szélirány változásait kétdimenziósan (idő és sebesség) vizsgáltuk, de itt már ki kell terjeszteni a vizsgálatot háromdimenziósra, amely már a változás irányát is figyelembe veszi (28. ábra).



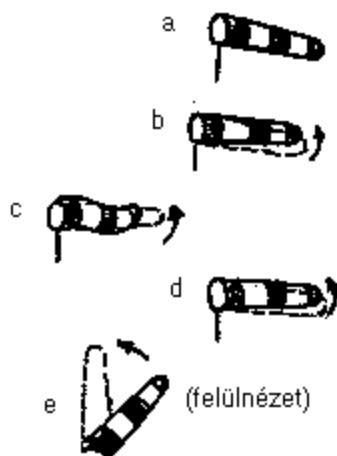
28. ábra: a szellökés grafikus ábrázolás

Az ábra szerint a fő szélirány  $180^\circ$ -os (déli szél). Ha szél elfordú  $+45^\circ$ -ot  $225^\circ$ -ra, úgy a legnagyobb irányelmozdulás időpontjában egy nyilat rajzolunk úgy, mintha a megfigyelő - szokásnak megfelelően - a széllel szemben állna. Természetesen a szélirányváltozás sebességingadozás nélkül is bekövetkezhet, mint az ábra B pontjában is látható. Tehát a berajzolt nyíl mutatja a vízszintes síkban az irányeltérés változását. De, ha függőleges irányeltérés is van, akkor az irányjelző nyíl nem folytonos vonallal rajzoljuk.

A háromdimenziós széljellemző bemutatása kísérlet arra, hogy grafikus ábrázolással tegyük világosabbá az összefüggéseket. Az ábrázolás matematikai analízis alapjaként is felhasználható. A modell az első ránézésre bonyolultnak tűnik, mégis a gyakorlatba való átültetése, a szél megfigyelése rendkívül egyszerű, de elméleti-gyakorlati áttekintés nélkül mégsem világos.

Háromdimenziós széljellemzők és a szélzsák:

Az 29. ábrán 1-6 számokkal vannak a különböző jellemzők bemutatva, mellettük pedig a jellemző állásai a szélzsáknak. A szélzsák előző helyzete szaggatott vonallal van rajzolva.



29. ábra: a széljellemzők és a szélzsák viszonya. Az ábrán a szélzsák állások az alábbi szélességeket jelentik: a: átlagos szélesség - 6 m/s, b: 3 m/s-os pozitív amplitúdójú szél, c: az első másodpercben erős deformálódás - nagy meredekségű széllejtés, d: 3 s-os széllejtés - a szélzsák 3 s-ig marad fenn, e: felülnézetben 45°-os irányeltérés - szélirány elfordulás

Számos vizsgálatot végeztek a széllejtések témájában, hogy jobban megismerjék a szél jellemzőit, hiszen minél jobban ismerünk valamely jelenséget, annál jobban tudunk hozzá alkalmazkodni, ki lehet védeni a negatív hatásokat.

Áttérve az elméleti vizsgálódásról a gyakorlatra meállapítható, hogy ha az ember lamináris áramlásban repül, akkor időnként széllejtésekkel találkozik, amelyeket ellenkormányzással könnyen ki lehet védeni, mert az erő szimmetrikusan hat, s tulajdonképpen nem történik más, mint hogy a légi járművet az energia felemeli. Ez azonban bizonyos túlterhelést jelent, s közben a sebességet úgy kell tartani, hogy az egyik oldal lehetőleg minél kevésbé legyen túlterhelve, a másik oldalon pedig ne szűnjön meg a felhajtóerő, maradjon elegendő sebességtartalék. Mint már szó volt róla, a viszonylag nagy sebességgel való repülés feltétele az, hogy a szél jellemzői bizonyos feltételeknek megfeleljenek. Ilyen feltétel a kis amplitúdó, amelyik lehetőleg pozitív irányú. A negatív amplitúdó, azaz az átlagos sebesség nullára vagy kis értékre csökkenése, nagyon érzékeny helyzetbe hozza a siklóejtőernyőt, mivel a repülési sebessége közel azonos a szélességgel, vagyis 3 m/s-os negatív amplitúdó már áramlásleszakadást okozhat. Ezzel szemben 3-6 m/s-os pozitív amplitúdó esetén minden veszély nélkül lehet repülni, főleg ha a kupola felületi terhelése nagyobb.

Egy széllejtés meredeksége a karakterisztikájának lényeges ismérve, mert minél nagyobb a meredekség, annál nagyobb a légi járműre ható terhelés, valamint kevesebb ideje van a pilótának is a korrigálásra. A nagyon erős meredekség - 1 s vagy kevesebb - különösen akkor veszélyes, ha nagy az amplitúdója is. Különösen veszélyes a negatív amplitúdó nagy meredekséggel, mert ilyenkor a szembefújó szél sebességének nullára csökkenésekor könnyen átesési tartományba kerülhet a siklóejtőernyő. Ez az egyik oka, hogy siklóejtőernyővel kerülni kell a lökéses szélben való repülést.

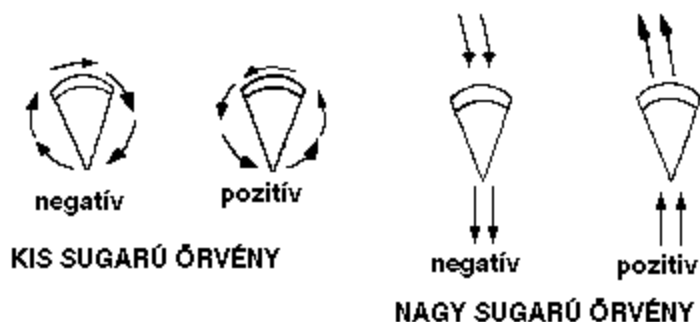
A szélfrekvenciának (az ingadozás időtartamának), azon kívül, hogy szoros összefüggésben van a meredekséggel, alig van jelentősége. Megfigyelhető az összefüggés: a kis frekvencia legtöbbször erős, a nagy pedig lapos meredekséggel járnak. Természetesen itt is kivétel erősíti a szabályt.

A kezdők gyakran jobban félnek a néhány méteres magasságtól, mint a túl gyors, vagy túl lassú repüléstől. Széllejtéses körülmények között pedig a sebesség a döntő. A pilóta tehát ne arra figyeljen, hogy egyenesen repüljön, hanem arra, hogy biztonságos sebességet tartson. Függetlenül attól, hogy közben emelkedik vagy süllyed.

Hátúlról támadó szélökés esetén nem a túlterhelés, hanem az átesés veszélye lép fel. Még tapasztalt pilóták is hajlamosak ebben a helyzetben a túl lassú repülésre, mert a megfelelő sebességnél a merülés túl nagyok tünik.

### Örvények

Ha egy áramlás egy képzeletbeli tengely körül kör- vagy ellipszis alakot leírva forog, örvényről (örvénylésről) beszélünk. Az örvénylés tengelyvonala lehet vízszintes és függőleges. Ha a vízszintes örvénylés tengelye párhuzamos a haladási irányunkkal, vagy arra merőleges, megkülönböztetünk kersztirányú (bólintó) és hosszirányú (gördülő) örvényeket. Negatív bólintásról akkor beszélünk, ha merülésbe, pozitívra, ha emelésbe visz (30. ábra). Ez az örvény lehet jobbos - ha az óramutató járásával egyező - balos ha azzal ellentétes a fogási iránya.



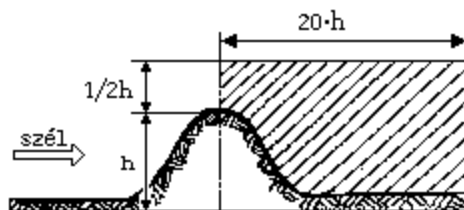
30. ábra: a gördülő örvény

Az ábrán jól látható, hogy akár bólintó, akár gördülő örvényeknél a sugár csak le- vagy felszálló "szélként" érzékelhető. Minél kisebb azonban az örvény sugara, annál intenzívebb a keletkező bólintó vagy gördülő mozgás.

Ha az ember energiagazdag, kissugarú bólintó örvényre talál, úgy az állásszög jelentősen megnövelhető. Ha nagy a sugara, akkor az örvénytől függően többé-kevésbé erős emelkedést érzünk. Az áramlás iránya majdnem függőleges, a haladási sebesség lecsökken. Tehát elhagyva az örvényt fennáll veszélye, hogy átesési sebességgel repülünk. Ez egyaránt érvényes örvényekre, és szélökésekre, tehát mindig rendelkezni kell megfelelő sebességtartalékkal.

Az örvények keletkezésénél döntő jelentőségű a turbulenciát okozó tárgyak alakja és mérete. A nagyobb méretű tereptárgy nagyobb örvényt kelt - noha nem intenzívebbet - mint a kisebb méretű. Egy szögletes épület kisebb szélesebb esetén is erőteljesebb turbulenciát okoz, mint a lekerekített.

Hogyan ismerhető fel, hogy a repülő terepen veszélyes turbulencia van jelen? A kiemelkedő tereptárgyak megléte, méreteik és a szél iránya szabja meg, milyen szélesebbnél és hol keletkezik elég erős örvénylés ahhoz, hogy veszélyes legyen a siklóejtőernyőre. Itt a méreten azt a távolságot értjük, ami a földetérési pont és tereptárgy között van (31. ábra).



31. ábra: tereptárgy mögötti biztonságos földetérés távolsága

A kupolára ható erők arányosak a szél sebességváltozásából eredő hatásokkal. Ennél fogva veszélyesebb a turbulencián gyorsan, mint lassan keresztül repülni. Legcélszerűbb 30-50%-os fékezéssel végezni. A túl lassú repülés sem ajánlott, mert szállókés hatására áteshet a kupola.

### **A felhők és a köd.**

Ha a levegő páratartalma láthatóvá válik, akkor felhőről vagy ködről beszélünk. A ködöt a kivált vízcseppek nagysága különbözteti meg, a felhőkben vannak a nagyobbak.

A víz a levegőbe pára alakjában kerül, de természetesen a levegőnek véges vízfelvevőképessége van, amely mindig a levegő hőmérsékletétől és a nyomásától függ. Állandó nyomáson a hőmérsékletet változtatva, eljutunk egy olyan értékhez, ahol a pára kicsapódik, vagy ha tud mire, lecsapódik. Ezt nevezzük harmatpontnak. Ha az adott légtömeg hőmérséklete és a harmatponti hőmérséklet között kicsi a különbség, számíthatunk a felhőképződésre. Ha túltelítetté válik a levegő, megkezdődik a kiválás, amely történhet kondenzáció (vízkiválás), vagy szublimáció (jégkiválás) formájában. A kiválás tulajdonképpen kicsapódás, azaz kondenzációs (szublimációs) magokra van szükség, amit a levegő portartalma szolgáltatja. A kondenzáció hőfelszabadulással jár, tehát a felhők belsejében a magassággal kevésbé csökken a hőmérséklet (kb.  $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).

A felhők emelkedésével folytatódik a kondenzáció, a cseppek mérete nő. Bizonyos nagyságot elérve a föld vonzását nem egyenlíti ki a felhajtóerő, a cseppek lehullanak, azaz csapadék (eső) keletkezik. Ökölszabályként: gomoly (kumulusz) felhőből az eső akkor kezd hullani, amikor a felhő körül a hőmérséklet  $-10^{\circ}\text{C}$ -ra hűl.

A felhőket alakjuk szerint három csoportba soroljuk:

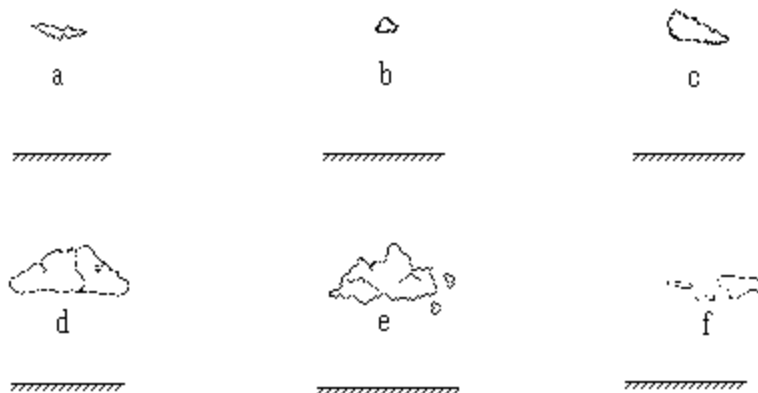
- gomolyfelhő (kumulusz): felszálló légtömegek által keletkezik
- rétegfelhő (sztratusz): nagykiterjedésű felszálló légtömegek hozzák létre
- lencsefelhő (lentikularisz): hegyek szélárnyékos oldala felett képződik

Ha ezek esőfelhők, akkor a nevük kiegészül a latin nimbusz (eső) szóval.

Elhelyezkedési magasságuk szerint a felhők lehetnek:

- 6000 m fölöttiek a jégtartalom miatt cirrusz előtagot kapnak
- 2500-6000 m között alto előtagot kapnak a nevek
- 2500 m alatt nem kapnak kiegészítő nevet a felhők

Mivel a siklóejtőernyősök számára legnagyobb jelentőséggel a gomolyfelhők bírnak, annak kialakulásával, továbbfejlődésével kissé részletesebben kell foglalkoznunk. A kialakulás egyes fázisait a 32. ábrán követhetjük.

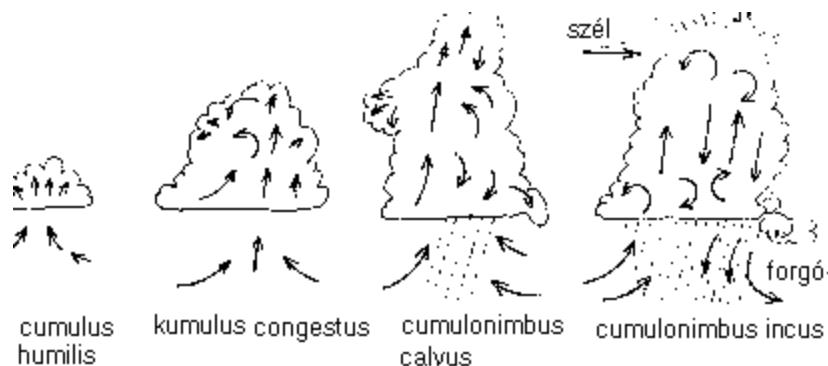


32. ábra: a kumulusz felhők fejlődési szakaszai

a/ fátyolfelhő; b/ gömbszerű fátyolfelhő; c/ tipikus kumulusz humilis ("bárány" - lapos gomolyfelhő), ez a szép idő jellemzője; d/ kitágult kumulusz humilis, függőleges irányban labilis, karfiolra hasonlít, ha az alja egyenes, akkor tart még az alúlról történő táplálás; e/ kontúrok határozatlanok, rojtosodás, (termik) táplálása megszűnt, foszlányok leválása; f/ a felhő feloszlik.

A kumulusz alatt az emelő áramlatok általában reggeltől kora délutánig erősödnek, majd gyengülnek. A felhőalap a nap folyamán emelkedik. Ha egész nap süt a Nap, fűledt az idő, gyakran "nyári zápor" alakul ki a késő délutáni vagy esti órákban. Ha a labilitás nedves és nagy magasságig terjed, akkor a kumulusz kongesztusz (tornyos gomolyfelhő) kumulonimbusz kalvusszá (csupas zivatarfelhő) fejlődik. Ennek a felhőnek már tekintélyes függőleges mérete van: több ezer méter - nagysebességű fel- és leszálló szelek jelentkeznek. Ez a felhőfajta felismerhető az oldalsó le- és felefelé irányuló "kinövéséről". Azok a kumulonimbuszok, melyeknek a csúcsa jéghegyszerűen néz ki, zivatarfelhőbe mennek át. Az elülső oldalán olykor a tengerészek általa félelmetes "vihargallérnak" nevezett hengeres alak képződik. Ha a kumulonimbusz elülső részén uralkodó "szívószerű" felemeli az előszelet, akkor szélcsend keletkezik, az u.n. "vihar előtti csend".

Az erős szél idő előtt elfújja a kezdődő termiket, a légbuborékokat mozgásba hozza, azok gyorsulva felemelkednek, tehát nem talajközelségben, hanem kisebb magasságban alakulnak ki emelések, amelyeket nem lehet előre kiszámítani.

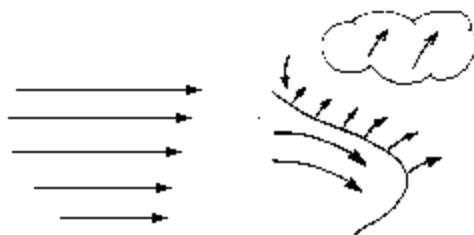


33. ábra: a viharfelhő kialakulása

Egy másik folyamat, ami figyelemre méltó, az u.n. termikék kialakulása. Ha a légbuborék felfelé mozog, a talajjal nincs már kapcsolata, a szél eltéríti és kialakul egy átlós irányú mozgás felülről lefelé. A felszálló levegő helyét hideg levegő tölti ki, s ha a szélesség a magassággal növekszik, a beáramló

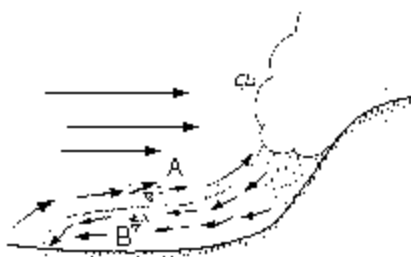


levegő nem falként, hanem ékként mozog (34. ábra). Ez a jelenség növeli a légbuborék emelkedési sebességét.



34. ábra: a temikék sémája

Ennek egy másik formája a kumulonimbusz alatt keletkező "légzsák", amely különösen talajközeli okozhat problémákat leszállás során (35. ábra), az A pontban jelentkező erős szembeszél, és a B pontban lévő hátszél miatt.

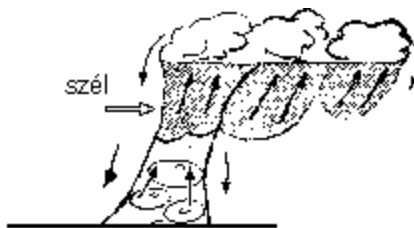


35. ábra: a "légzsák" keletkezése

Hasonló jelenség lép fel az időjárási frontoknál is - a meleg levegő felszálló frontként jelentkezik a meleg- és hideg levegő érintkezési vonalában, amikor a hidegfront ékje mozog, és ez gyakran 1000 m vastag örvényes réteget hoz létre.

A talajnál felmelegedett levegő - a korábban leírtak szerint - felemelkedik. Az emelkedés közben eléri a kondenzációs szintjét, amely a talajmenti hőmérsékletétől és nedvességtartalmától függ. A kondenzációs szinten a felszálló levegő telítetté válik, majd a további emelkedés során túltelített lesz, tehát kicsapódás azaz felhőképződés kezdődik. Az így kialakult felhő kumulusz típusú. A kondenzációs folyamat következtében közben kialakul egy másodlagos, erős feláramlás. Alulról felfelé légtömegek áramlanak, de egyben oldalról is, vagyis a felhő "szopik".

A kumulusz felhő tehát nem szorúl rá okvetlenül az alulról felemelkedő talajmenti termikre, elegendő felhajtóerővel rendelkezik akkor is, ha az "utánpótlás" hosszabban kimarad.



36. ábra: a felhőtermik sémája

Egy kumuluszfelhő alapja kiszámítható, feltéve ha a mért értékek a kifejlődés helyéről származnak:

$$h = 122 \times (t - t_p)$$

ahol  $h$  - a felhőalap magassága (m-ben)

$t$  - a talajnál mért hőmérséklet

$t_p$  - a harmatpont hőmérséklete

Pl.  $t = 21^\circ\text{C}$

$t_p = 8,3^\circ\text{C}$  (táblázatból 45%-os relatív légnedvességhez)

$h = 122 \times (21 - 8,3) = 1550 \text{ m}$

A képlettel csak közelítő értéket kapunk, de a gyakorlatban viszonylag jól használható. Egzakt eredményt csak a függőleges hőmérsékleteloszlás rádiószondával történő mérésével lehet kapni.

### Atmoszférikus frontok, ciklonok és anticiklonok

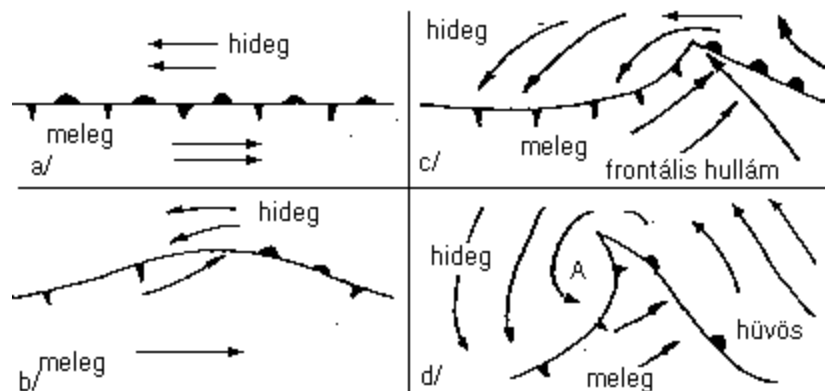
A hőmérséklet és légnyomás eloszlásában, vízszintes irányban a földfelszín és a levegő egyenetlen felmelegedése miatt lényeges eltérés van. A legkülönbözőbb irányokban mozgó, nagymértékben különböző fizikai jellemzőkkel bíró légtömegek gyakran megközelítik egymást, ami átmeneti, frontális zónák létrejöttéhez vezetnek.

A mérsékelt égövön különösen sok frontális zóna van. Itt az északról mozgó hideg levegő találkozása a leggyakoribb a délről érkező meleg levegővel. A horizontális hőmérsékleti kontraszt nagysága itt a legnagyobb az egész földgolyón.

A frontális zónák szakadatlanul keletkeznek, kifejlődnek és megsemmisülnek. Intenzitásuk nagymértékben függ a találkozó légtömegek hőmérsékletének a különbségétől. A frontális zónák alakulását a meleg és hideg légtömegek felületi megoszlása kíséri, és ezeket nevezzük atmoszférikus frontoknak. A felületek mindig a hideg irányba hajlanak, amely nehezebb lévén, a melegebb levegő alatt ék alakban helyezkedik el. A frontfelületek hajlásszöge a horizonthoz képest nagyon kicsi, kb.  $1^\circ$ . Az atmoszférikus frontok közepes földrajzi szélességeken 8-12 km magasságig terjednek, de néha megtalálhatók az atmoszféra alsó rétegében is.

A találkozó hideg- és meleg légtömegek állandó mozgásban vannak, és attól függően, hogy a frontfelületükhöz képest hogyan haladnak tovább, azaz melyik az "erősebb", beszélünk hideg- vagy melegfrontról.

A hideg- és melegfrontok bonyolult összefüggésű találkozását ciklonoknak vagy anticiklonoknak nevezzük. Horizontális átmérőjük általában 1000-2000 km, de nagyobb sem ritka. Vertikális kiterjedésük nem nagy, ami az intenzitásuktól és fejlődési stádiumuktól függ.



37. ábra: egy ciklon kialakulása

A ciklonokban és anticiklonokban a cirkuláció örvényes formáját a nyomásmező határozza meg. A ciklonokban az atmoszférikus nyomás legalacsonyabb értéke a középpontban mérhető, és a szélek felé növekszik. Az anticiklonban ez éppen fordítva van. Az északi féltekén a levegő áramlása az első esetben az

óramutató járásával ellentétes, és a perifériától a közép felé tart, a második esetben pedig az irány megegyező az óramutató járásával, és a középtől a periféria felé tart.

A levegő cirkulációjának megfelelően a földfelszínen áramló levegő a ciklonrendszerben felemelkedik, és a középső-, felső troposzférában oszlik szét. Ha az áramlás miatt fogy a légtömeg, akkor a légnyomás esik, azaz a ciklon továbbfejlődik. A kifejlődő ciklonban a felemelkedés miatt a levegő lehűlik, a vízpára kondenzálódik, felhő képződik, és csapadék válik ki. Ezért a ciklonra borult, csapadékos időjárás a jellemző.

Az anticiklon rendszerben a levegő a földfelszínen áramlik a középtől a periféria felé. Egyidejűleg történik a magasban a levegő szélekről a középpont felé áramlása. Ha a magasban áramló levegő mennyisége nagyobb, mint az alsó rétegben áramló, akkor a légnyomás nő, és az anticiklon tovább erősödik. A levegő lefelé való mozgása az anticiklonban annak adiabatikus felmelegedéséhez vezet. Ennek következtében a vízpára messzebb kerül a telítettségtől, és a felhők feloszlanak. Ezért az anticiklont kevesebb felhő jellemzi.

A ciklonok és anticiklonok mozgási sebessége széles határok között változik. A kifejlődés kezdeti állapotában 40-50 km/ó, később mozgási sebességük csökken, és közben közepük gyakran szabálytalan hurkot ír le.

A ciklon mozgási rendszerében a hidegfront hátul, a melegfront elől helyezkedik el. Ezért amikor a ciklon valamilyen ponthoz közeledik, a hőmérséklet kezdetben emelkedik, aztán észrevehetően csökken. A ciklon kifejlődésének periódusában, amikor a középpontban a nyomás csökken, az atmoszférikus front erősödik. Ez viszont tartós csapadékkiválással jár. Ezek a folyamatok kifejezettebbek a ciklon középső és első részén, a melegfront zónájában. A hátoldalán a levegő lassan emelkedik, a széleken a levegő süllyedése is tapasztalható. Az esetek többségében a nyomásesés ciklon közeledését, időjárásromlást jelez. A nyomás növekedése a ciklon távozását, anticiklon közeledését jelenti, azaz az időjárás javulást. Ezek a törvényszerűségek természetesen csak tendenciálisan érvényesülnek.

### **Az időjárás és a siklóajtőernyőzés**

A siklóajtőernyős a várható időjárásról több forrásból is beszerezheti az információkat. A viszonylag rendszeresen ismétlődő viszonyokat a statisztikákon alapuló időjárás térképek tartalmazzák. A nagy kiterjedésű változásokról a meteorológiai intézet jelentései adnak felvilágosítást. A lokális időjárás viszonyokról a repülőterepet rendszeresen használó siklóajtőernyősöktől lehet informálódni.

Tudatában kell lenni annak, hogy az időjárásjelentések mindig feltételes módban vannak megfogalmazva, tehát valamilyen valószínűséggel bekövetkező eseményként kell kezelni. Mivel a siklóajtőernyősöket elsősorban a lokális időjárás érdekli, jó ha a máshonnan beszerzett információkat kiegészíti az általános (és sok évszázados) megfigyelési tapasztalatokkal. Ezért a "saját prognózis" elkészítésének megkönnyítésére ismertetünk néhány jól használható, megfigyeléseken alapuló tapasztalatot.

1/ Ha a gomolyfelhők este nem oszlanak fel, időjárásrosszabbodás várható.

2/ A köd napkelte után - legtöbbször - annyi idő elteltével száll fel, mint amennyivel napkelte előtt keletkezett.

3/ Napsütéses időben az erősebb harmatképződés az uralkodó szépidő tartósságára utal.

4/ Ha reggel nem repülnek a galambok, időjárásváltozás várható.

5/ A Nap körüli gyűrű, nap-, vagy holdudvar legtöbbször időjárásromlást, közeledő frontot jelez.

6/ Nagyon gyorsan szálló felhők erős szelet sejtetnek, ami időjárásváltozásra utal.

7/ Hegyről leszálló sűrű köd reggel gyorsan és teljesen feloszlik - napsütéses idő várható.

8/ Dél körül hirtelen kitisztul az idő, a meleg napsütés ritkán jelent jóidőt, gyakran már kora délután elered az eső.

9/ Felhőpadok, ujjszerűen felfelé mutató felhőtornyocskák, oromzatok, azonos magasságú foszlányok, délutánra vagy estére záporosít jeleznek.

10/ Ha a völgszél napközbeni, és a hegyszél éjszakai szabályos váltását valami megzavarja, akkor a légtömegek hőmérséklet eloszlása vált abnormálissá, és az időjárás rosszabbodására lehet számítani.

11/ Ha kora tavaszi napon a hőmérséklet jóval az átlagos fölött van, akkor az időjárás rosszabbra fordulása várható.

12/ Ha a normális nappali és éjszakai hőmérsékletváltozásnál zavar támad, akkor az uralkodó időjárás hamarosan megváltozik.

13/ Éjszakai és kora reggeli zivatarok keletkezését gyakran alacsony nyomású légtömegek okozzák - következményük a rossz időjárás.

14/ A gyors nyomásnövekedés legtöbbször csak rövid ideig tartó javulást okoz, a gyors nyomásesés hirtelen időjárásromlással jár.

15/ Lassú, egyenletes légnyomásnövekedés, és a szél elfordulása déli irányból nyugatira vagy északira, az tartós időjárásjavulást jelent.

16/ Magas hegyek között a fehérre váltó égbolt nagy páratartalmat jelent, leginkább pedig a rossz idő előjele.

17/ Színesen világító felhők arra intenek, hogy gondosan figyelni kell az időjárást, mert legtöbbször rossz idő következik

18/ Hatalmas felhőtömegek, gyorsan növekvő felhőtornyokkal, melyeknek a szélein nem látható jelentősebb süllyedés vagy feloszlás, mindig zivatar- és záporveszélyt jelentenek, erős lehűléssel párosulva.

19/ Légnyomásesés, északról nyugatra és délre forduló szélirány időjárás rosszabbodást jelent, növekvő csapadékkal.

20/ Éjszaka erős nyomásesés déli széllel párosulva jelzi az uralkodó szép idő végét.

21/ Éjszakai erős nyomásesés mindig közeli légnyomás minimumot jelent.

22/ A légnyomás rövid időn belüli sűrű változása változó időjárást jelent.

23/ Ha síkvidéken elmarad a reggeli páralecsapódás, fokozatosan rosszabbodik az időjárás.

24/ Ha magasabb helyeken a párosodás csökkenti a látótávolságot, szintén időjárás rosszabbodás várható.

25/ Ha a felkelő- vagy lenyugvó nap vörösre vagy piszkos sárgás-vörösre színeződik, romlik az időjárás.

26/ Magaslatti helyen növekvő hőmérséklet és gyengülő szél, valamint új felhő képződésének hiánya stabil, nagynyomású időjárási állapot kialakulását jelenti.

27/ Az égbolt mélykék színe, élénkörös napkelte és -nyugta a szépidő jele.

28/ Jóidő esetén megmarad a különbség a mélyedésekben lévő párasság és a magaslatti tiszta levegő között, vagy még fokozódik is.

29/ Ha egész nap tart a gomolyfelhők képződése, és a felhők alapja lapos, kissé szétszórt fátyolfelhőkkel együtt, sűrűsödés nélkül - ez a tartós jóidő jele.

30/ A légnyomás napi változása napsütéses nyári napokon jobban észlelhető, ezért azt nem szabad nagyobb időjárásváltozással kapcsolatba hozni.

31/ Mélyenfekvő területeken erősen növekvő légnyomás; tartós javulás várható.

32/ Hegyeken tartós légnyomás- és hőmérséklet növekedés hosszabb jó időjárási viszonyok jele.

33/ Halványkék, felhőtlen ég, enyhén szeles időben, tartós szép időt ígér.

34/ Az ég kék színének szürke tónusba való átmenetét legtöbbször beborulás és eső követi, nyáron gyakran zivatar is.

35/ Naplemente után egy idő múlva a horizont ezüstös elszíneződése gyakran a várható szép idő jele.

36/ Távoli tárgyak (toronyok, erdők, hegyek) láthatósága sík vidéken arra utal, hogy nyugodt, szép idő után hamarosan esni fog.

37/ Távoli táj elszíneződése mélykékre vagy sötét színekre, az a rossz idő előjele, legtöbbször esővel.

38/ Igen jó láthatóság szeles időben; rövidesen jó idő várható.

39/ Erős párásság esetén a napfény csikossá válása, gyakran derült időben (a Nap "vízszívó hatása" következtében), gyors felhőképződéshez vezet, nyáron hamarosan zivatar is követi.

40/ Ha eső után a láthatóság rossz marad, a közeli környezet párás, akkor azon a napon gyakran újra esik, nyáridőben futó záppal, zivatarral lehet számolni.

41/ Ha éjszakai égbolton a csillagok fényesen világítanak, az nyáridőben esővel járó változást jelent.

42/ Vízpart menti területen a jó látási viszonyok, világoskék fények általában szép időt, sötétkék fények esős, szeles időt jelentenek.

43/ Tartósabb országos eső idején jelentős szélélénküléskor az eső abbamaradására lehet számítani.

44/ Ha esni kezd, és a szél eláll, akkor az eső tartós lesz.

45/ Északi, északkeleti szél esetén az eső legtöbbször kiadós.

46/ *Az időjárásban egy dolog az állandó: az, hogy sohasem állandó!*

Végezetül néhány tézis az amerikai vitorlázórepülő Gren Seibeltől:

- A rossz idő mindig tovább tart, mint a jó.
- A rossz idő bekövetkeztének esélye 9:1 arányú a jó idővel szemben.
- A rossz időjárásra legtöbbször hétvégeken és versenyeken lehet számítani.
- Kis zivatarnak nevezett valami egyáltalán nem létezik.
- Ha a prognózis szerint helyenként növekszik, akkor mindenütt csökken.

-.-