

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

Léggör áramlások, meteorológiai alapok

Balogh Miklós
Áramlástan Tanszék

2015. november 05.



Vázlat

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

① Bevezetés

② A Léggör

③ A szél

④ Légnedvesség

⑤ Időjárás



Meteorológia és környezetvédelem

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

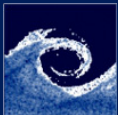
A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Meteorológiai előrejelzések
 - Globális
 - Regionális
 - Lokális
- Adatszolgáltatás
 - Veszélyjelzés (Katasztrófavédelem)
 - Speciális adatok (Paksi Atomerőmű Zrt., ELMŰ, stb.)
- Modellézés (eseményanalízis)
 - Elő-vizsgálatok
 - Utó-vizsgálatok



A légkör

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- A Földet körülvevő gázburok
- A Föld szféráinak összekapcsolója
 - Atmoszféra - Légkör
 - Hidroszféra - Folyók, Tavak, Tengerek, Óceánok
 - Litoszféra - Földkéreg
 - Bioszféra - A fentiek élőlények által benépesített része
- Fizikai folyamatokban játszott szerepe
 - Sugárzás szűrése
 - Energia átadása
 - Anyag szállítása



A légkör összetétele

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- állandó gázok (alsó 100 km)

Gáz neve	Vegyjele	Súlya [%]	Térfogata [%]
Nitrogén	N_2	75.5	78.0
Oxogén	O_2	23.2	21.0
Argon	Ar	1.3	0.8
Egyéb	-	0.1	0.2

- Vendég gázok

Gáz neve	Vegyjele	Térfogata [%]
Vízgőz	H_2O	0.4
Szén-dioxid	CO_2	0.03
Ózon	O_3	$2 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-6}$
Por, korom	-	~ 0



A légkör állapothatározói - hőmérséklet

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

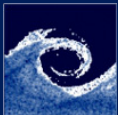
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Anyagi jellemző, fizikai állapothatározó
- Az anyag részecskéinek átlagos mozgási energiájával arányos
- Jelölés: T [$^{\circ}K$], t [$^{\circ}C$]
- Mérése:
 - Hőmérőházban (árnyékban), 2 méter magasságban
 - Hőtáguláson alapuló eszközökkel (pl. folyadékos hőmérő)
 - Elektromos módszerrel (pl. termoelem)
- Hőátadás
 - Hővezetés - Molekulák kölcsönhatásával adódik át
 - Sugárzás - hosszuhullámú sugárzás formájában adódik át
 - Hőáramlás - anyag áramlásával, keveredésével adódik át
- Tengerszinten: $t_0 = 15^{\circ}C$, $T_0 = 273 + 15^{\circ}K = 288^{\circ}K$



A légkör állapothatározói - légnyomás

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Fizikai állapothatározó
- Felületegységre ható (nyomó)erő: $p = F/A$
- Jelölés: p [Pa] vagy [N/m^2]
- Mérése:
 - Mechanikus (szelencés műszerekkel)
 - Folyadékoszlop magasságának mérésével (pl. higanyos barométer)
 - Elektromos módszerrel (pl. piezoelektromos érzékelővel)
- Tengerszintre vonatkozó értéke: $p_0 = 101325Pa$



A léghő állapotátározói - sűrűség

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

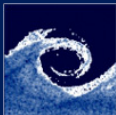
A Léghő

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Anyagi jellemző
- Az anyag részecskéinek térfogategységre eső tömegével arányos
- Jelölés: ρ [kg/m^3]
- Származtatása:
 - A levegő más állapotátározóinak ismeretében kifejezhető
 - Gáztörvény: $p = \rho RT$, ahol $R = 287$ a specifikus gázállandó
- Tengerszintre vonatkozó értéke: $\rho_0 = \frac{p_0}{RT_0} = 1.225$



A légkör vertikális felépítése I.

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

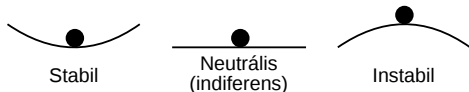
A szél

Légnedvesség

Időjárás

• Stabilitás - a légkör függőleges rétegződése

- Hőmérsékleti gradiens: $\gamma = -\frac{\Delta T}{\Delta z} = -\frac{T(z_2) - T(z_1)}{z_2 - z_1}$
- Stabil rétegződés: $\gamma < \Gamma$
- Neutrális rétegződés: $\gamma = \Gamma$
- Instabil rétegződés: $\gamma > \Gamma$
- Ha a levegő telítetlen: $\Gamma = 9.8^\circ C/km$ (a száraz hőmérsékleti gradiens)
- Ha a levegő telített (pl. felhőben): $\Gamma \approx 5^\circ C/km$ (a nedves hőmérsékleti gradiens, de értéke erősen függ a lokális hőmérséklettől)
- Hőmérsékleti gradiens standard értéke: $\gamma = 6.5^\circ C/km$





A légkör vertikális felépítése II.

Meteorológia

Balogh
Miklós

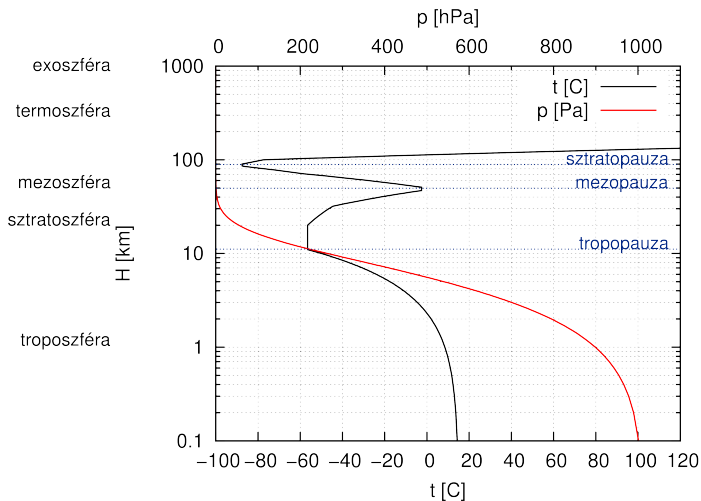
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





A szél és mérése

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Szél vektormennyiség
 - Irány (ahonnan a szél fúj)
 - Erősség (nagyság)
- Jelölés: U vagy V [m/s]
- Mértékegységek: $\text{m/s} = 3.6 \text{ km/h}$, $1 \text{ m/s} \approx 2 \text{ csomó}$, $1 \text{ csomó} = 1.852 \text{ km/h}$
- Szél mérése
 - Mechanikus módszer: kanalas, nyomólapos
 - Nyomásmérésen alapuló: szelencés sebességmérő
($p_d = p_t - p_s$)
 - Doppler elven alapuló: szonikus anemométer, LDA



A szél kialakulása - Erők

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

Típus	Megnevezés	Kiszámítás
Felületi erők	Nyomási-gradiens erő	$-\frac{1}{\rho}\nabla p$
	Súrlódási erő	$\nu \left[\nabla^2 \mathbf{v} - \frac{2}{3} \nabla (\nabla \cdot \mathbf{v}) \right]$
Tehetlenségi erők	Nehézségi erő	\mathbf{g}_n
	Coriolis erő	$-2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$
	Centrifugális erő	$\boldsymbol{\omega}^2 \mathbf{r}$

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{g} - \frac{1}{\rho}\nabla p + \nu \left[\nabla^2 \mathbf{v} - \frac{2}{3} \nabla (\nabla \cdot \mathbf{v}) \right]$$



A szél kialakulása - Geosztrófikus szél

Meteorológia

Balogh
Miklós

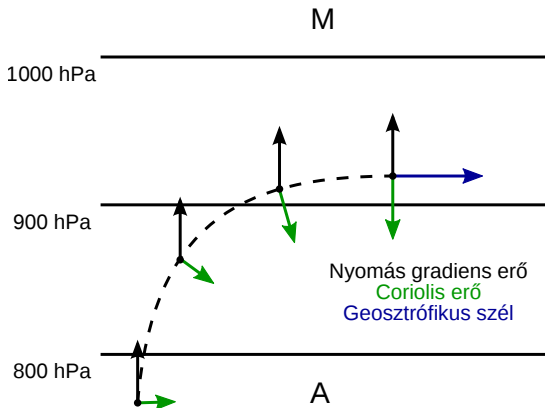
Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





A szél kialakulása - Ciklosztrófikus szél

Meteorológia

Balogh
Miklós

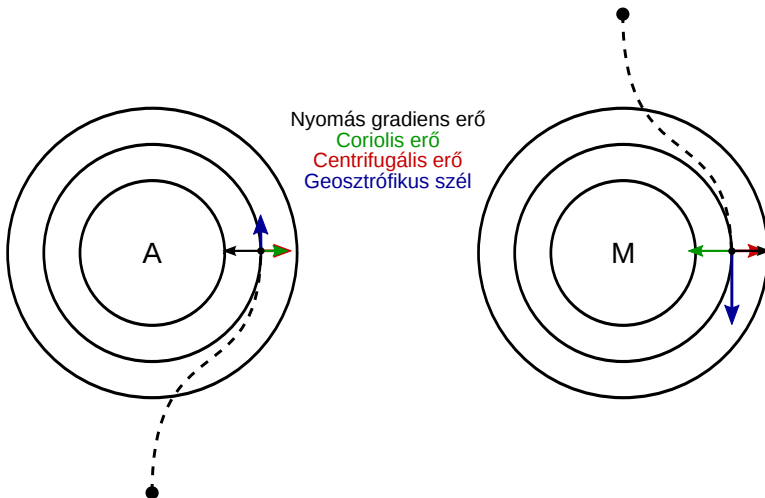
Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





A szél változása a magassággal a határrétegben

Meteorológia

Balogh
Miklós

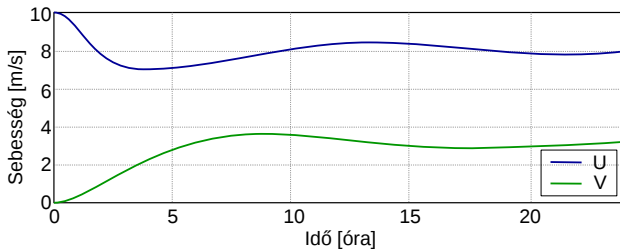
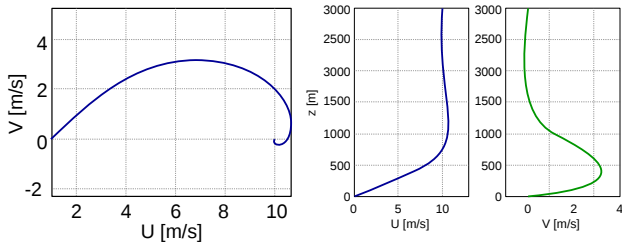
Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Helyi szelek

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Parti szél
 - Part és víz eltérő energetikai viszonyai
 - Nappal a parton feláramlás, este a tó felett (erdő hasonló)
- Lejtőszél
 - Hegy-völgyi szél (nappal feláramlás - éjjel leáramlás)
 - Orografikus (domborzatnak köszönhető) emelkedés
- Bukószél
 - Hegyláncokon átkelő légtömeg
 - Erős leáramlás a szél-alóli oldalon



Parti szél (forrás: elte.prompt.hu)

Meteorológia

Balogh
Miklós

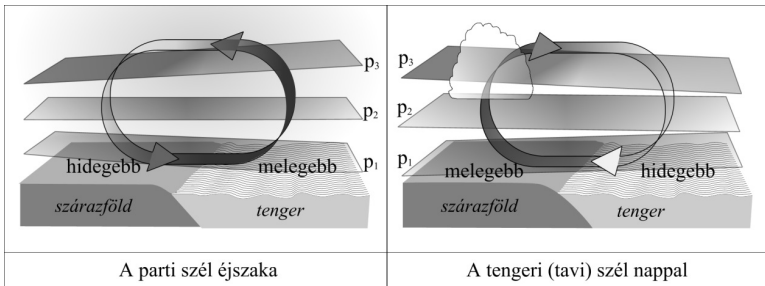
Bevezetés

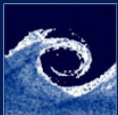
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Hegy-völgyi szél (forrás: elte.prompt.hu)

Meteorológia

Balogh
Miklós

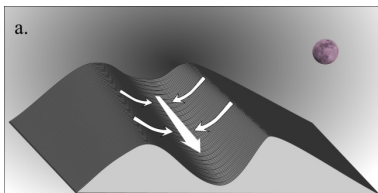
Bevezetés

A Léggör

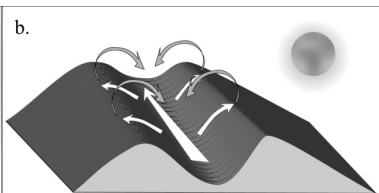
A szél

Légnedvesség

Időjárás



A hegy-völgyi szél és lejtőszél éjszaka



A hegy-völgyi szél és lejtőszél nappal



Bukószél (forrás: elte.prompt.hu)

Meteorológia

Balogh
Miklós

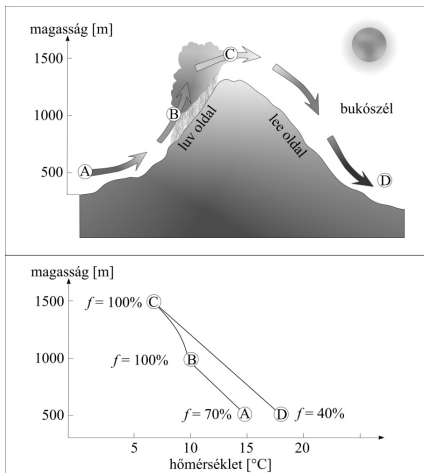
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Főn és Bóra (forrás: elte.prompt.hu)

Meteorológia

Balogh
Miklós

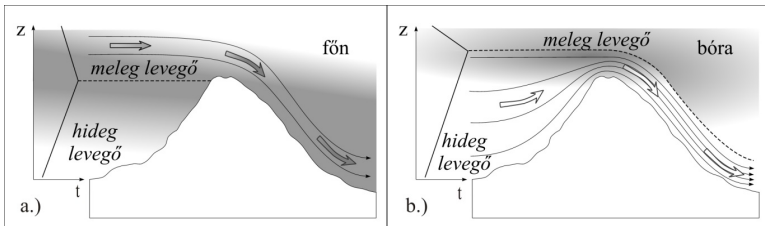
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Hegyi (Lee) hullámok (forrás: elte.prompt.hu)

Meteorológia

Balogh
Miklós

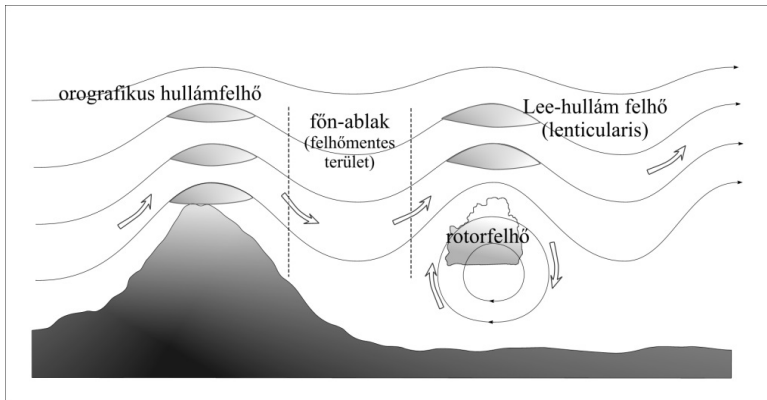
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Futóáramlások - Jet stream

Meteorológia

Balogh
Miklós

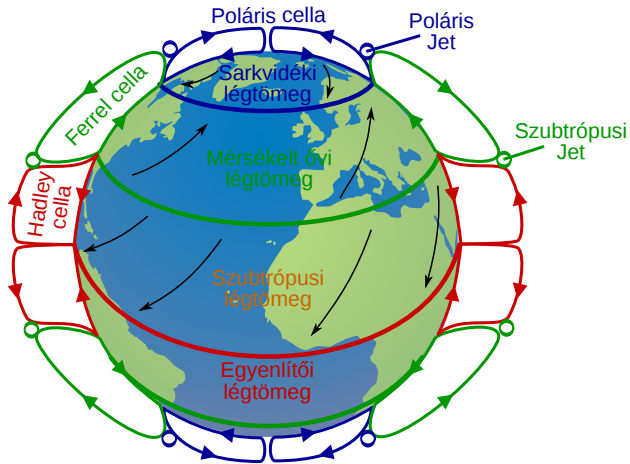
Bevezetés

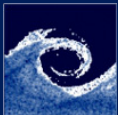
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Turbulencia

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Éjszakai (stabil) határréteg
 - A föld felszínén a sebesség zérus
 - A szabad légkörben lényegesen nagyobb
 - Átmenet a két réteg között ← örvények, turbulencia
- Nappali (konvektív) határréteg
 - Napfelkeltével megindul a felmelegedés
 - Talajközelsben felmelegedő levegő felszáll
- Clear Air Turbulence (CAT)
 - Légtömegek határán
 - Jet-ek környezetében



Víz a légkörben

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Mindhárom halmazállapot előfordul
 - Gáznemű - Vízgőz (pára)
 - Folyékony - Víz (felhőcsepp, túlhűlt víz, esőcsepp)
 - Szilárd - Jég (jégszem, jégtű, hó)
- Körforgás
 - Egész kihullása: 25 mm csapadék az egész Föld-felszínre
 - Kicserélődése csapadék formájában (10 naponta az egész mennyiség)



A légnedvesség mérőszámai

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

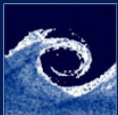
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

Mérőszám	Jelölés	Kiszámítás	Mértékegység
Abszolút nedvesség	a	$\frac{m_v}{V}$	$\frac{g}{m^3}$
Specifikus nedvesség	q	$\frac{m_v}{m_v + m_a}$	$\frac{g}{kg}$
Gőznyomás (páryanomás)	e	$6.112 \exp\left(\frac{17.67td}{td + 243.5}\right)$	Pa
Telítési gőznyomás	e_s	$6.112 \exp\left(\frac{17.67t}{t + 243.5}\right)$	Pa
Telítési hiány	Δe	$e - e_s$	Pa
Relatív nedvesség	f	$100 \frac{e}{e_s}$	$\%$



Halmazállapot változások

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

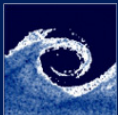
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Energiabefektetés
 - Olvadás: $\text{Jég} + L_o \rightarrow \text{Víz}$
 - Párolgás: $\text{Víz} + L_p \rightarrow \text{Vízgőz}$
 - Szublimáció: $\text{Jég} + L_{sz} \rightarrow \text{Vízgőz}$
- Energiafelszabadulás
 - Fagyás: $\text{Víz} \rightarrow \text{Jég} + L_o$
 - Kondenzáció: $\text{Vízgőz} \rightarrow \text{Víz} + L_p$
 - Depozíció: $\text{Vízgőz} \rightarrow \text{Jég} + L_{sz}$



- Talajközeli kondenzáció (telített levegő) - Apró vízcseppek
 - Párolgás
 - Hűlés
 - Keveredés
- Típusai
 - Kisugárzási (radiációs) köd: nagy relatív nedvesség, derült ég, stabil rétegződés, gyenge légmozgás
 - Inverziós köd: anticiklonáris időjárási helyzet, téli évszakban, leáramlás
 - Áramlási (Advekciós) köd: meleg nedves levegő áramlik hideg felszín fölé
 - Frontális köd 1: Front előtt meleg csapadék párolgásával hideg levegőben vagy a felhőzet leereszkedésével
 - Frontális köd 2: Front után áramlási köd



Felhőzet

Meteorológia

Balogh
Miklós

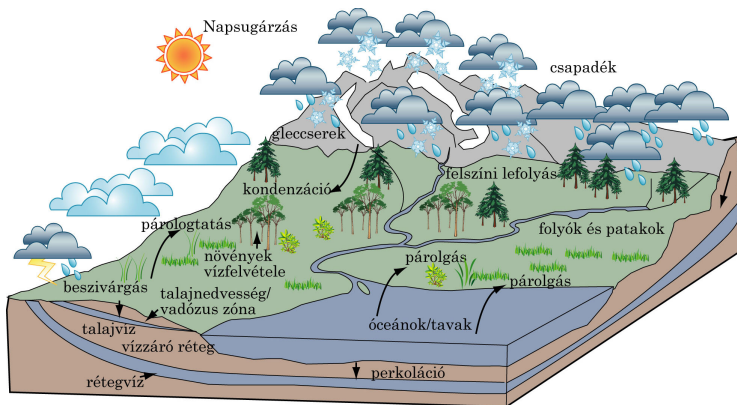
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Felhőképződés - Feláramlások

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Emelkedés miatti kondenzáció (telítetődő levegő) - Apró vízcseppek
 - Bepárolgás a talajról
 - Emelkedés közben hőmérséklet csökken
 - Kicsapódás a telítés elérésekor
- Felemelkedés típusai
 - Orografikus (hegyláncok mentén)
 - Frontális (időjárási frontok mentén)
 - Konvektív (termikus feláramlások segítségével)



Felhőképződés - Termikus konvekció

Meteorológia

Balogh
Miklós

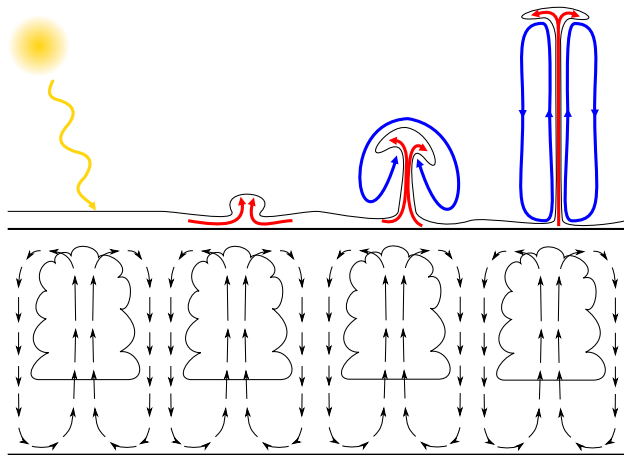
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Felhők osztályozása

Meteorológia

Balogh
Miklós

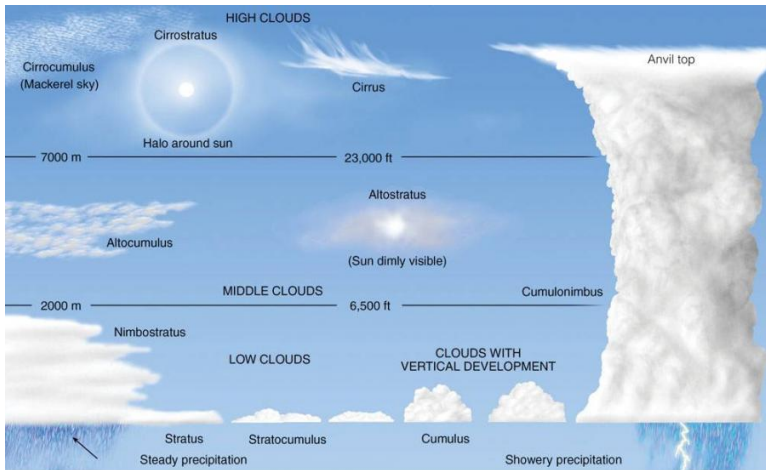
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás



© 2007 Thomson Higher Education



Csapadék (hidrometeorok)

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

- Nem hulló csapadékok
 - Harmat - kondenzált cseppek
 - Dér - sublimált jégkristályok
 - Zúzvara - kristályos és folyékony durva szemcsék kicsapódása áramlásban
- Hulló csapadékok
 - Folyékony
 - Szitálás - St, köd
 - Eső, zápor - Ns, Sc, As, Cu, Cb
 - Ónos eső - Ns
 - Szilárd
 - Hó, hózápor - Ns, As, Sc, St, Cu
 - Hó- és jégdara - Sc, Cu, Cb
 - Fagyott eső - As, Ns
 - Jégeső - Cb



Légtömegek

Meteorológia

Balogh
Miklós

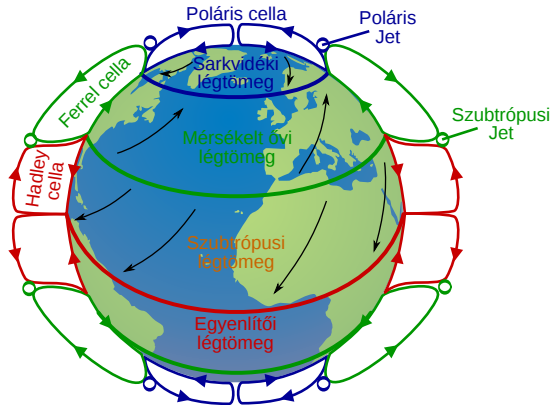
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Ciklonok

Meteorológia

Balogh
Miklós

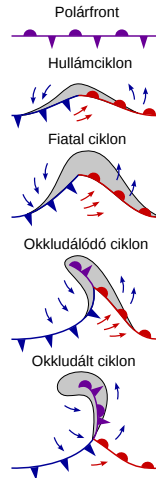
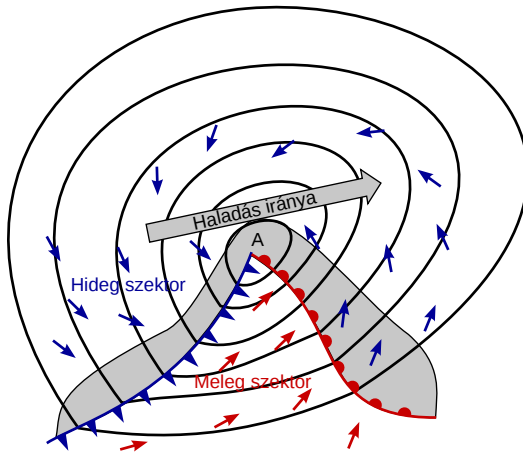
Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Frontok

Meteorológia

Balogh
Miklós

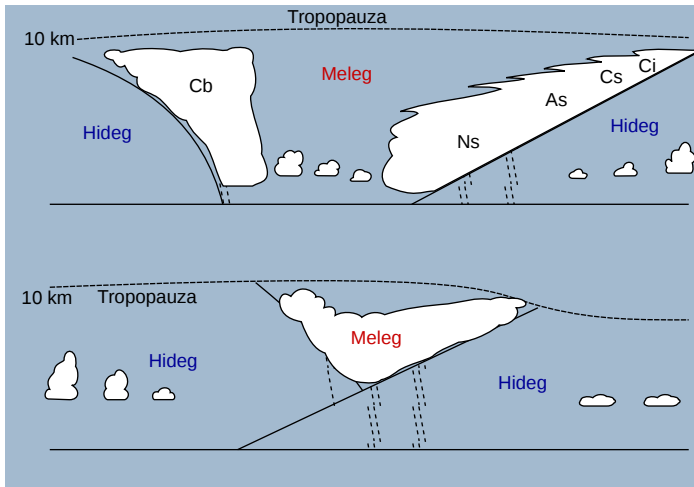
Bevezetés

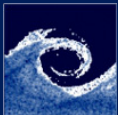
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Trópusi ciklonok (forrás: NOAA)

Meteorológia

Balogh
Miklós

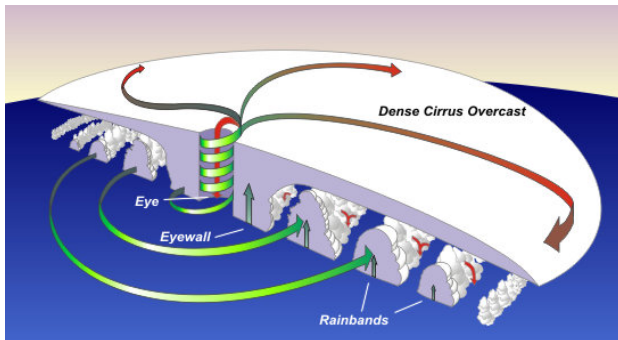
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Szupercellák, tornádók (forrás: NOAA)

Meteorológia

Balogh
Miklós

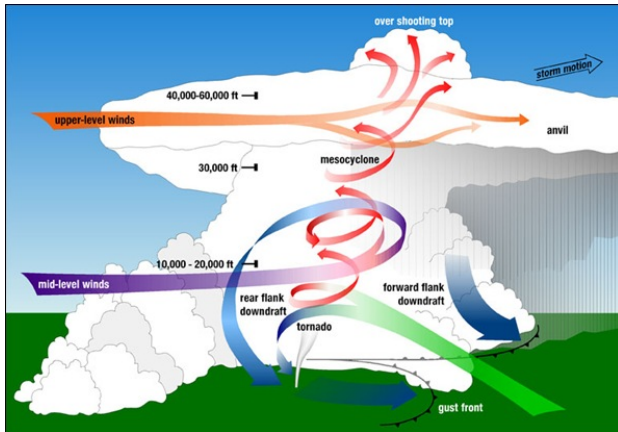
Bevezetés

A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás





Légköri áramlások skálái

Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

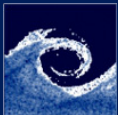
A Légkör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

Skála neve	Méret	Egyéb elnevezés	Példa	Időskála	
makro	α	$L > 20000\text{km}$	globális	globális szélrendszer	1 hét
	β	$L > 2000\text{km}$	szinoptikus	ciklon, anticiklon	100 óra
mezo	α	$L > 200\text{km}$	regionális	trópusi ciklonok	10-100 óra
	β	$L > 20\text{km}$	regionális	frontok, fön	10 óra
	γ	$L > 2\text{km}$	városi	tornádó, porvihar	10-60 perc
mikro	α	$L > 200\text{m}$	lokális	domb körüli áramlás	10 perc
	β	$L > 20\text{m}$	lokális	széllökések, utca kanyon	10-60 s
	γ	$L > 2\text{m}$	lokális	akadályok körüli áramlás	1 s
	δ	$L > 2\text{mm}$	lokális	viszkózus disszipáció	0.01 s



Meteorológia

Balogh
Miklós

Bevezetés

A Léggör

A szél

Légnedvesség

Időjárás

Köszönöm a figyelmet!