

A LÉGKÖRBEEN HATÓ ERŐK, EGYENSÚLYI MOZGÁSOK A LÉGKÖRBEEN

- Egy testre ható erő, a más testekkel való kölcsönhatás mértékére jellemző fizikai mennyiség.

A légkörben ható erők

- Külső erők:
 - A Föld tömegéből következő **gravitációs erő**
 - A Föld forgásából származó **Coriolis erő**
- Belső erők:
 - Egyenlőtlen légnyomás-eloszlásból származó **nyomási gradiens erő**
 - Belső és külső súrlódásból származó **súrlódási erő**
 - Görbült mozgások miatt fellépő **centrifugális / centripetális erő**

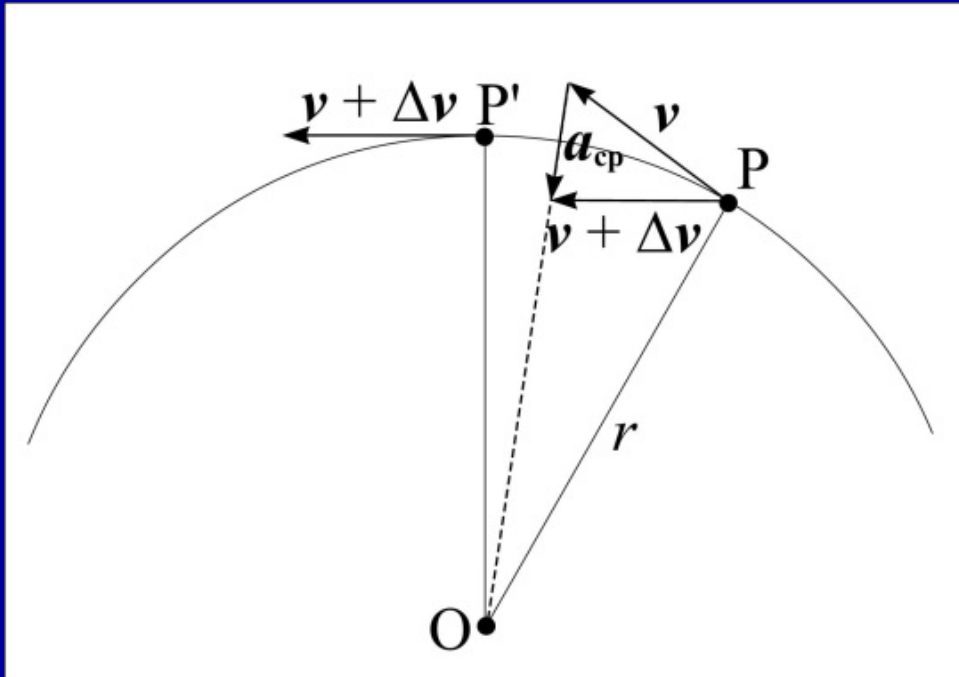
Gravitációs erő

- Bármely két test között vonzó erő hat,

$$F_g = \gamma \frac{m M}{R^2}$$

- γ : gravitációs állandó ($6,67 \cdot 10^{-11}$ N m²/kg²)
- M : a Föld tömege ($6 \cdot 10^{24}$ kg)
- Ha a Föld felszínéhez elég közel vagyunk:
- $F_g = m g$, ahol $g = \gamma \frac{M}{R_F^2}$

Centripetális erő



$$F_{cp} = m \omega^2 r$$

- Forgó testek esetén lép fel – görbült pályán való mozgás fenntartása
- Forgó rendszerből: centrifugális erő
- Forgó rendszert kívülről nézve: centripetális

Geostacionárius műholdak

- Állandóan a Föld egy adott pontja felett tartózkodnak
 - Egyenlítő síkjában (itt esik egy egyenesbe a centripetális és a gravitációs erő)
 - **Milyen magas pályára kell juttatni egy műholdat, hogy együtt foroghasson a Földdel?**

Geostacionárius műholdak

- Állandóan a Föld egy adott pontja felett tartózkodnak
 - Egyenlítő síkjában (itt esik egy egyenesbe a centripetális és a gravitációs erő)
 - **Milyen magas pályára kell juttatni egy műholdat, hogy együtt foroghasson a Földdel?**
 - $m \Omega^2 R = \gamma \frac{m M}{R^2} \rightarrow R \approx 42229 \text{ km}$

Föld felszíntől magasság: $H \approx 42229 - 6371$

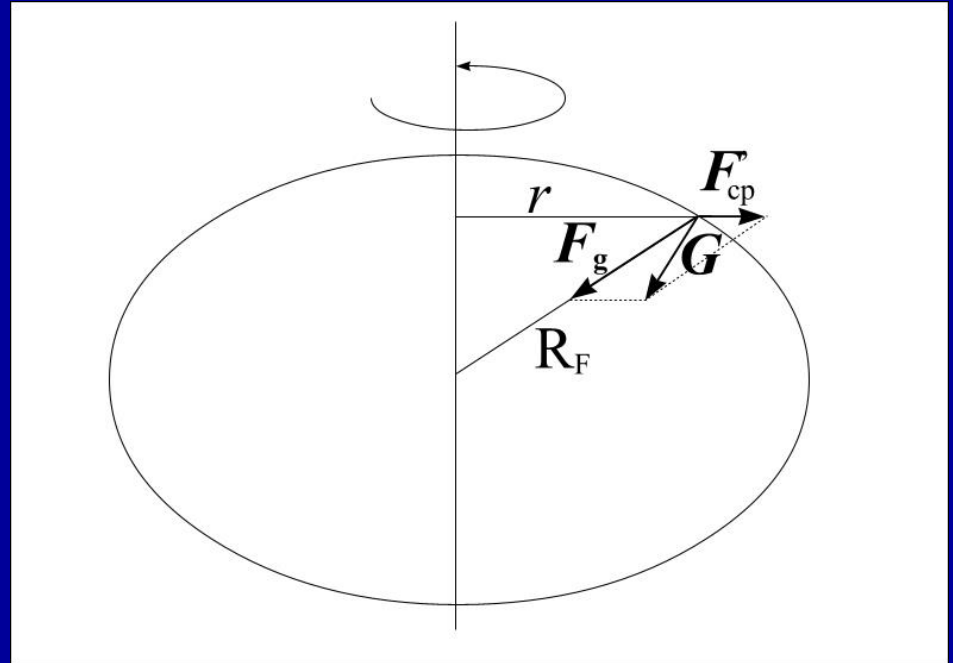
$= 35858 \text{ km}$

Geostationary satellite



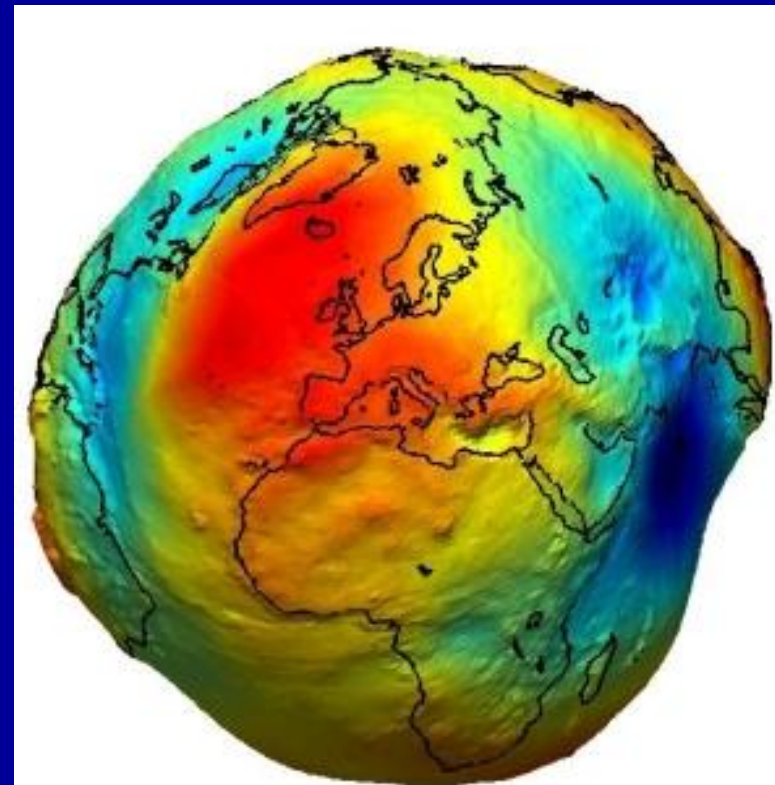
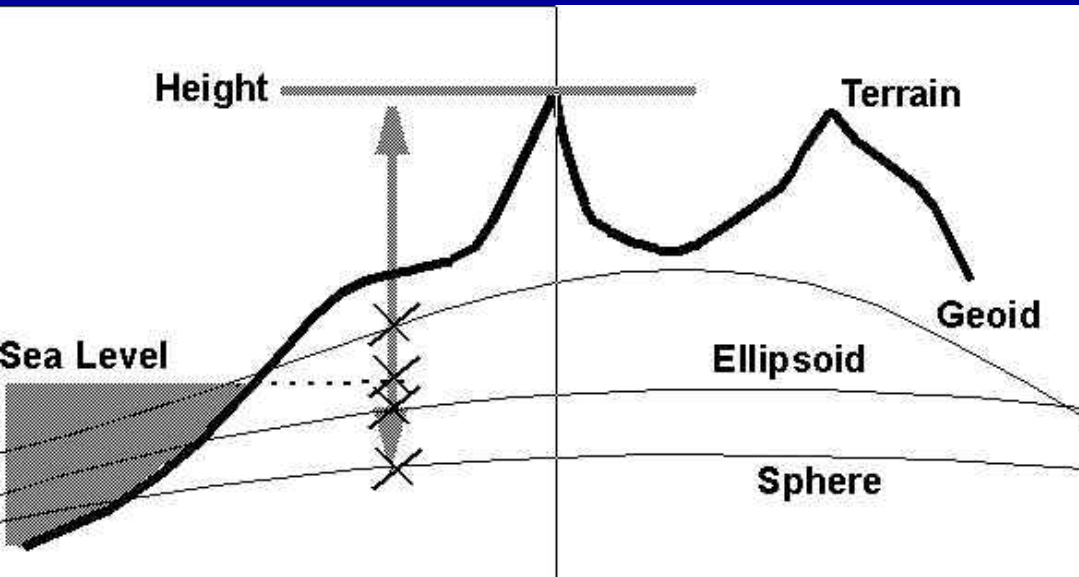
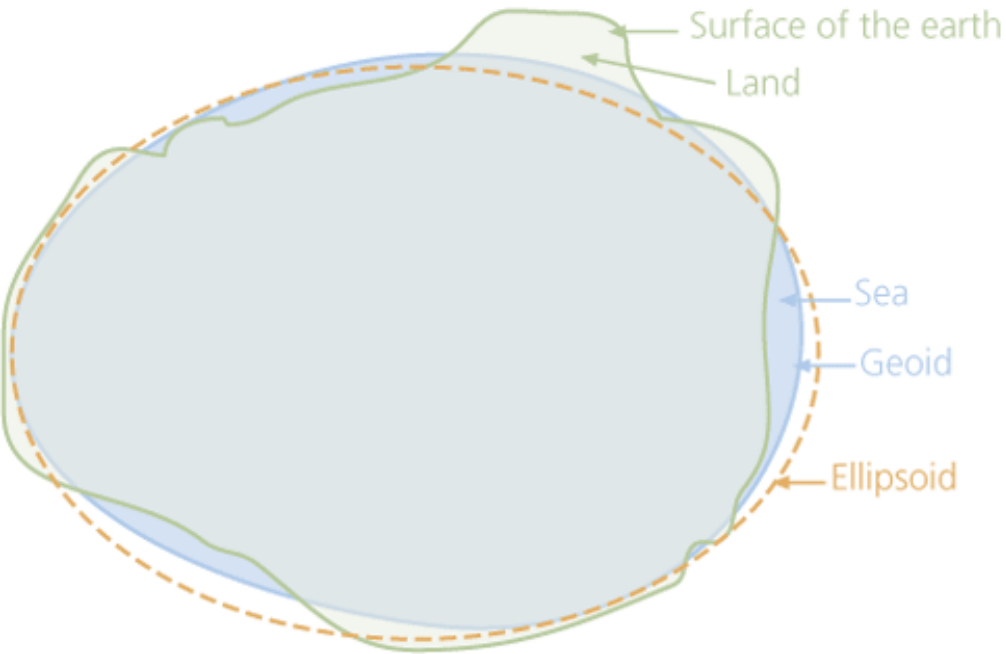
Nehézségi erő

- A gravitációs és a centrifugális erő eredője
- Sarkokon a legnagyobb, Egyenlítőn a legkisebb
- A földfelszínre merőleges
- $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ a 45° szélességen
- Köv.: a Föld geoid alakja



Geoid

Model of the Earth



Geopotenciál

- Geopotenciál: a tömeg egység z magasságba való emelésekor a nehézségi erővel szemben végzett munka. (tengerszinten $\Phi=0$)

$$\Phi_z = \int_0^z g dz$$

- Mértékegysége: geopotenciális méter (gpm).
- Geopotenciális felület: azonos geopotenciálú pontok (izohipszák) alkotta felület (ekvipotenciális felület)

Miért használjuk a geopotenciált?

- Ideális gáztörvény:

$$pV=nRT$$

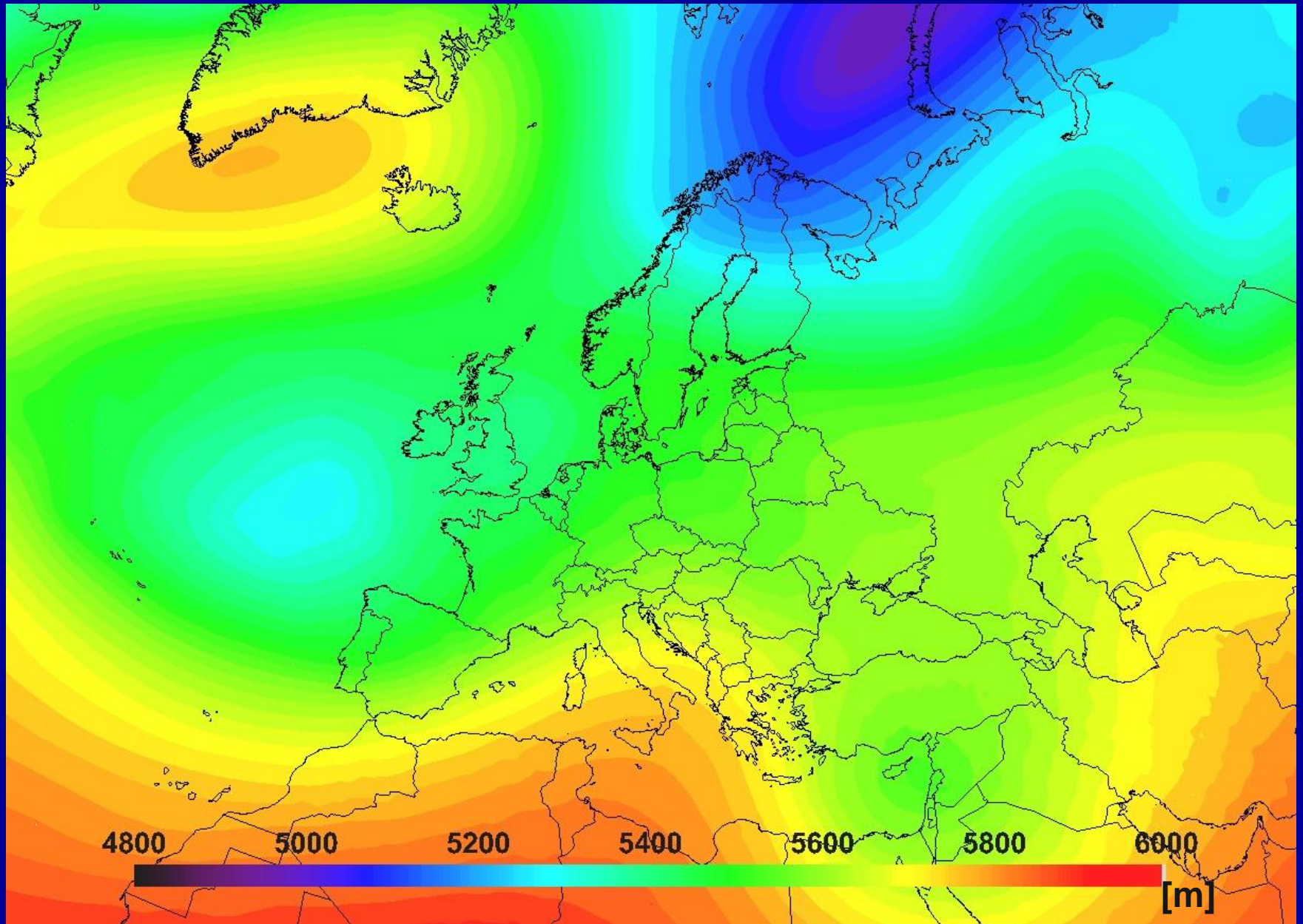
- V arányos egységnyi területnyi légoszlop magasságával

=> légoszlop magassága arányos a hőmérséklettel

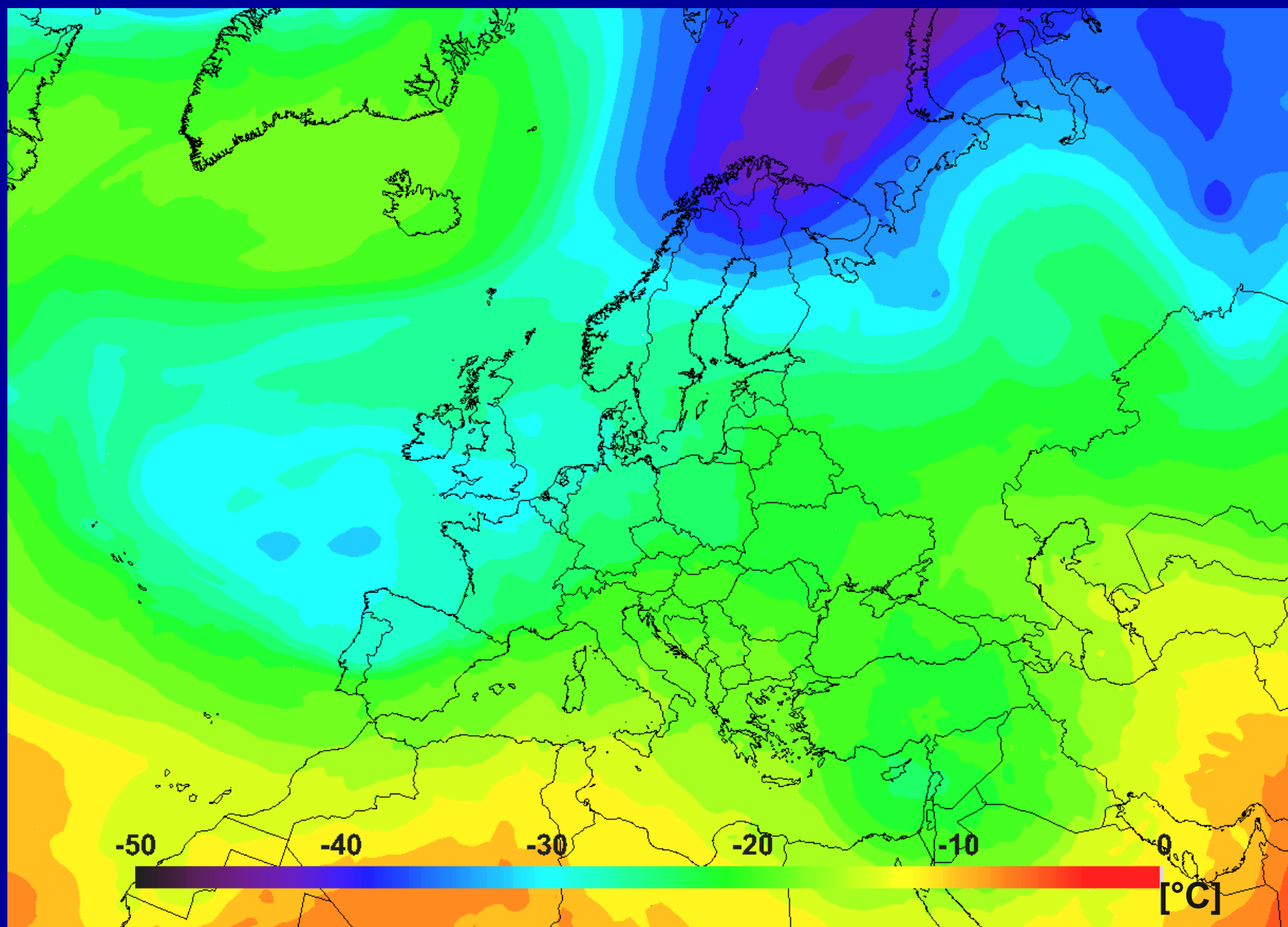
(=> és a sűrűséggel is arányos!)

- => geopotenciál arányos a légtömeg hőmérsékletével és sűrűségével

Magasság 500 hPa-os nyomási szinten



Hőmérséklet 500 hPa-os nyomási szinten



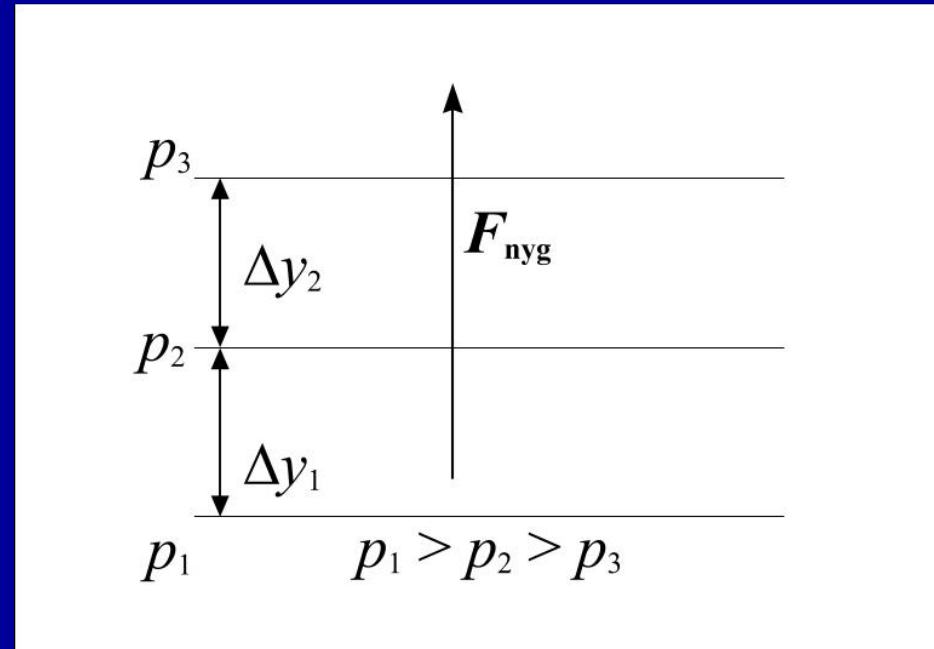
Nyomási gradiens erő

A nyomáskülönbség hatására fellépő erő
=> hatására alakul ki a szél

- Merőleges az izobárokra
- A magasabb nyomású terület felől az alacsonyabb nyomású terület felé mutat

- $$F_{pgrad} = - \frac{\Delta p}{\Delta y}$$

ha az izobárok merőlegesek az y koordináta-tengelyre



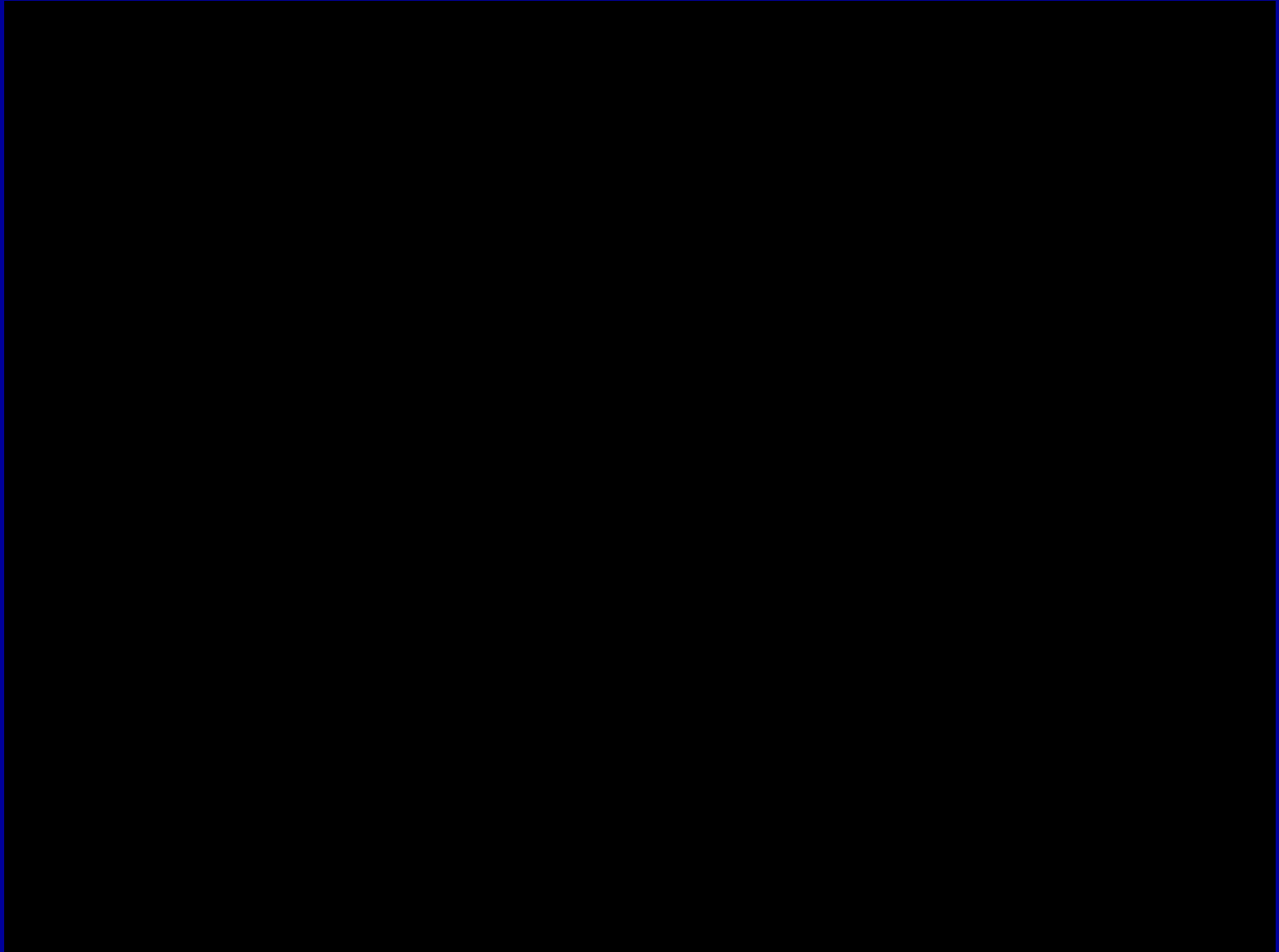
Coriolis erő

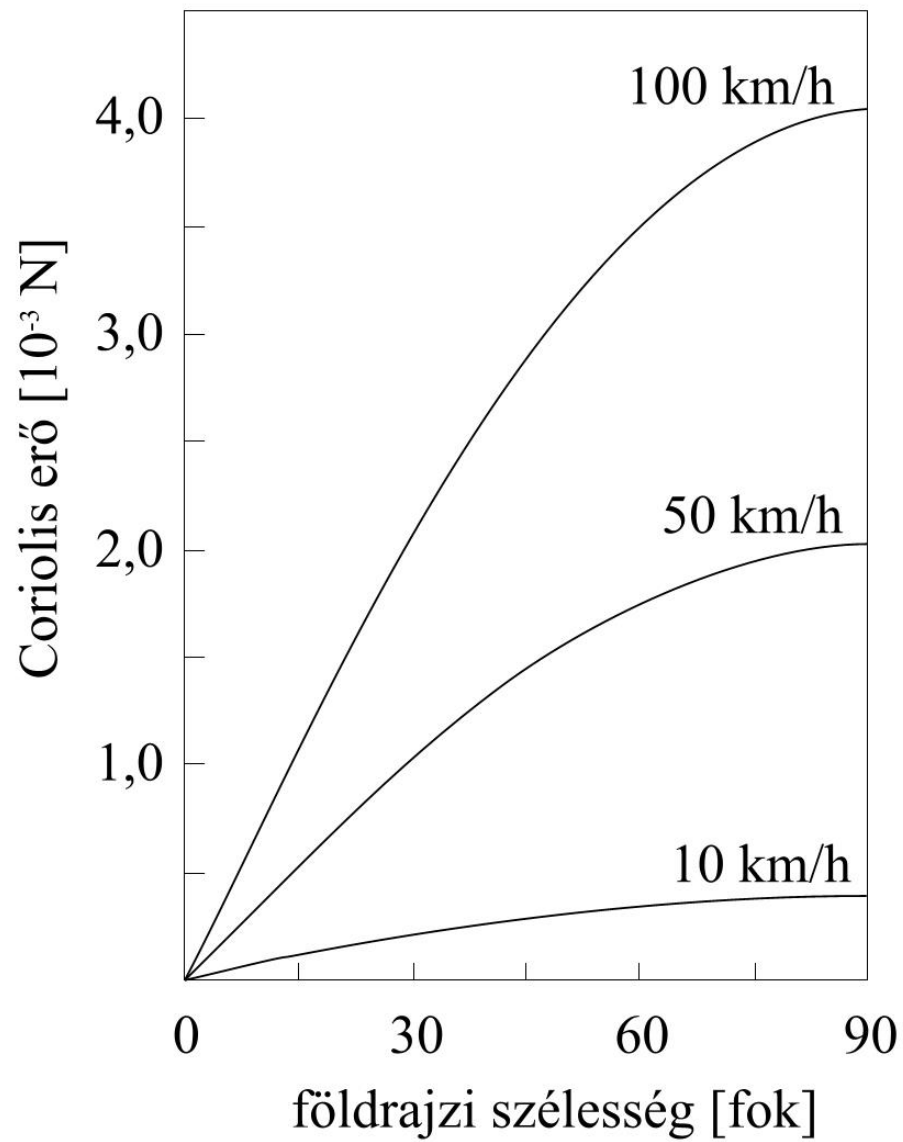
- A Coriolis-erő az egyenletes szögsebességgel forgó koordinátarendszerekben ható fiktív (tehetetlenségi) erő
- Csak mozgó testekre hat.
- $$\overline{\vec{F}}_{cor.} = -2m_{lev} (\overline{\omega} \times \overline{v})$$
- Iránya a sebességre merőleges, ezért eltérítő erő.
- A földi mozgásokat az északi félgömbön mindig jobbra, a délin balra téríti el.

A Coriolis-hatás megfigyelése

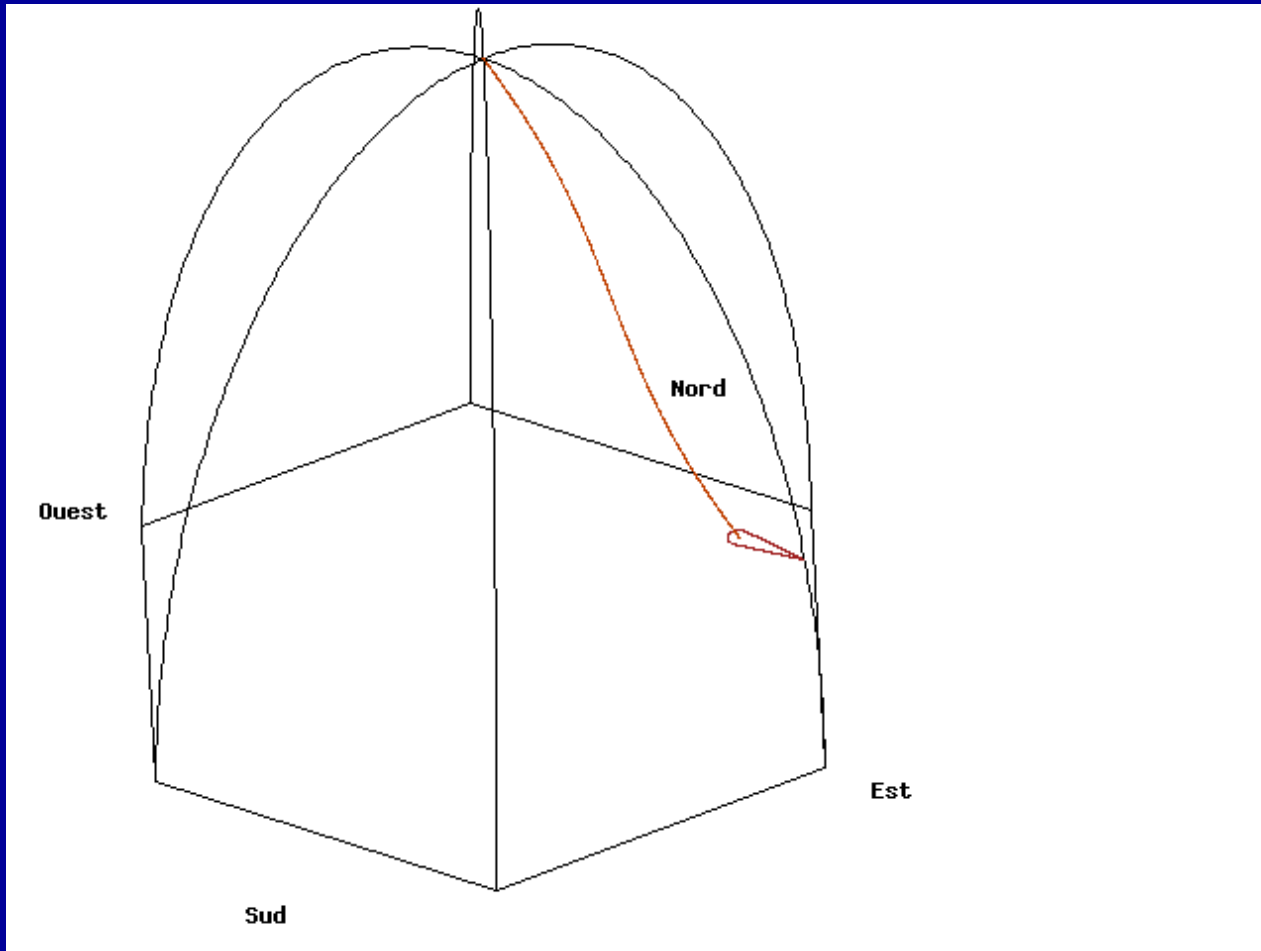
- Foucault-inga (1851)
- Falklandi céltévesztés (1915)
- A nagy folyók aszimmetrikus partmosása
- Ciklonok, anticiklonok
- Trópusi ciklonok (hurrikánok)

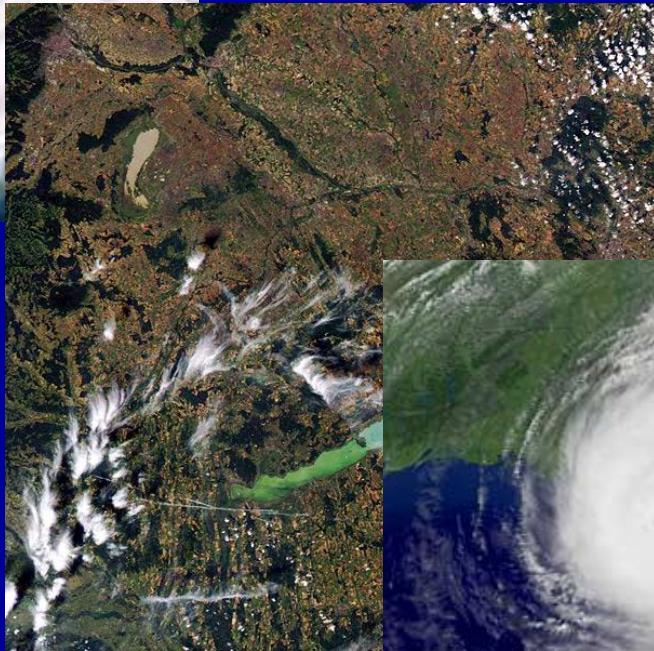
A Coriolis-hatás megfigyelése





Foucault-inga



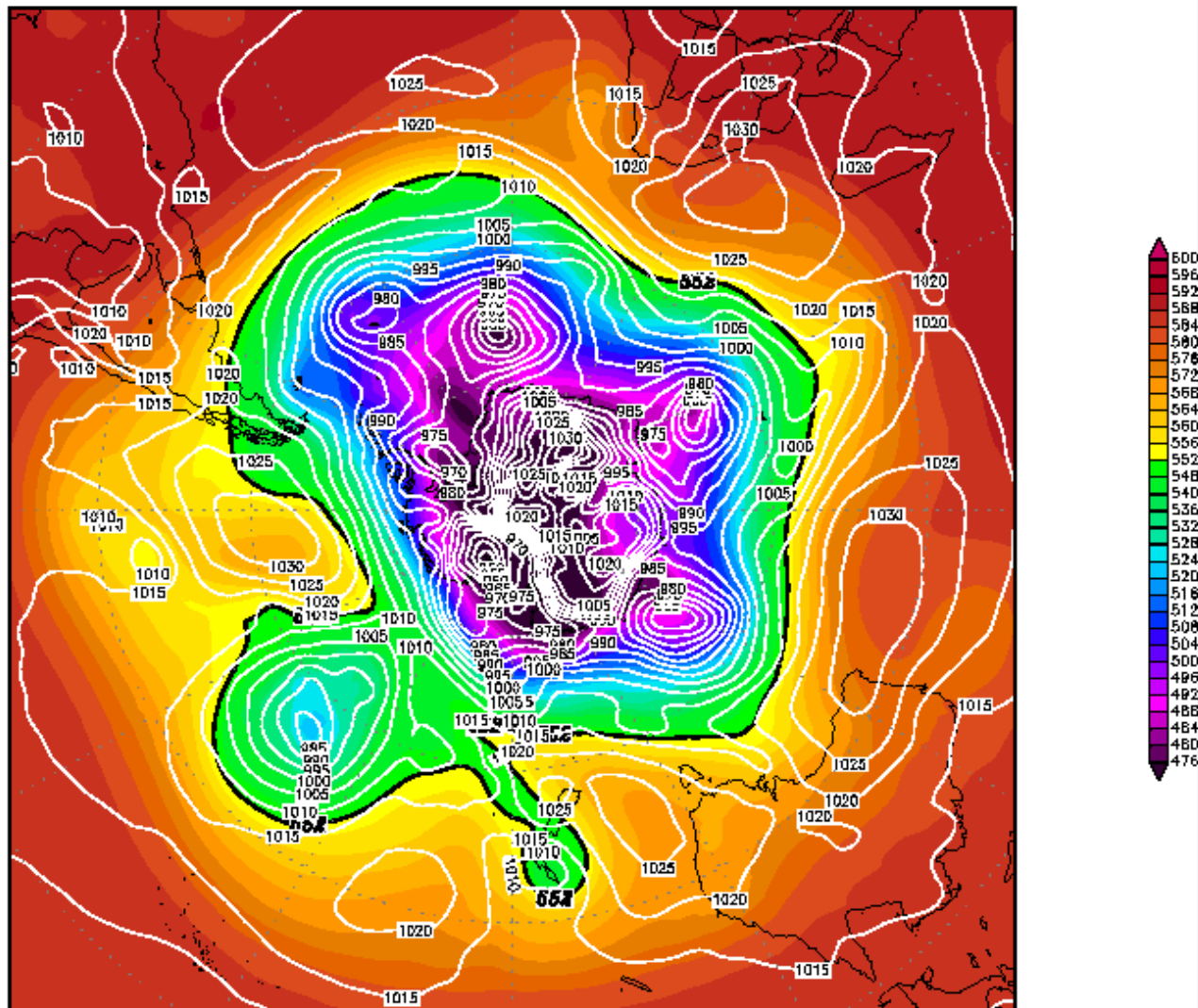




nit : Sun,20SEP2015 00Z

Valid: Sun,20SEP2015 00Z

500 hPa Geopot. (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes

(C) Wetterzentrale

www.wetterzentrale.de

Felhajtó erő

- Folyadékba mártott testre felhajtó erő hat (F_{fel}), amelynek nagysága egyenlő a test által kiszorított folyadék súlyával, folyadékra: $F_{fel} = \rho_f \cdot V \cdot g$

- Emelkedő hőlégballon:

$$\rho_b \cdot V \cdot a = \rho_l \cdot V \cdot g - \rho_b \cdot V \cdot g$$

- gyorsulása:

$$a = g \cdot (\rho_l - \rho_b) / \rho_b, \text{ azonos nyomás } \Rightarrow$$

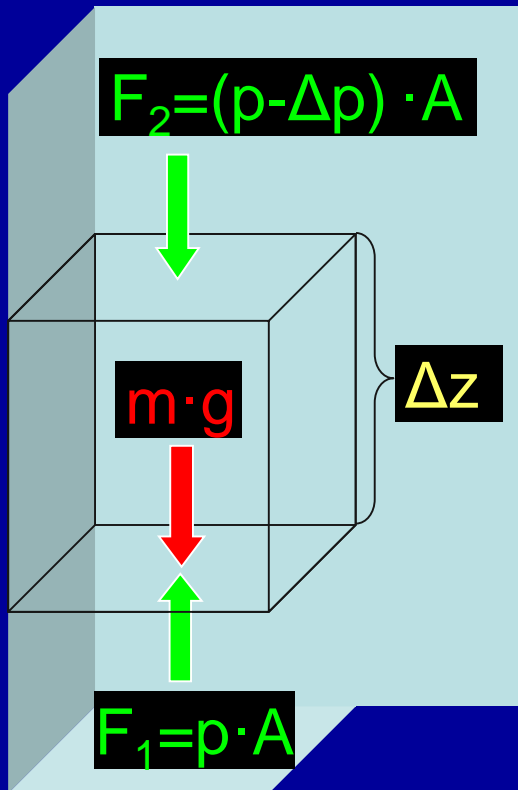
$$a = g \cdot (T_b - T_l) / T_l, \text{ ha } T_b > T_l \text{ felfelé gyorsul}$$

- Ha nincs gyorsulás:

$$F_{fel} = A(p - \Delta p - p) = -A \cdot \Delta p$$

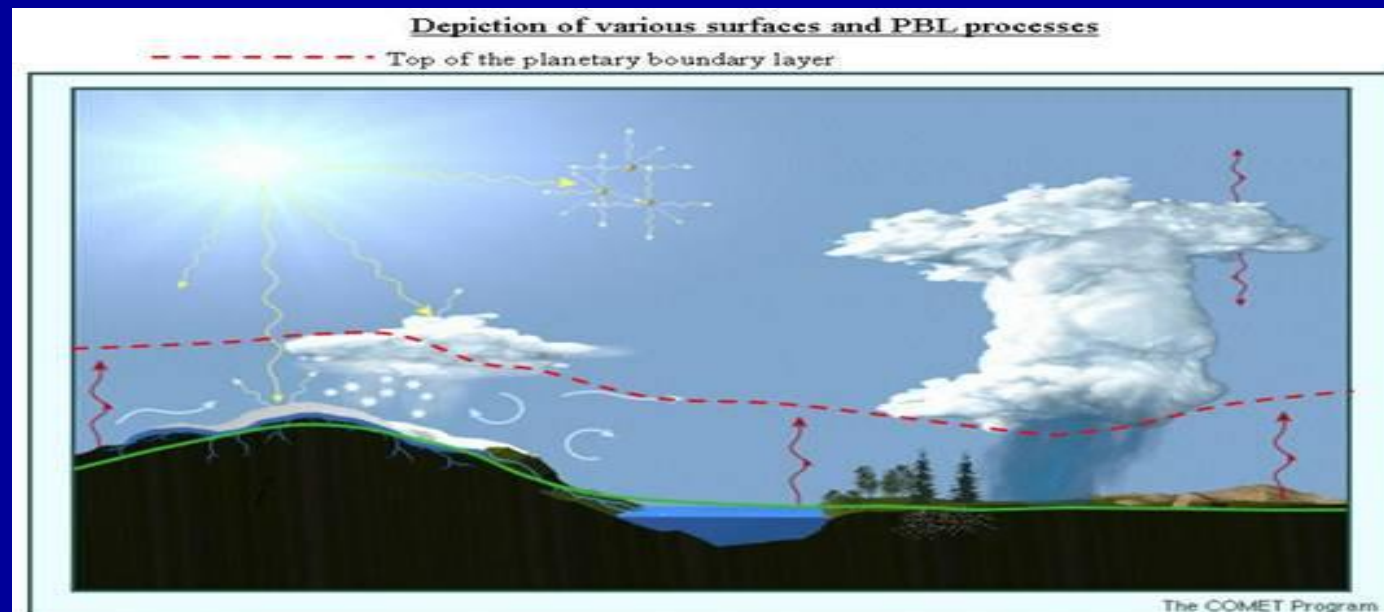
Nehézségi erővel egyensúlyban van

$$G = V \cdot \rho \cdot g = A \cdot \Delta p \cdot \rho \cdot g$$



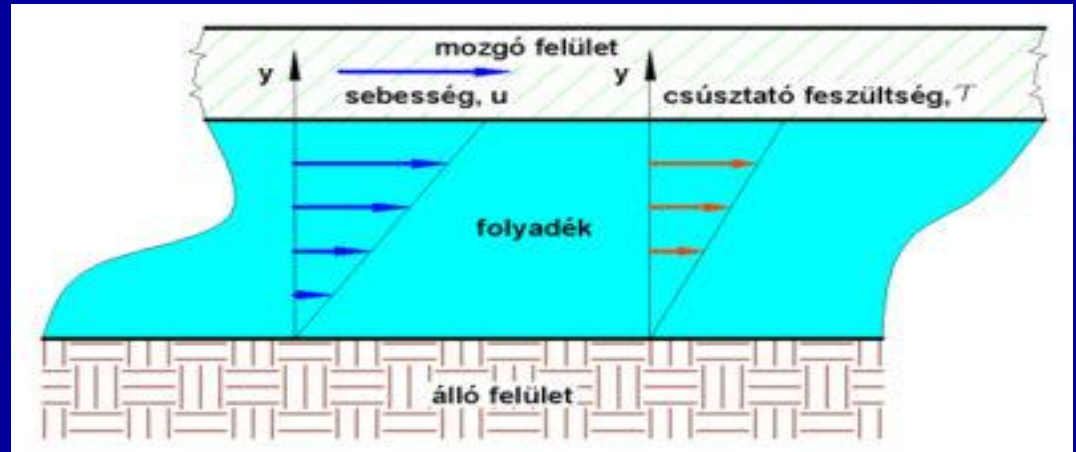
Súrlódási erő

- A súrlódás a mozgás irányával ellentétesen hat.
- Planetáris határréteg:
 - a talajhoz közeli légréteg, melyben a súrlódás hatása jelentős
 - vastagsága kb. 1-2 km

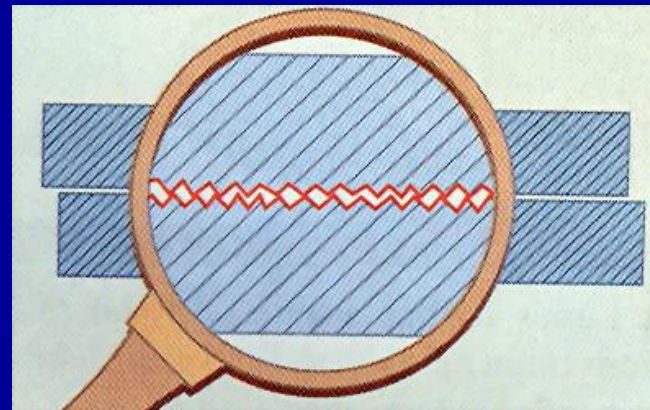


Súrlódási erő

- Belső súrlódás (viszkozitás):



- Külső súrlódás:



Melyek a domináns erők?

	alacsony szélességek	közepes és magas szélességek
szabad légkör	nyomási gradiens erő	nyomási gradiens erő, Coriolis-erő
planetáris határreteg	nyomási gradiens erő, súrlódási erő	nyomási gradiens erő, Coriolis-erő, súrlódási erő

- Le Chatelier (1850-1936) elv → Azok a fizikai rendszerek, amelyekre egyidejűleg több erő hat, általában olyan állapotok elérésére törekszenek, amelyekben a hatóerők egymással egyensúlyt tartanak.

Egyensúlyi mozgások a légkörben

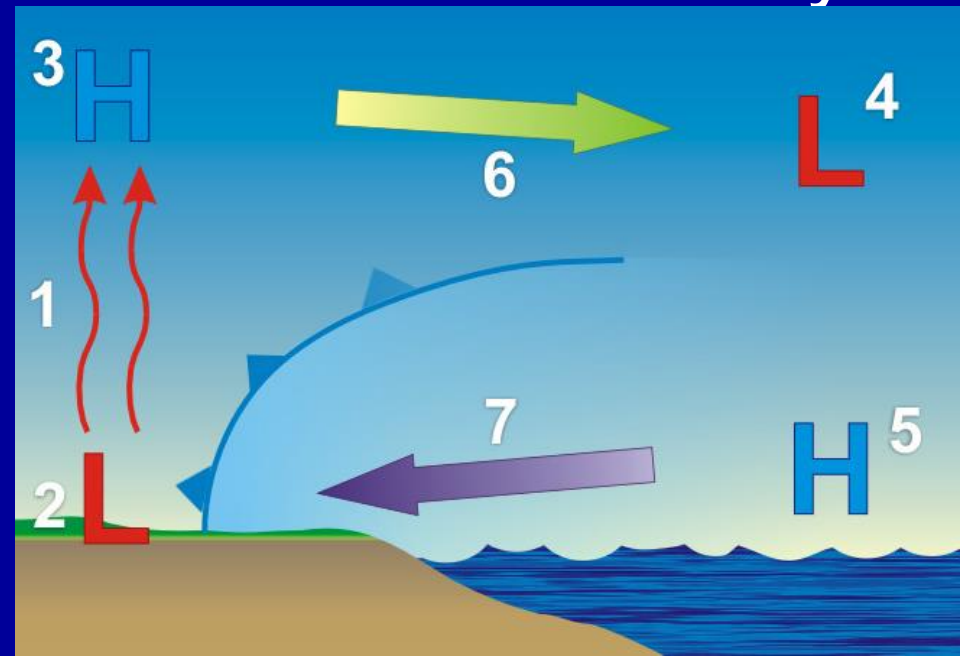
- Antitriptikus
- Geosztrofikus
- Gradiens
- Ciklosztrofikus
- Inerciális

Euler-féle áramlás

- Alacsony szélességek, szabad légkör
- Nem egyensúlyi áramlás, mert csak 1 erő hat (a nyomási gradiens erő)

Antitriptikus áramlás

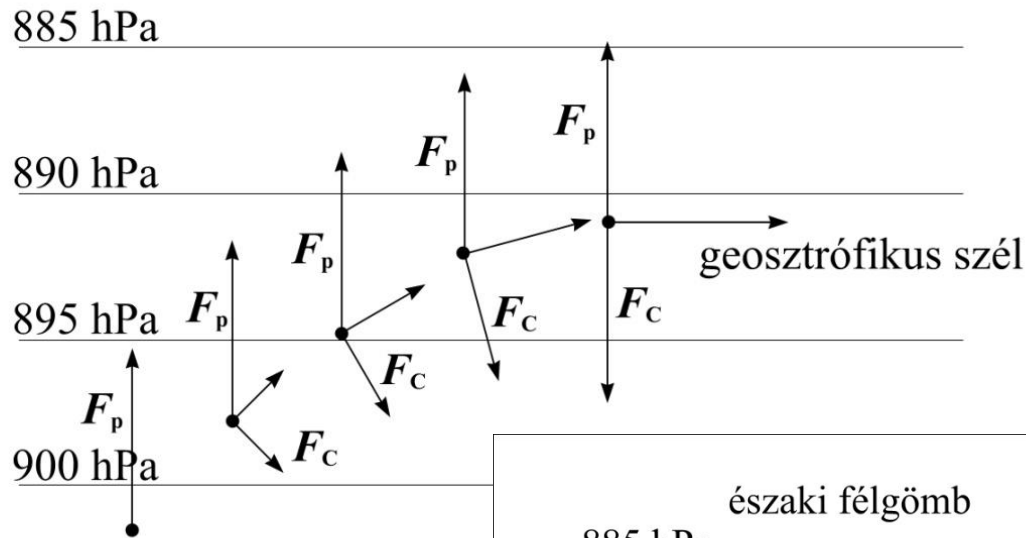
- A nyomási gradiens erő a súrlódási erővel tart egyensúlyt
- Planetáris határréteg
- Alacsony szélességekre => Coriolis-erő hiánya
- Pl. parti cirkuláció



Geosztrofikus áramlás

- Coriolis erő tart egyensúlyt a nyomási gradiens erővel
- Közepes és magas szélességek

Geosztrofikus szél



északi félgömb

déli félgömb

885 hPa

885 hPa

890 hPa

890 hPa

geosztrofikus szél
az északi félgömbön

geosztrofikus szél
a déli félgömbön

895 hPa

895 hPa

900 hPa

900 hPa

F_p

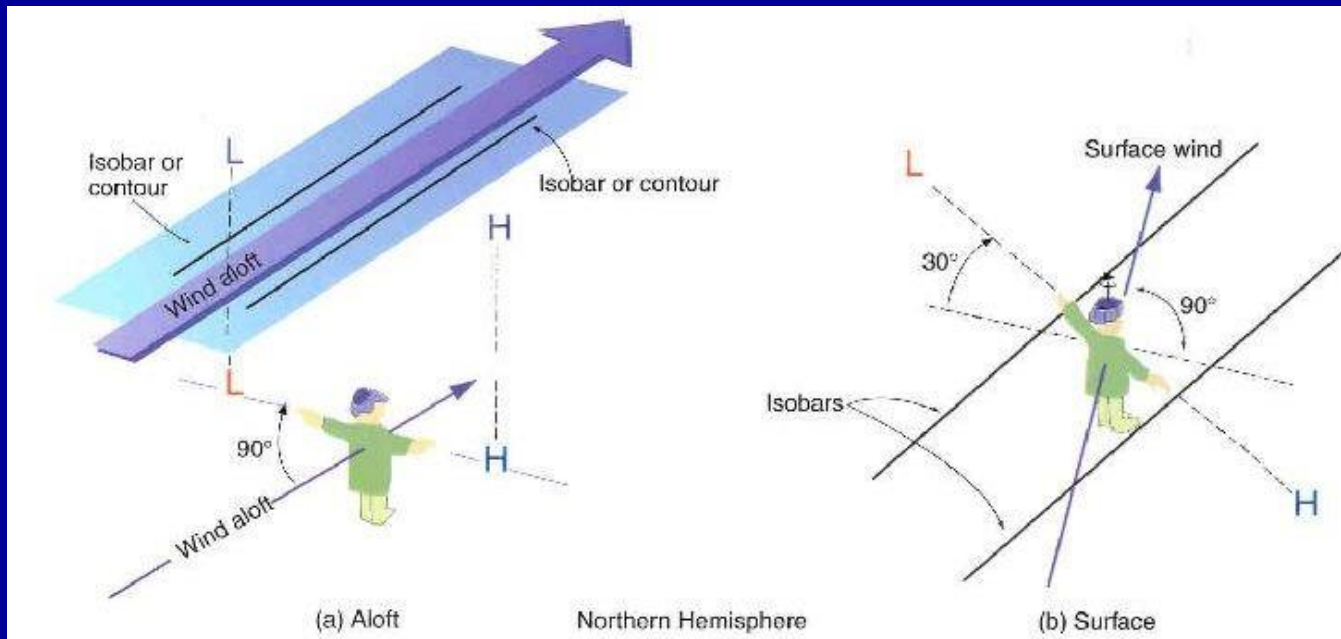
F_p

F_c

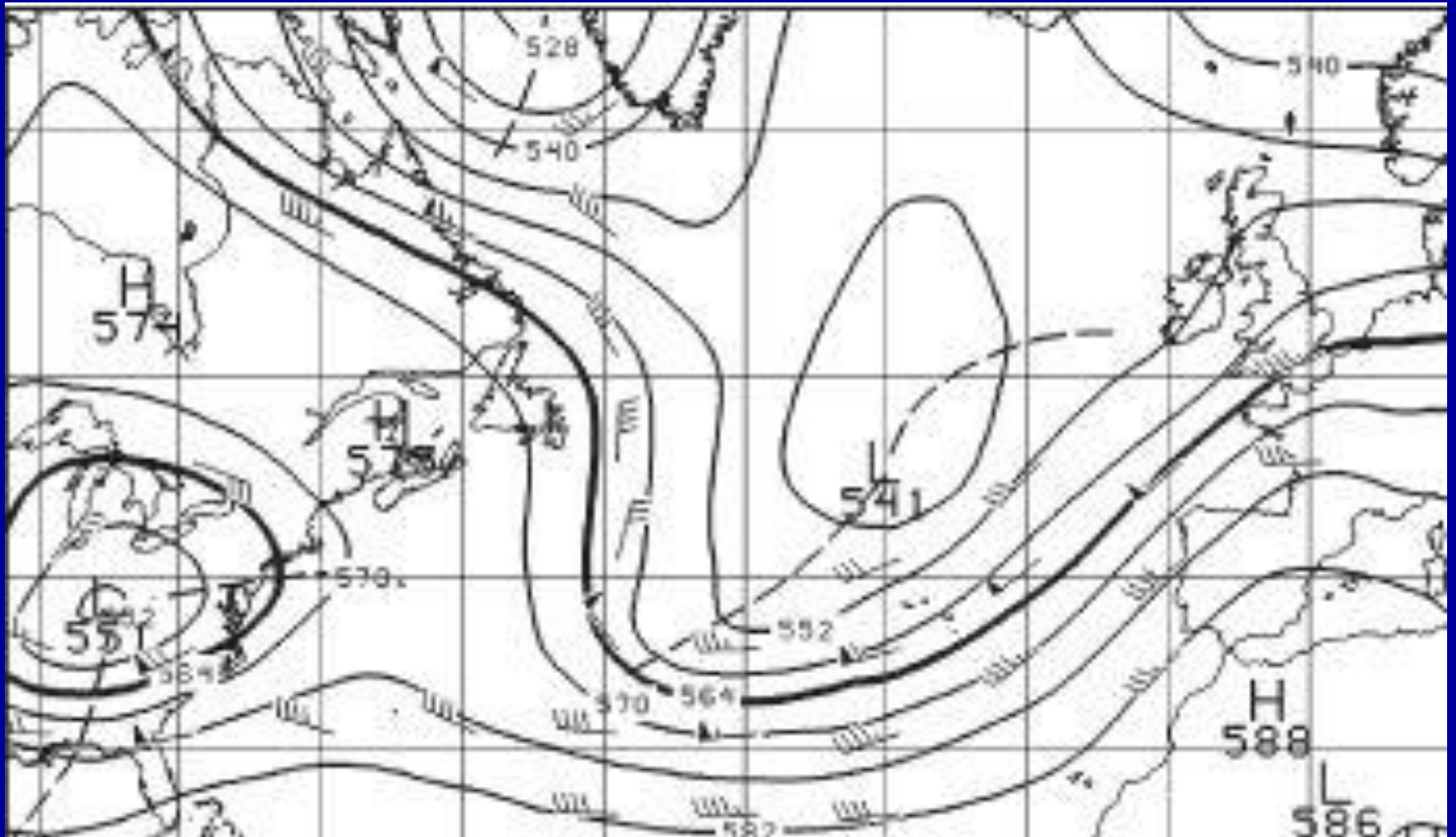
F_c

Buys-Ballot széltörvény

- Az izobárok \parallel -ak, és az áramlás \parallel az izobárokkal (Buys-Ballot)
- A szelek az izobárokkal párhuzamosan fújnak
- A szélnek háttal állva, az északi féltekén az alacsonyabb nyomású terület bal kéz felé helyezkedik el.



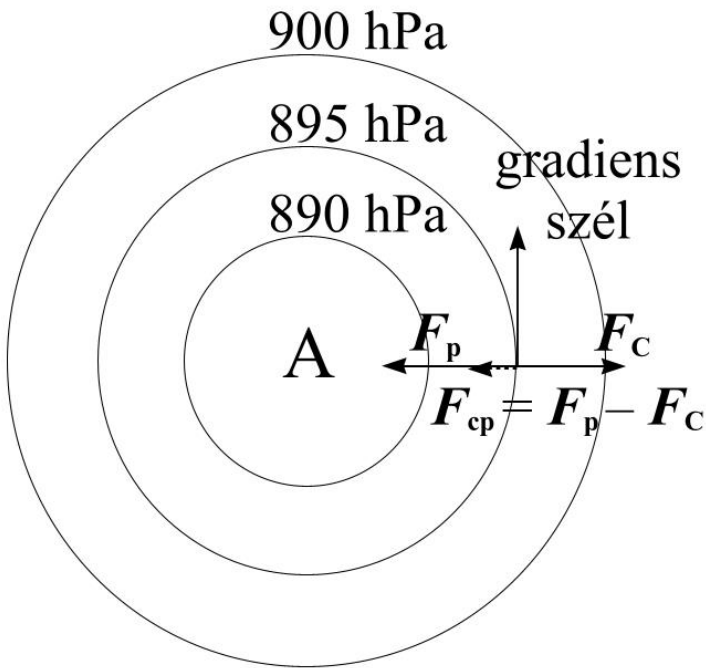
Geosztrofikus szél



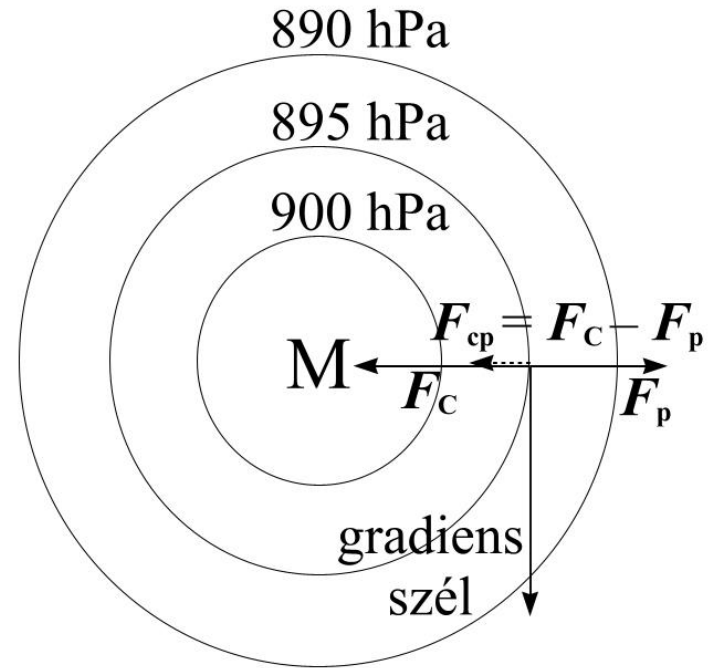
Gradiens áramlás

- A centripetális erő, a nyomási gradiens és Coriolis-erő tart egyensúlyt
- Közepes és magas szélességek
- Görbült, ill. kör alakú izobárokat feltételezünk (*Ciklon, anticiklon*)

Gradiens szél

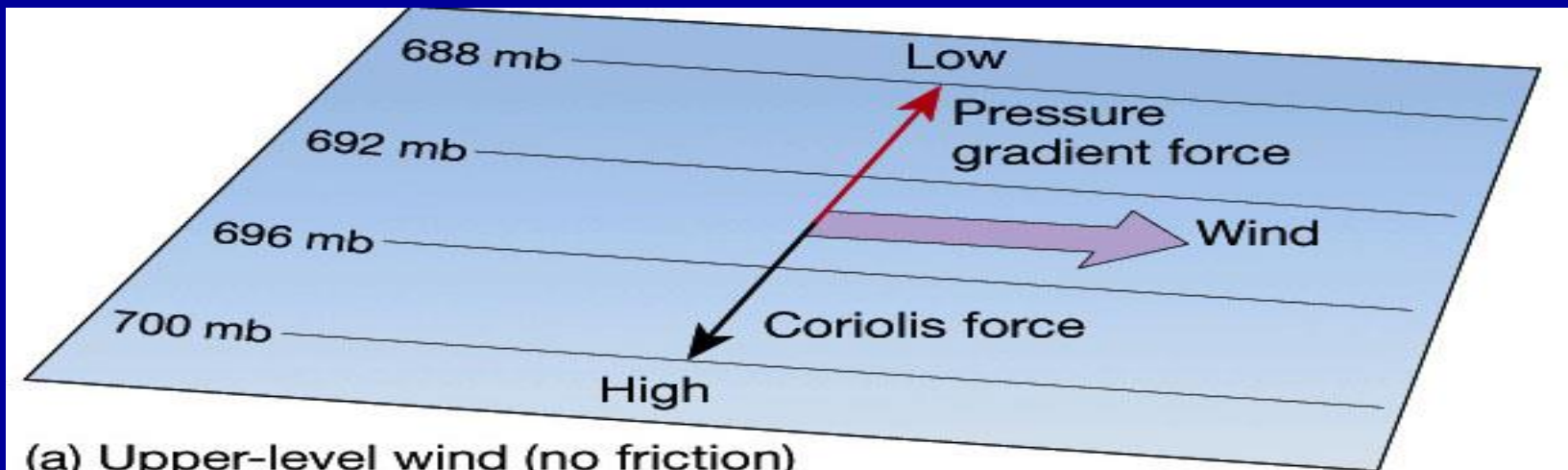


Ciklonális eset

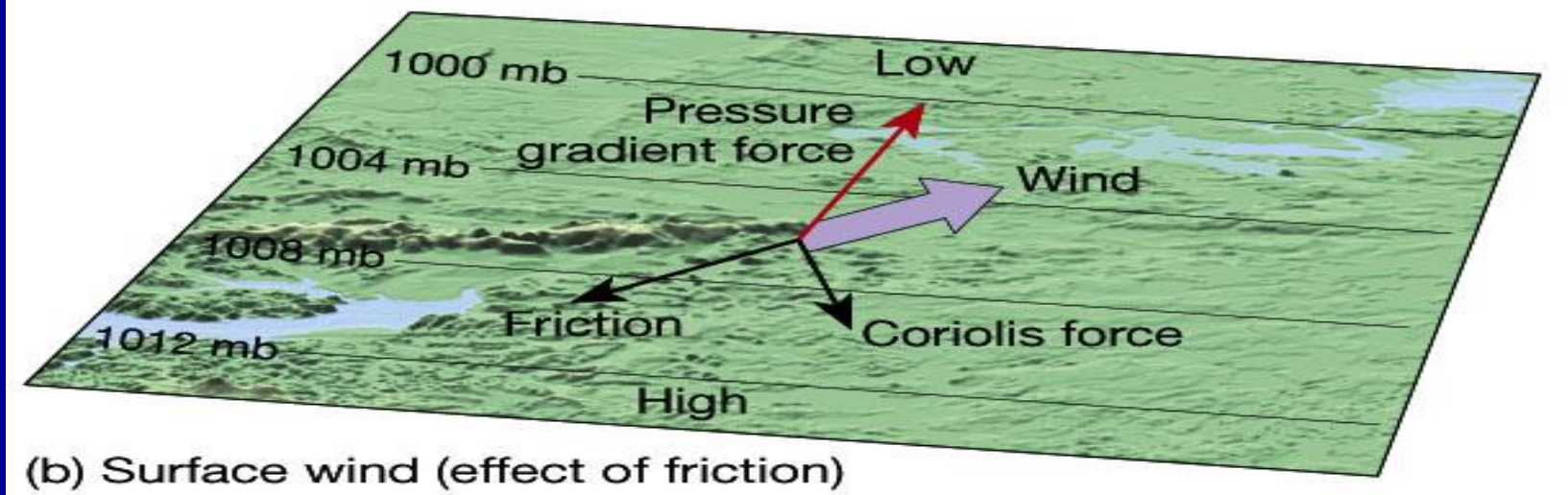


Anticiklonális eset

A súrlódás hatása

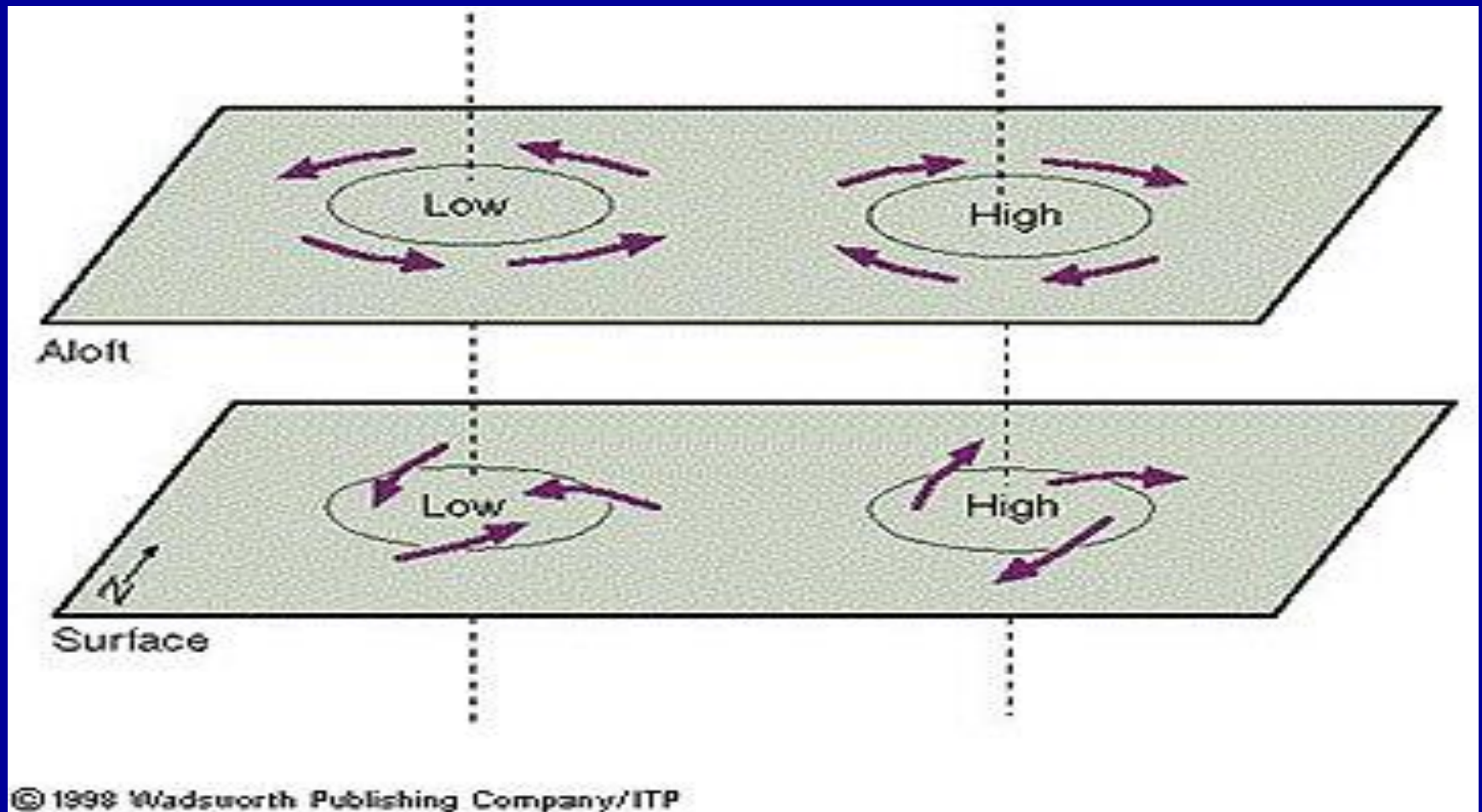


(a) Upper-level wind (no friction)



(b) Surface wind (effect of friction)

A súrlódás hatása

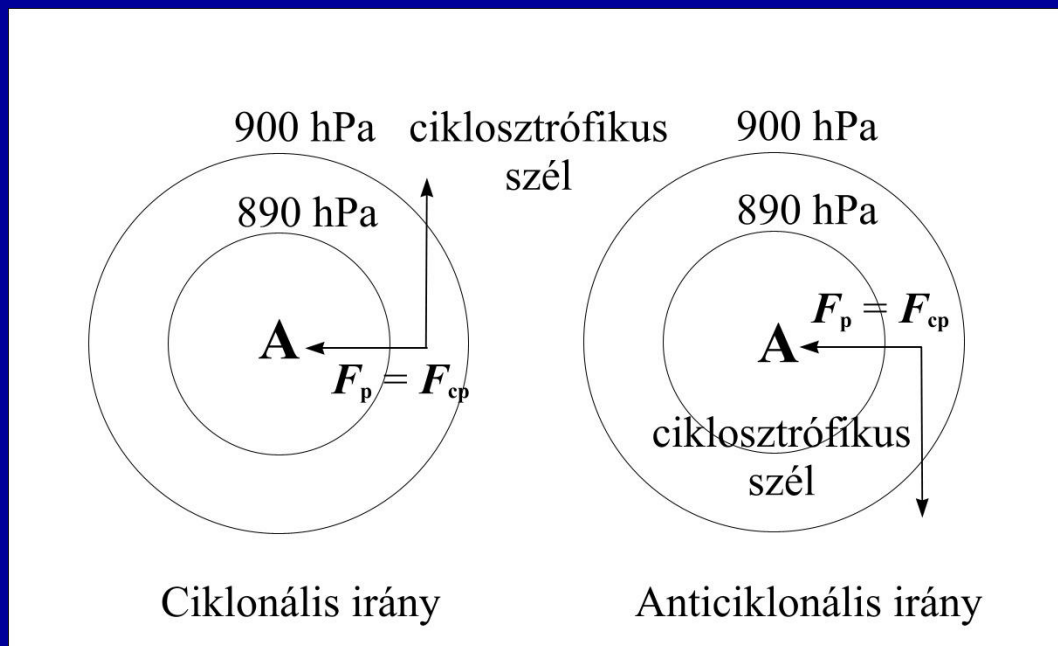


Ciklosztrofikus áramlás

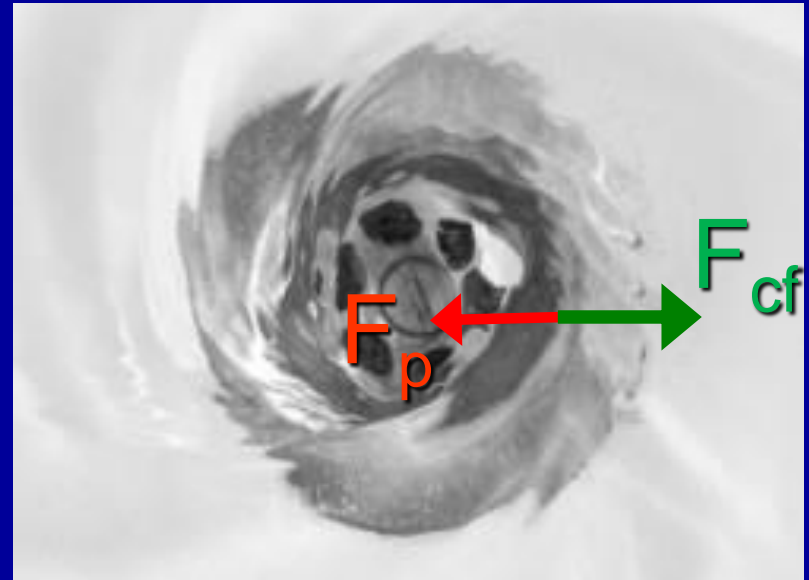
- A nyomási gradiens (alacsony szélességeken) vagy centripetális erő (kisebb skálájú mozgások) felülmúlja a Coriolis-erőt
- Nyomási gradiens és centripetális erő egyensúlya

Ciklosztrófikus szél

- Mezociklonok, tornádók, portölcsérek



- Tényleg a másik irányba forog a víz a lefolyóban a Föld déli féltekén?
- ciklosztrófikus egyensúlyban van (a másik két erőhöz képest a Coriolis-erő nagyon kicsi)
- => a mosdó formájától függ a lefolyás iránya



Inerciális áramlások

- Centrifugális és Coriolis-erő egyensúlya
- Óceánokban (pl. a Golf-áram leszakadó örvényei)

