

# 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**

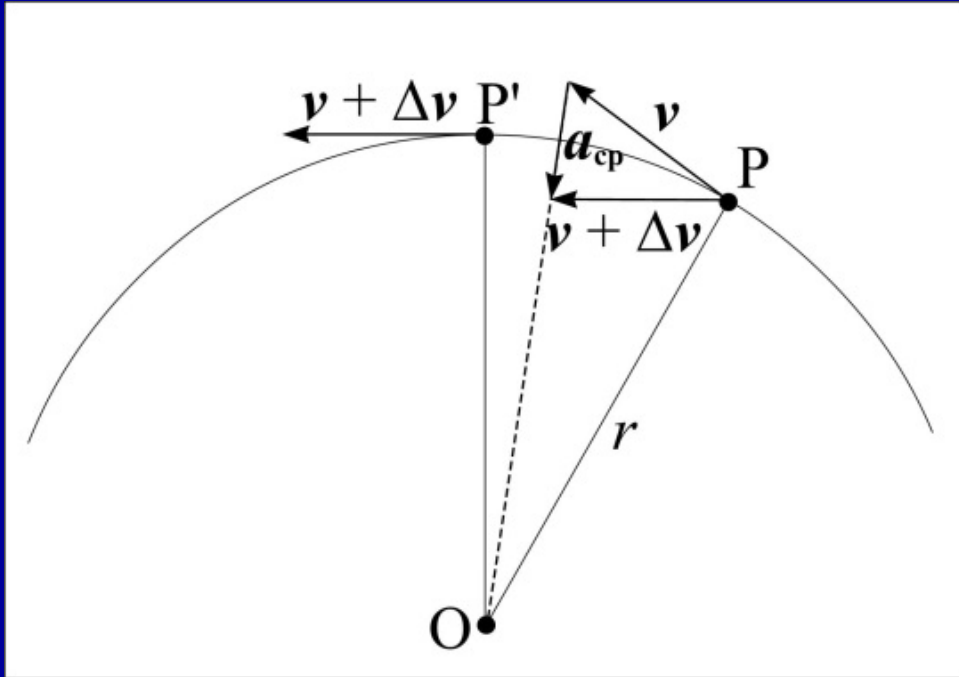
# Gravitációs erő

- Bármely két test között vonzó erő hat,

$$F_g = \gamma \frac{mM}{R^2}$$

- $\gamma$ : gravitációs állandó ( $6,67 \cdot 10^{-11}$  N m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>)
- $M$ : 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

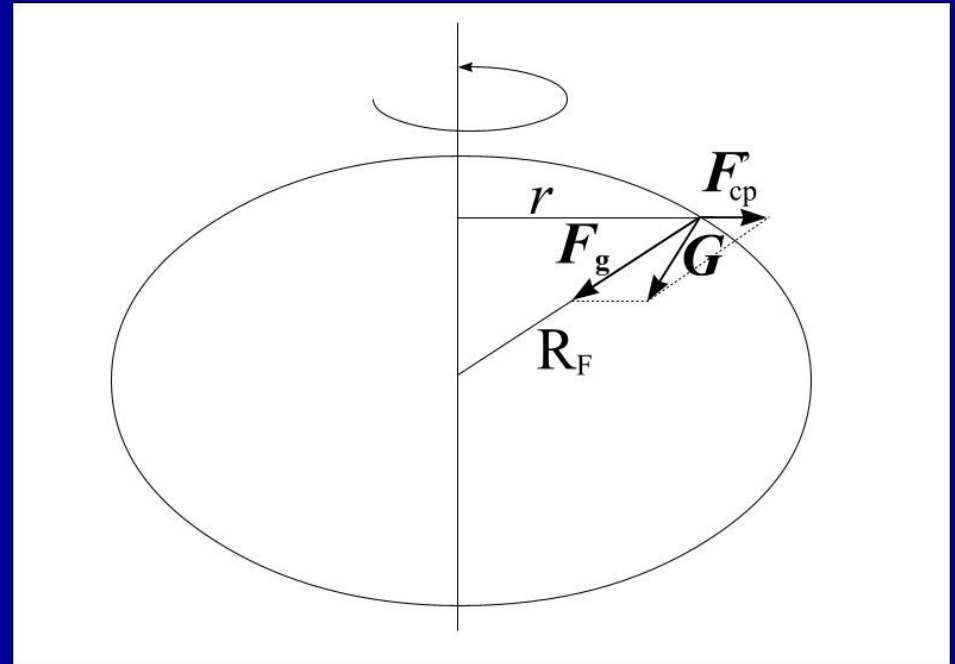


$$F_{cp} = m \omega^2 r$$

- Forgó testek esetén lép fel – görbült pályán való mozgás
- Ellenereje: centrifugális erő

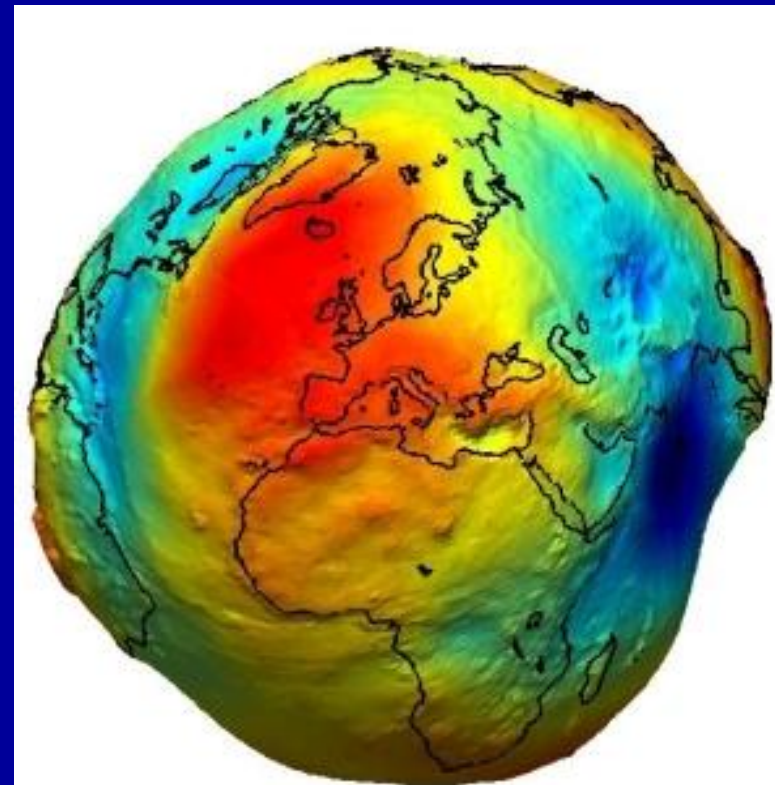
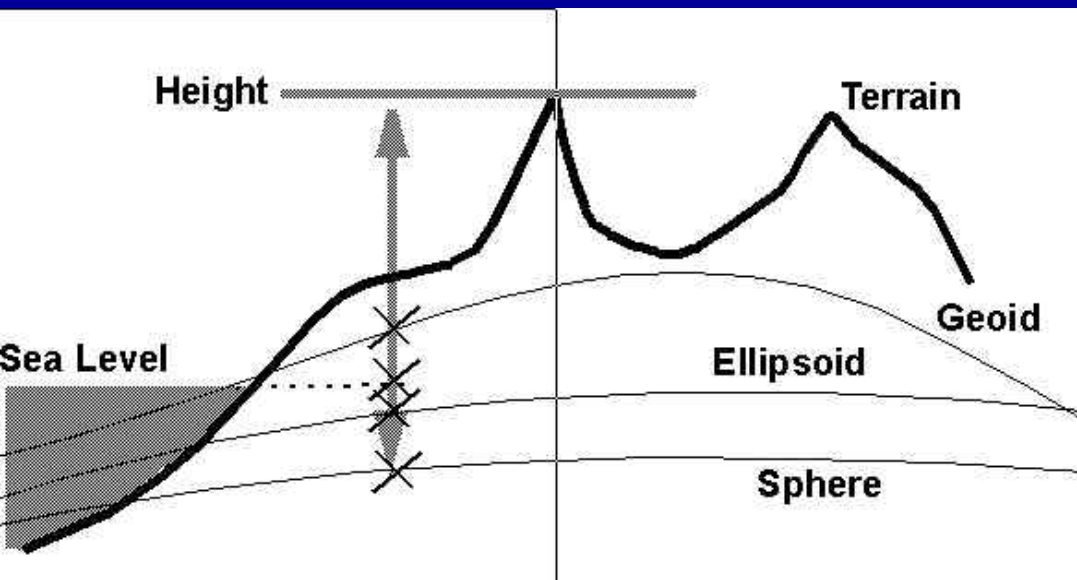
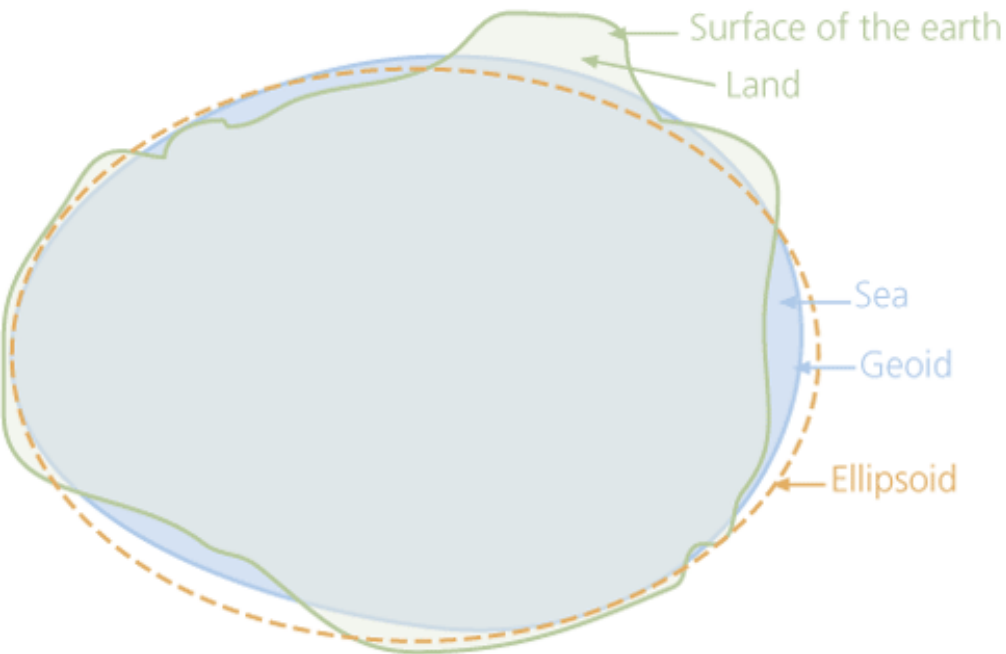
# Nehézségi erő

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



# Geoid

Model of the Earth

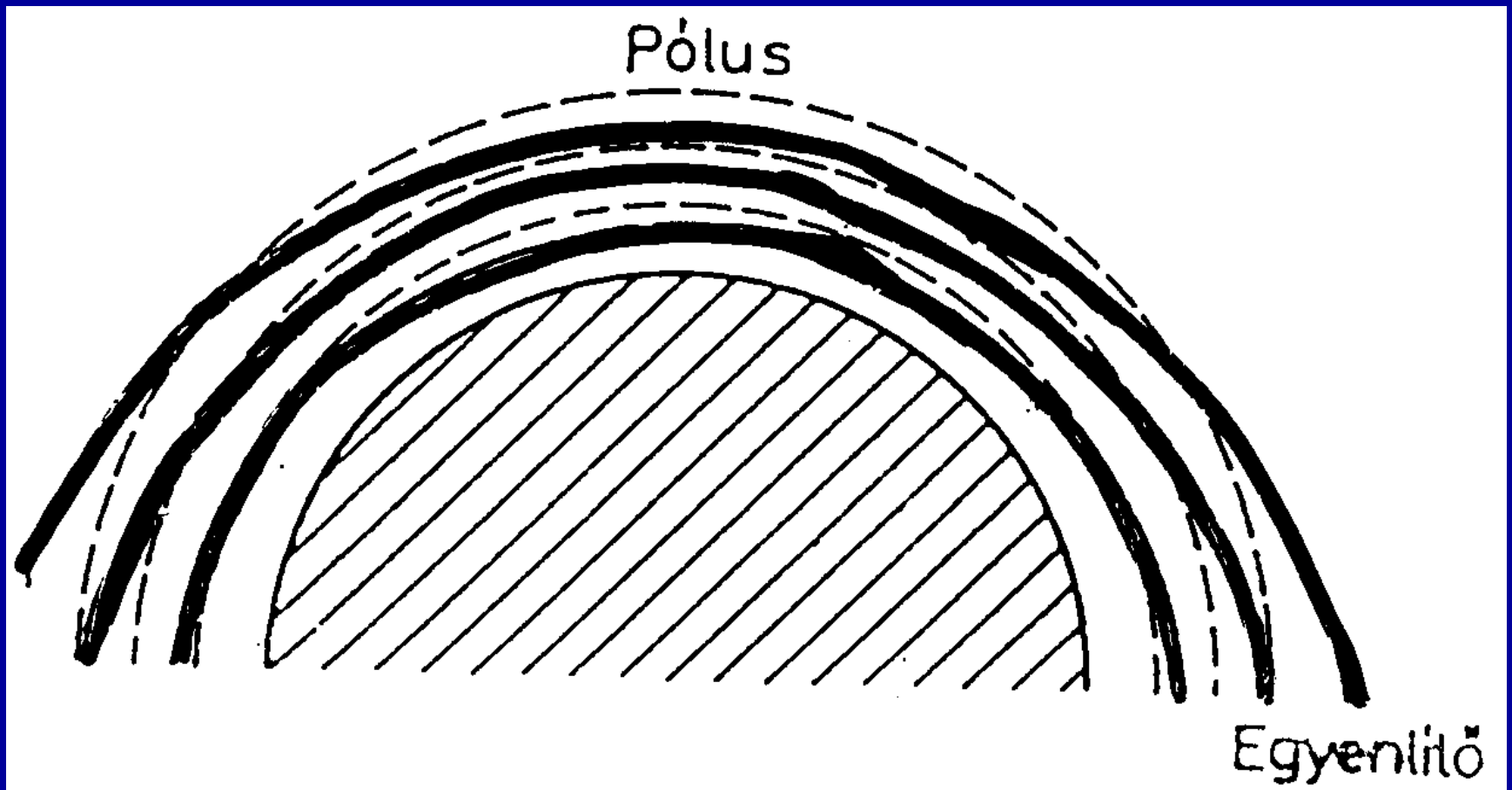


- Geopotenciál: a tömegegység  $z$  magasságba való emelésekor a nehézségi erővel szemben végzett munka. (tengerszinten  $\Phi=0$ )

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

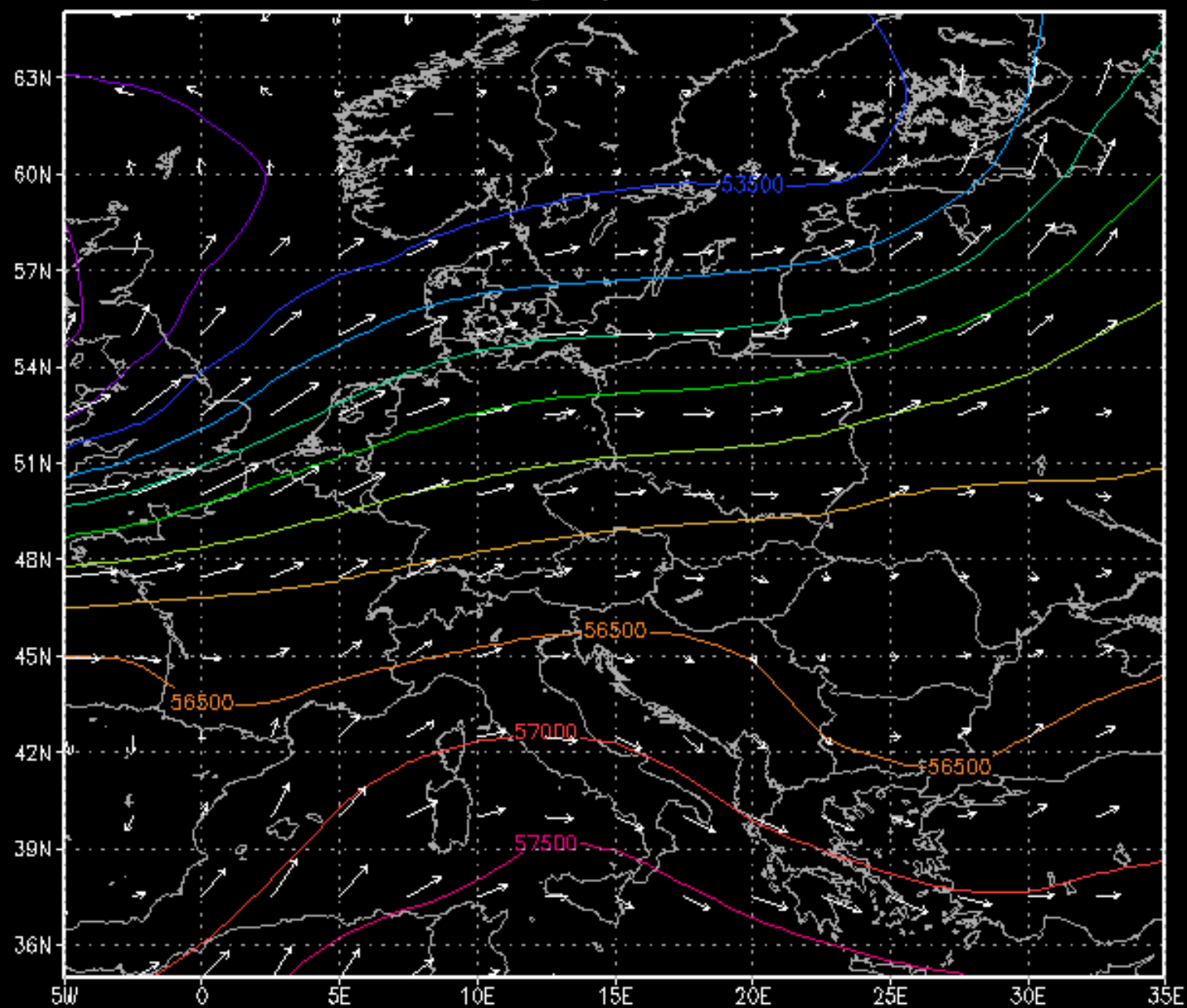
- Mértékegysége: geopotenciális méter (gpm).
- Geopotenciális felület: azonos geopotenciálú pontok (izohipszák) alkotta felület (ekvipotenciális felület)





Azonos magasságú felületek és ekvipotenciális felületek meridionális metszete

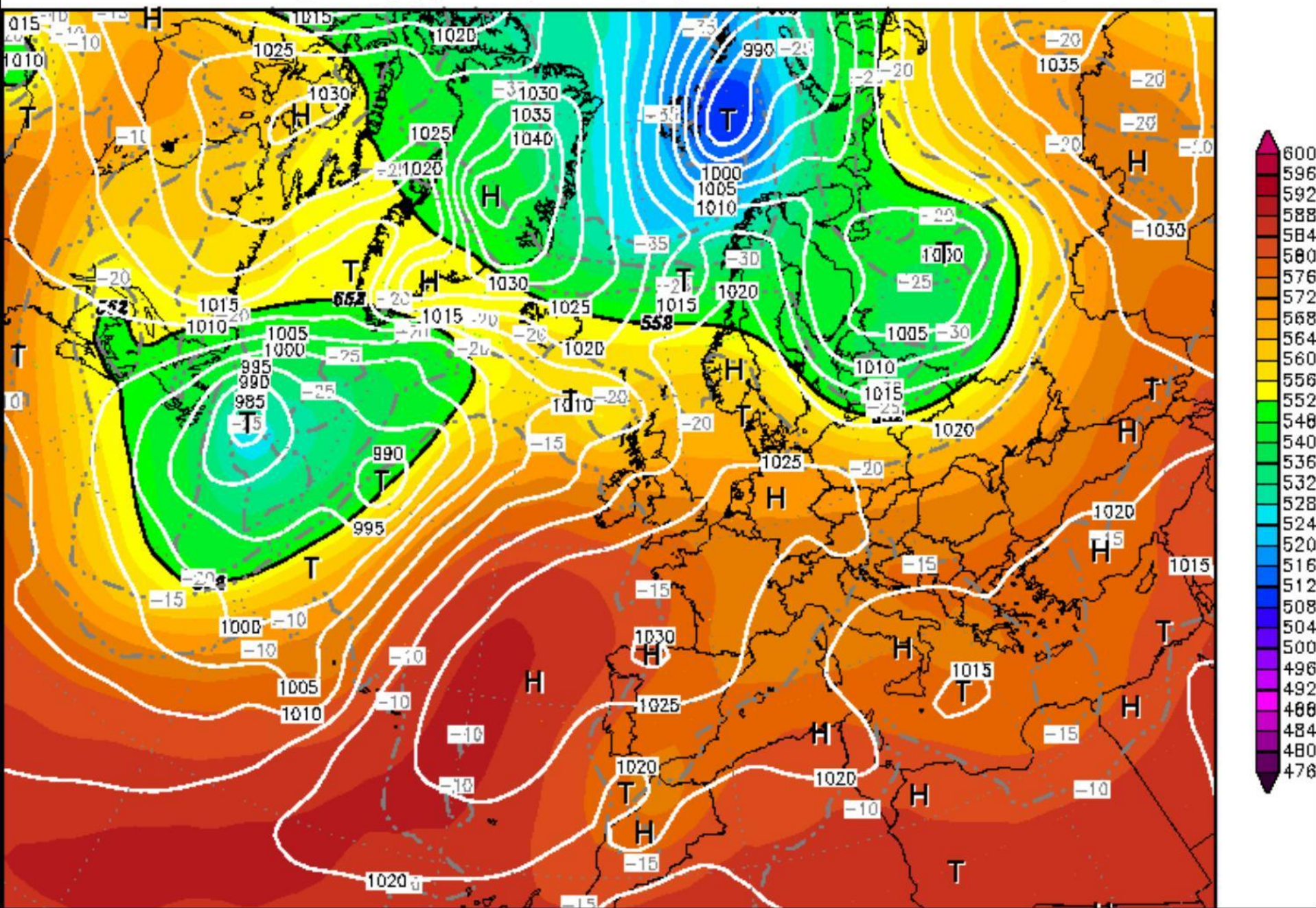
# 500 hPa geopotential, u, v



Init : Sat,06OCT2007 06Z

Valid: Tue,09OCT2007 06Z

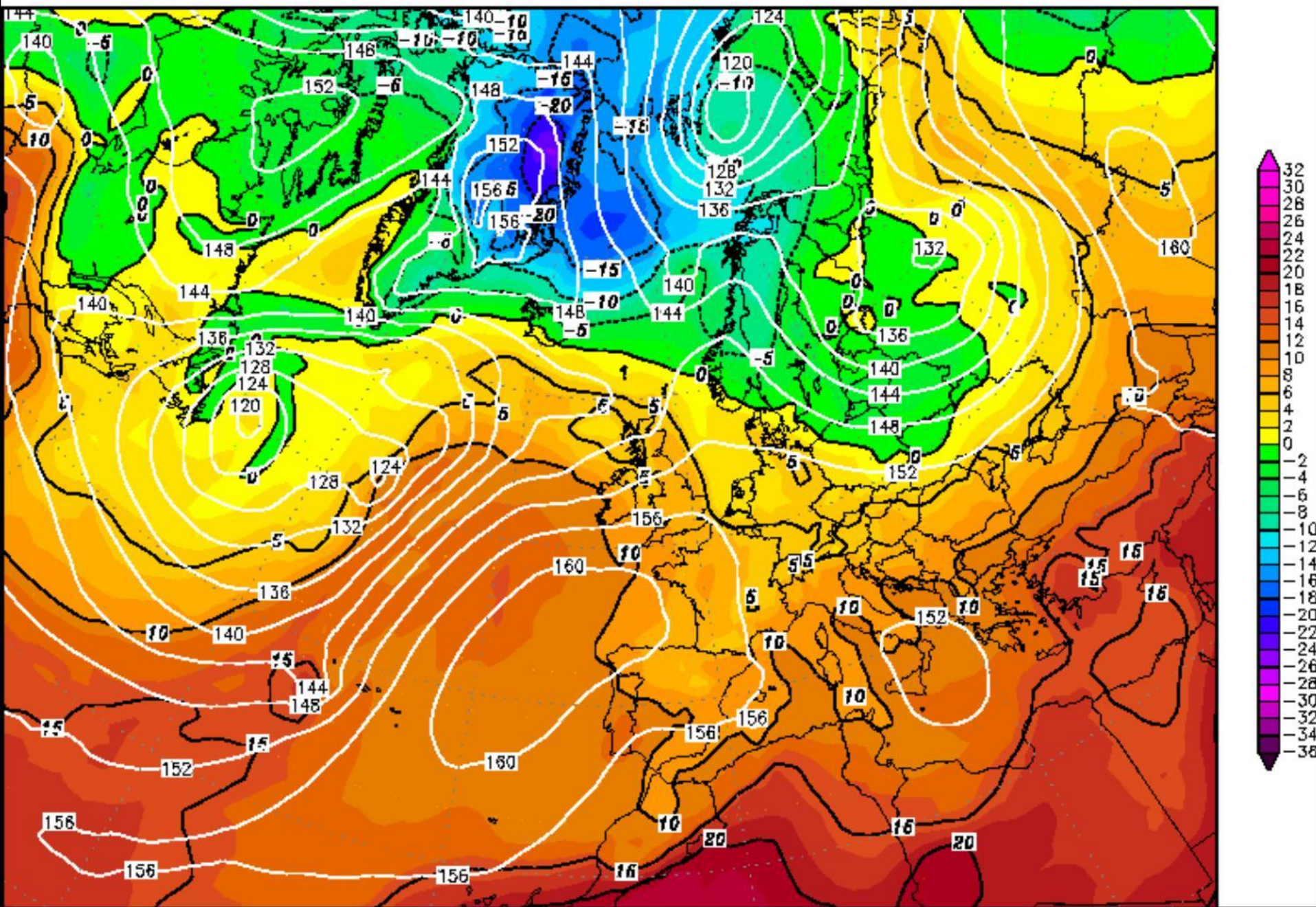
500 hPa Geopot.(gpdm), T (C) und Bodendr. (hPa)



Init : Sat,06OCT2007 06Z

Valid: Tue,09OCT2007 06Z

# 850 hPa Geopot. (gpm) und Temperatur (Grad C)



# Geostacionárius műholdak

- Állandóan a Föld egy adott pontja felett tartózkodnak
  - Egyenlítő síkjában (itt esik egy egyenesbe a centripetális és a gravitációs erő)
  - Kérdés: 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:  $H \approx 42229 - 6371$

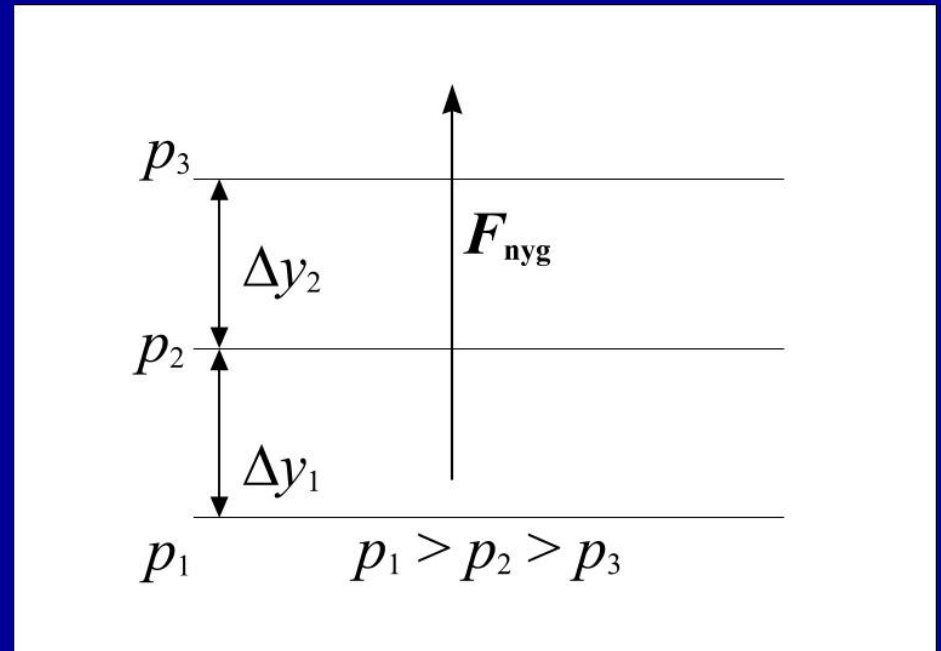
$= 35858 \text{ km}$

# Geostationary satellite



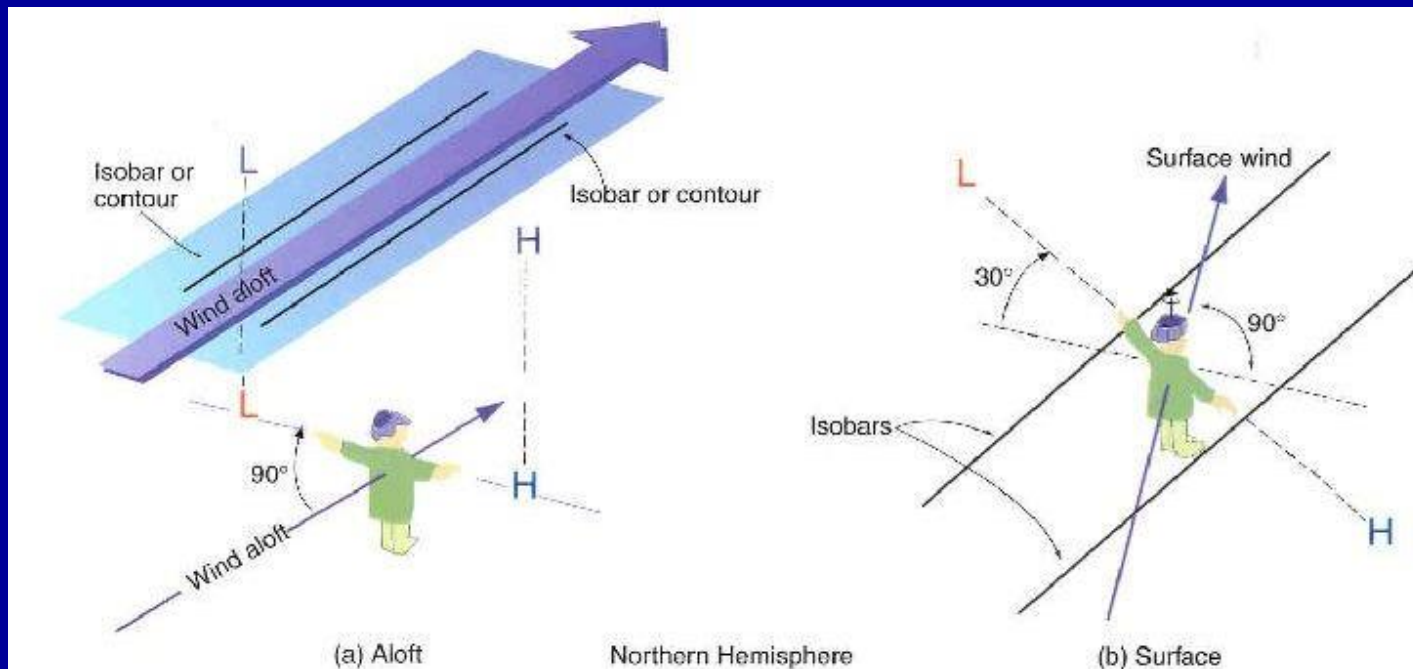
# Nyomási gradiens erő

- A nyomáskülönbség hatására fellépő erő
- Merőleges az izobárokra
- A magasabb nyomású terület felől az alacsonyabb nyomású terület felé mutat
- $F_{\text{pgrad}} = -\frac{\Delta p}{\Delta y}$ , ha az izobárok merőlegések az  $y$  koordináta-tengelyre



# Buys-Ballot széltörvény

- A szelek az izobárokkal párhuzamosan fújnak
- A szélnek háttal állva, az északi féltekén az alacsonyabb nyomású terület bal kéz felé helyezkedik el.





# 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:

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

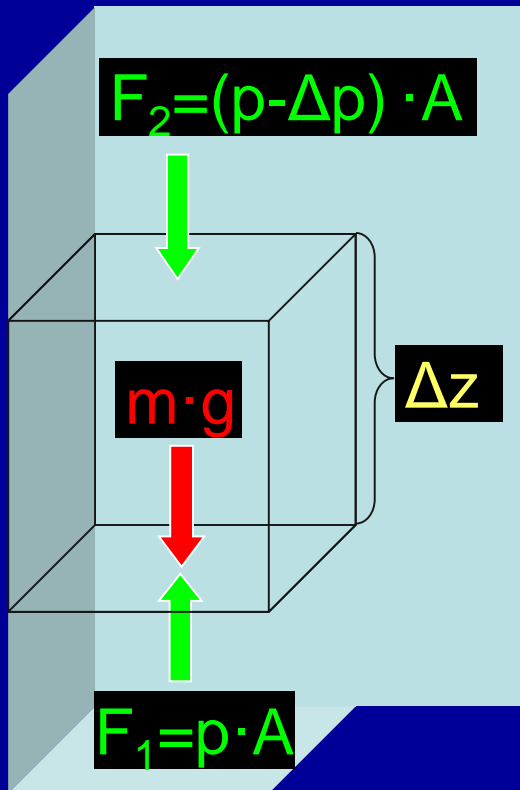
$$a = g \cdot (T_b - T_l) / T_l, \text{ ha } T_b > T_l \text{ felfelé gyorsul}$$

- Ha nincs gyorsulás:

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

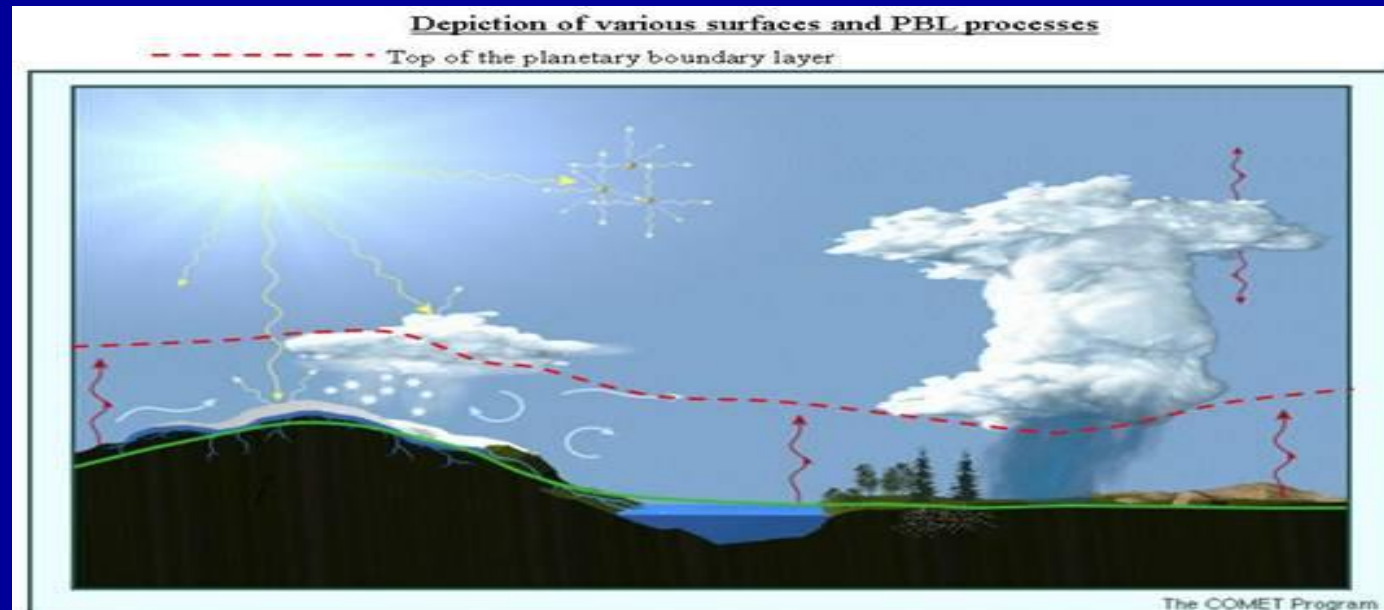
Nehézségi erővel egyensúlyban van

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



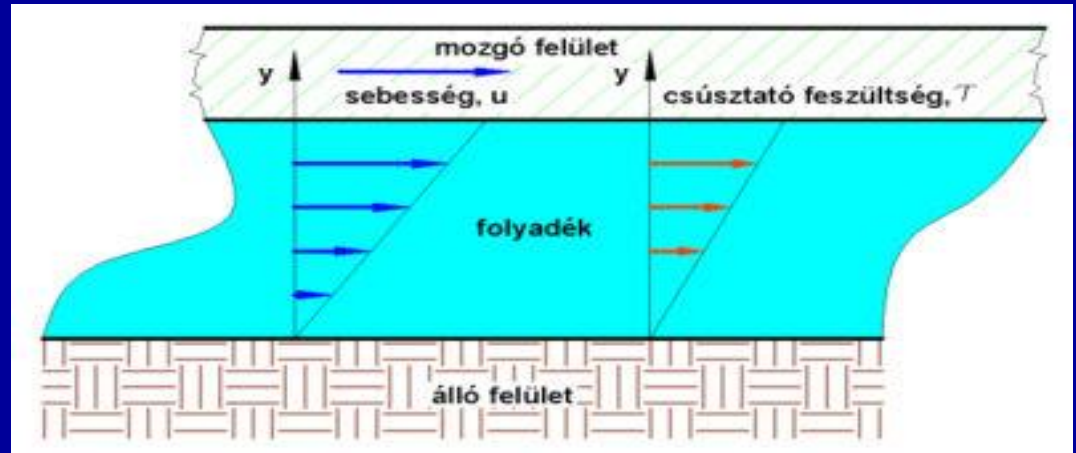
# Súrlódási erő

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

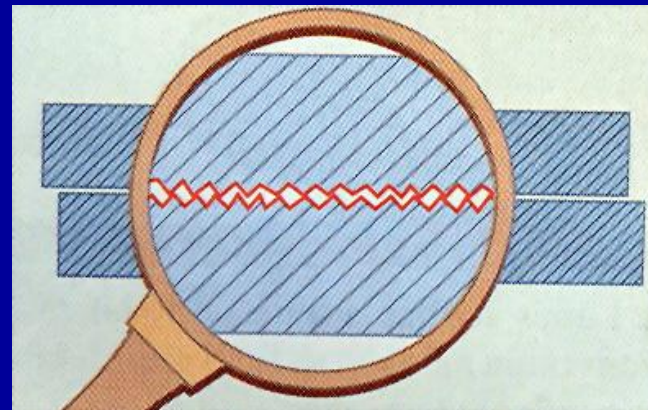


# Súrlódási erő

- Belső súrlódás (viszkozitás):

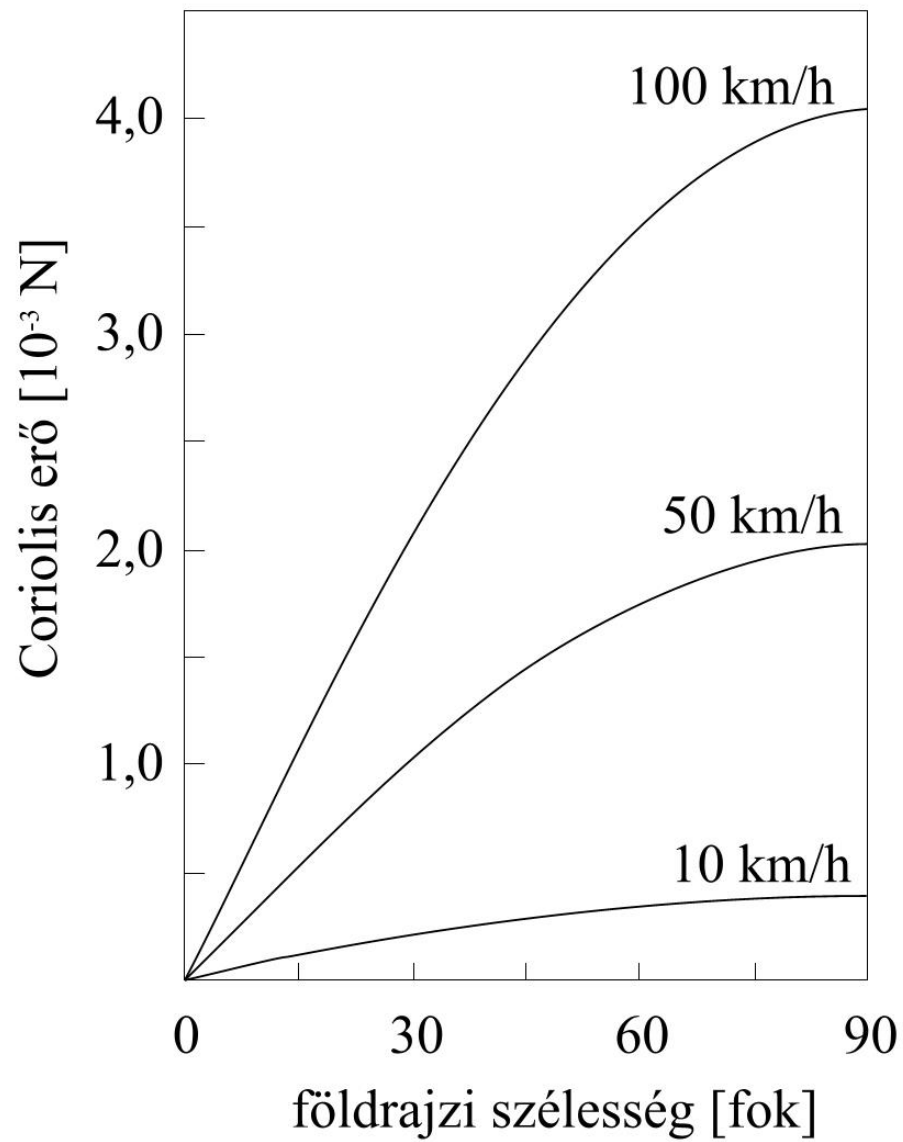


- Külső súrlódás:



# 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.



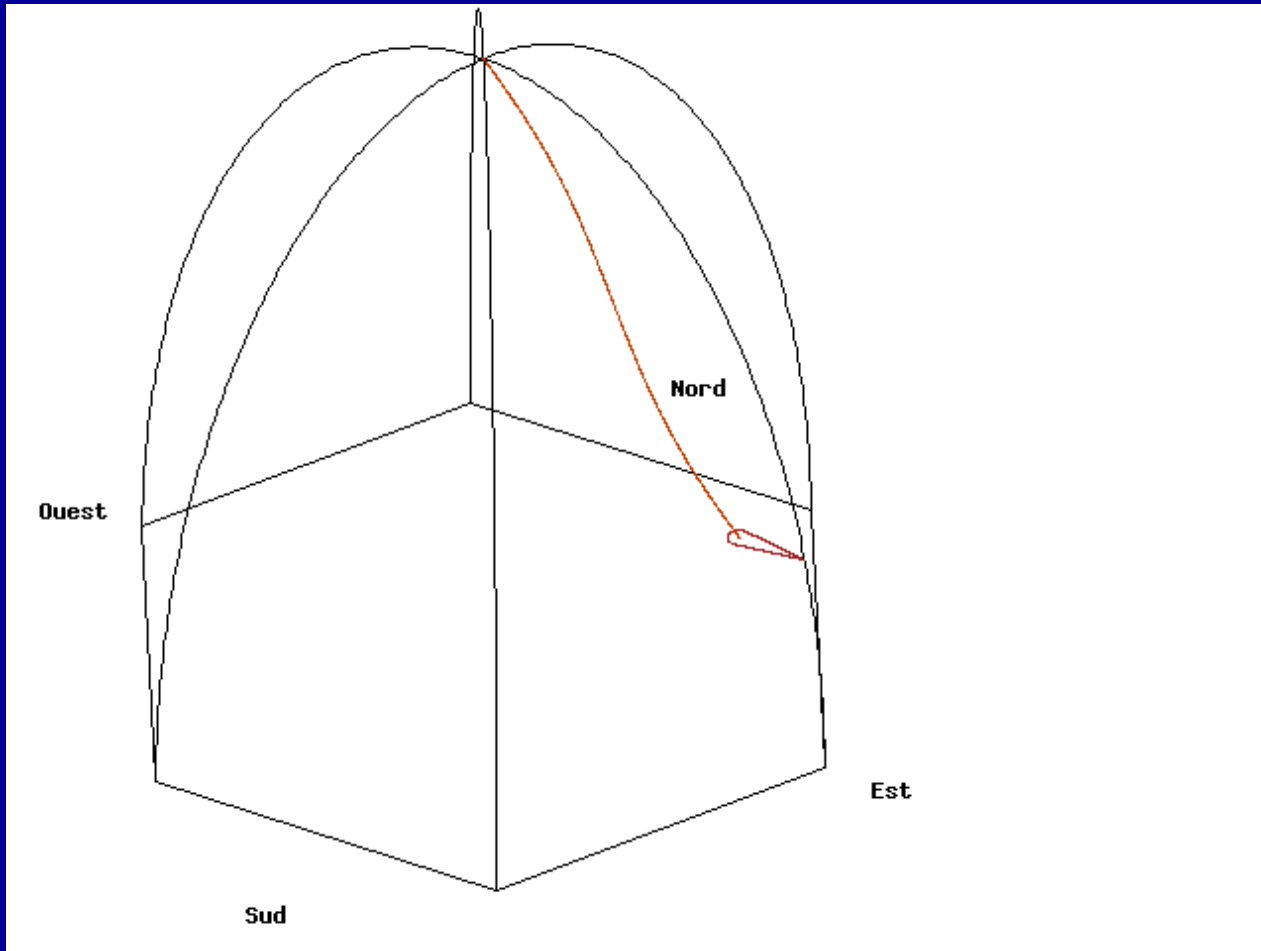
# A Coriolis-hatás megfigyelése

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

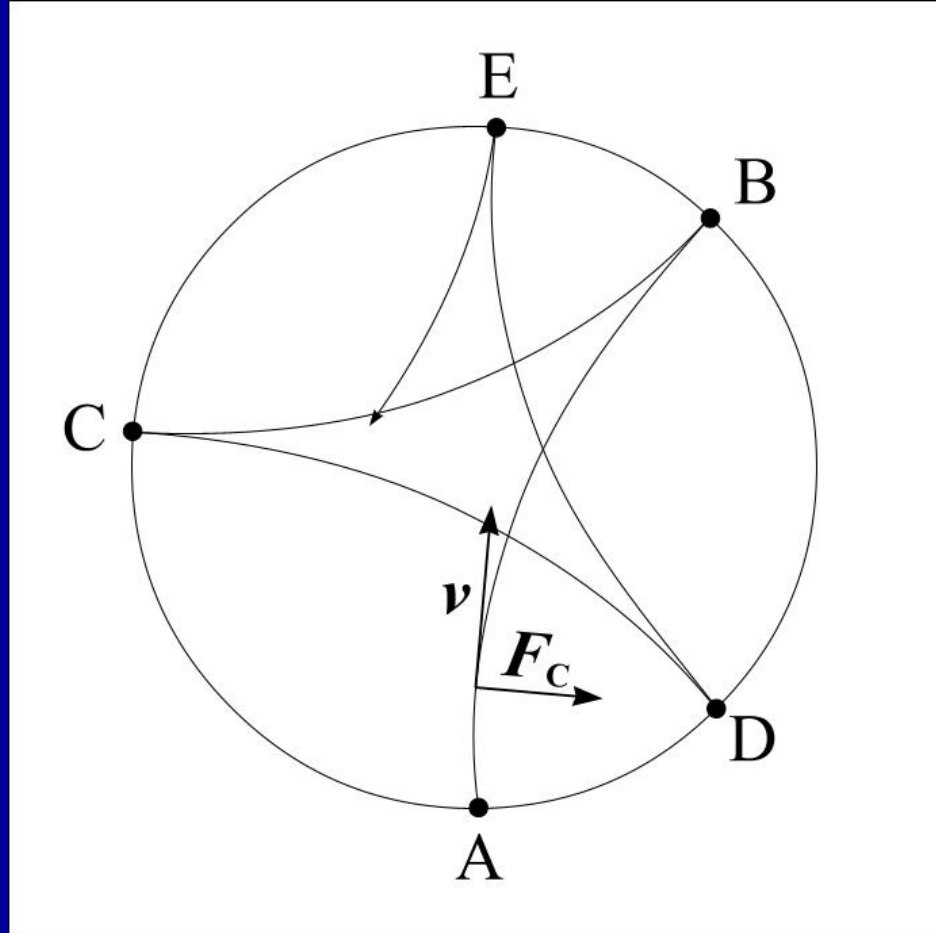
# A Coriolis-hatás megfigyelése

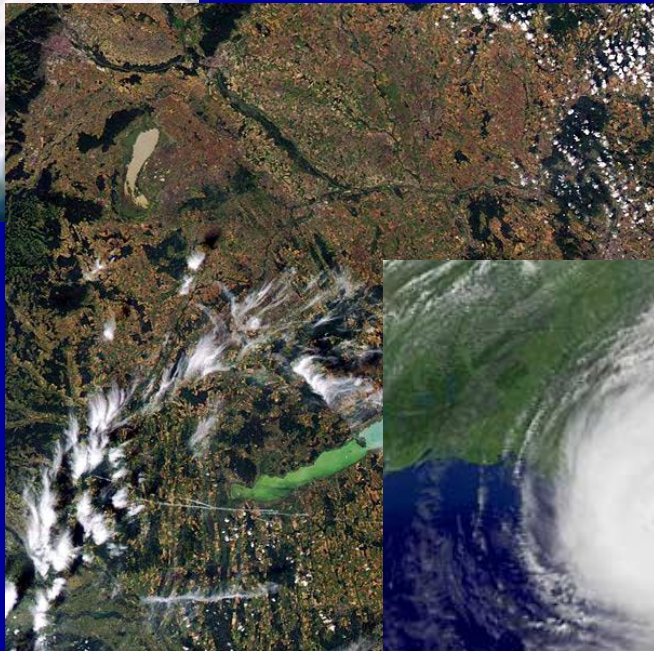


# Foucault-inga







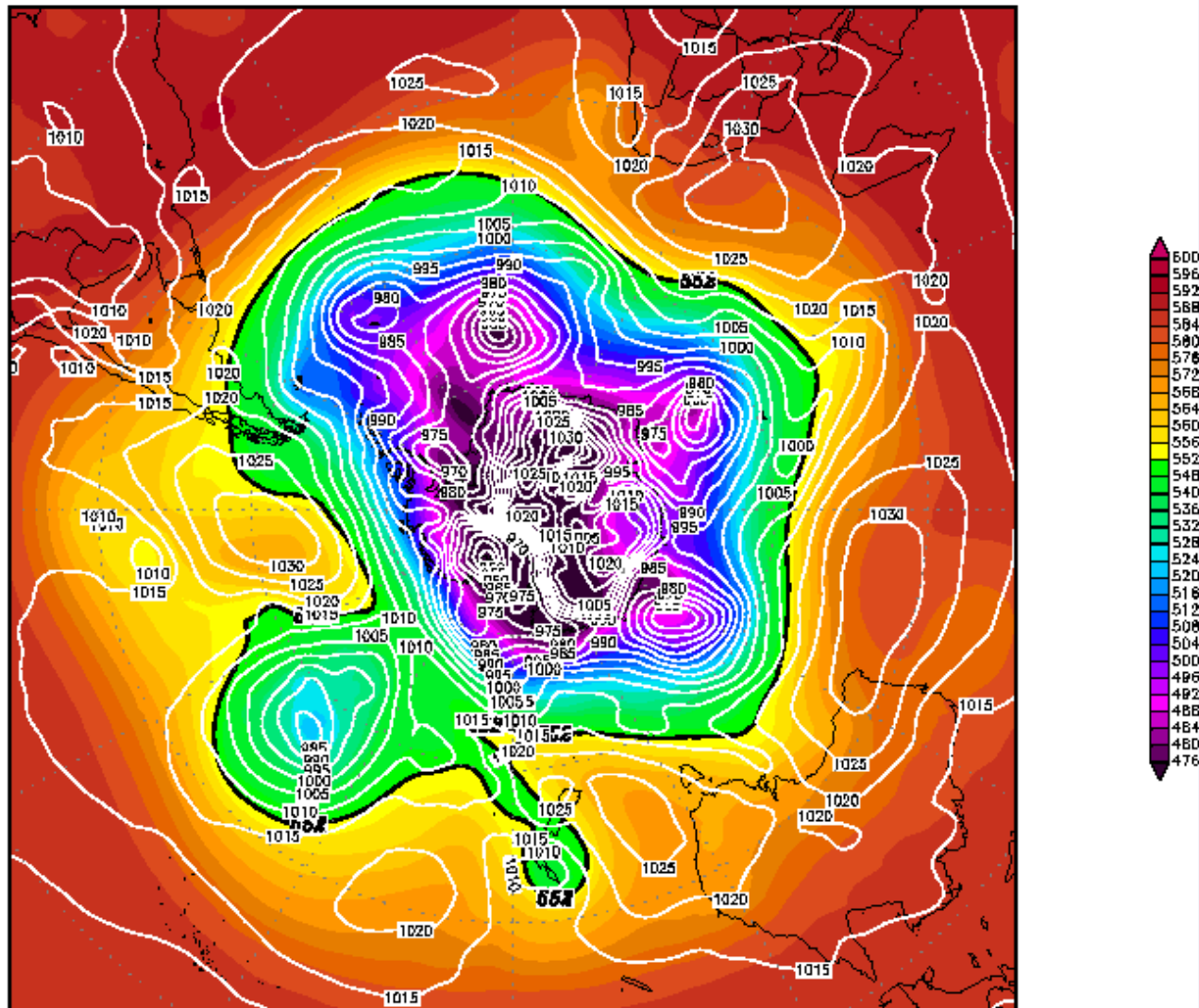




nit : Sun,20SEP2015 00Z

Valid: Sun,20SEP2015 00Z

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



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes

(C) Wetterzentrale

[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

# Melyek a domináns erők?

	<b>alacsony szélességek</b>	<b>közepes és magas szélességek</b>
<b>szabad légkör</b>	nyomási gradiens erő	nyomási gradiens erő, Coriolis-erő
<b>planetáris határréteg</b>	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

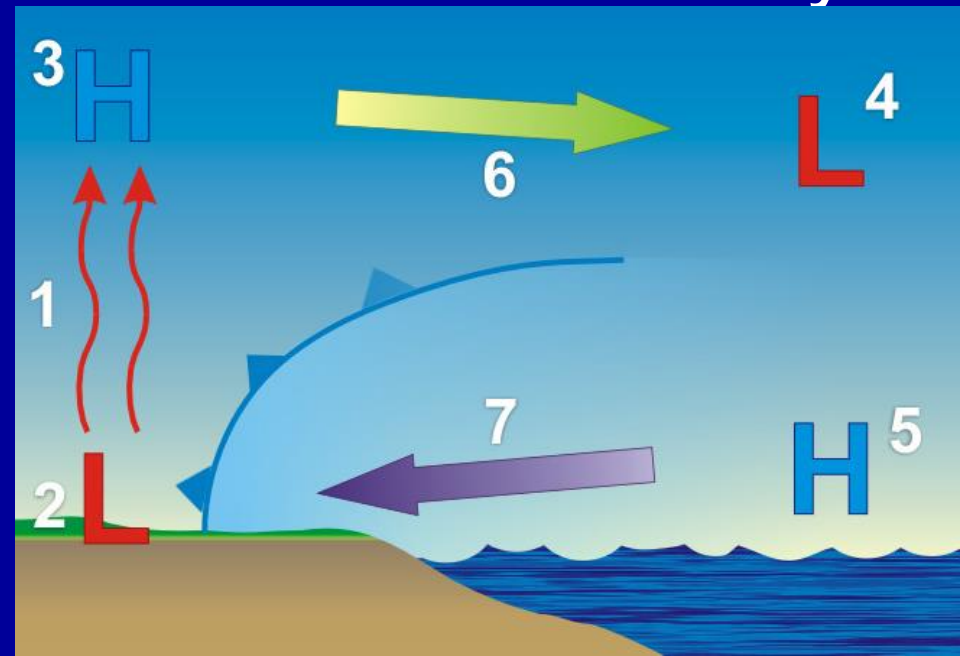
# Euler-féle áramlás

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



# Antitriptikus áramlás

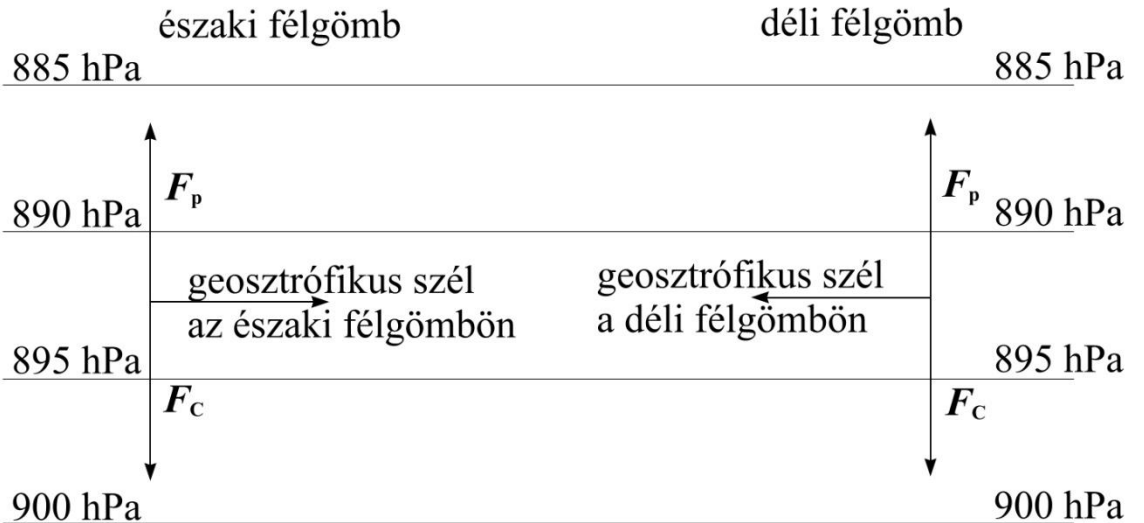
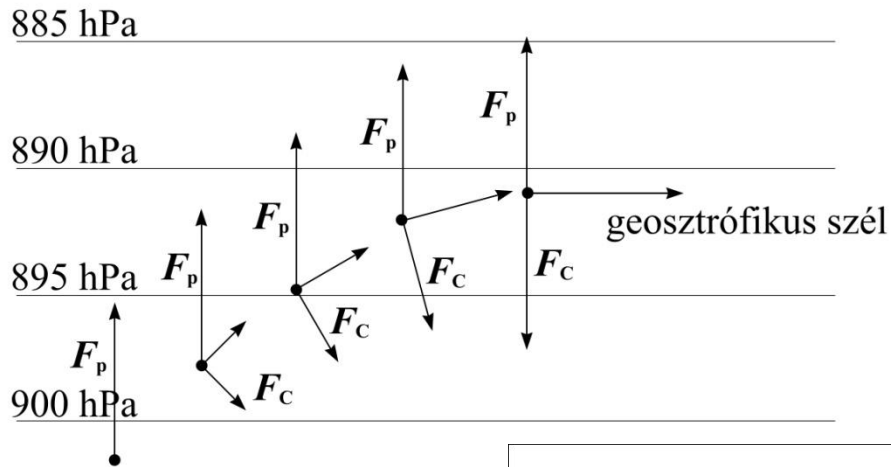
- A nyomási gradiens erő a súrlódási erővel tart egyensúlyt
- Planetáris határréteg
- Alacsony szélességek => Coriolis-erő hiánya
- Pl. parti cirkuláció



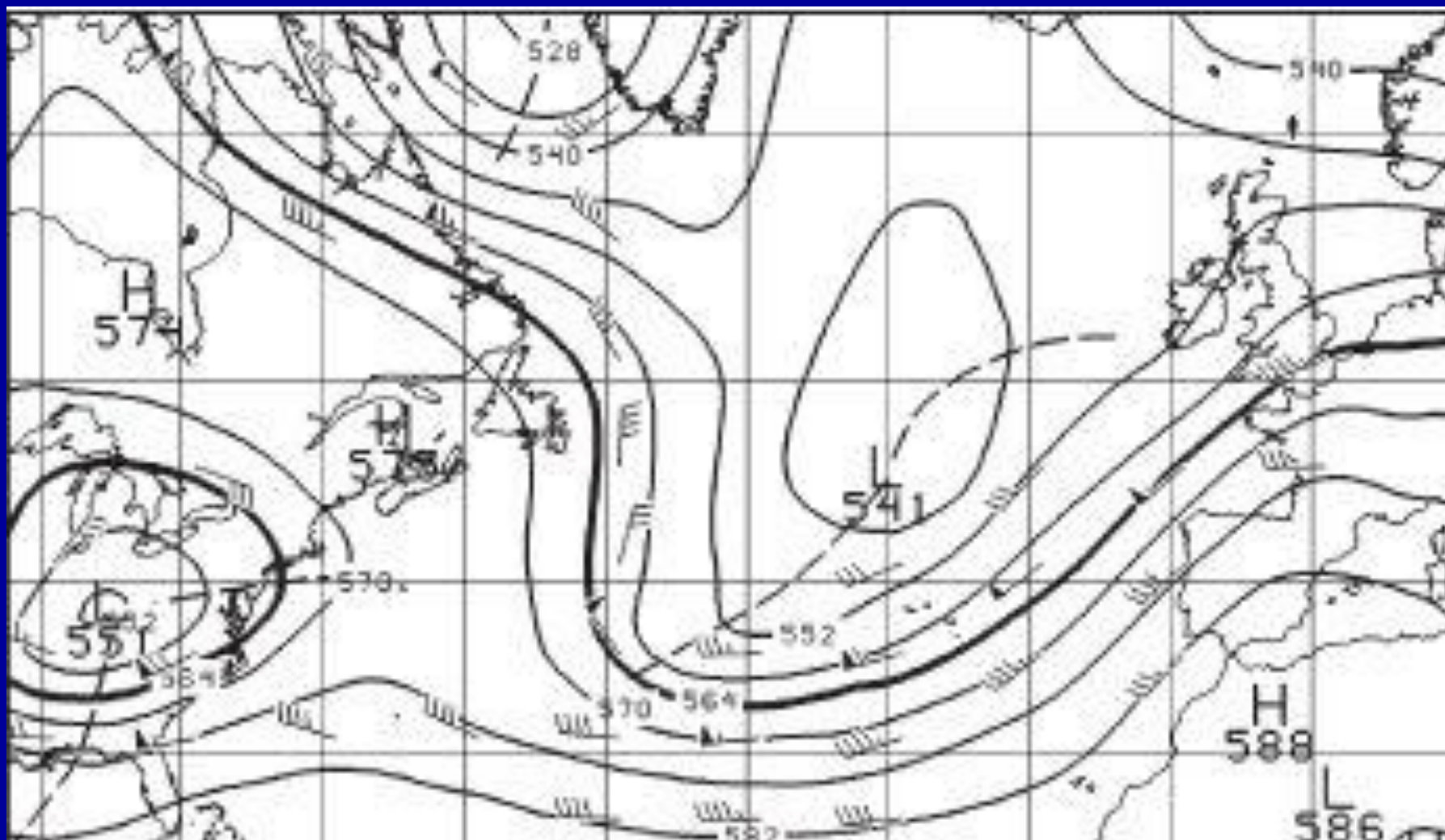
# Geosztrofikus áramlás

- Coriolis erő tart egyensúlyt a nyomási gradiens erővel
- Közepes és magas szélességek
- Az izobárok  $\parallel$ -ak, és az áramlás  $\parallel$  az izobárokkal (Buys-Ballot)

# Geosztrofikus szél



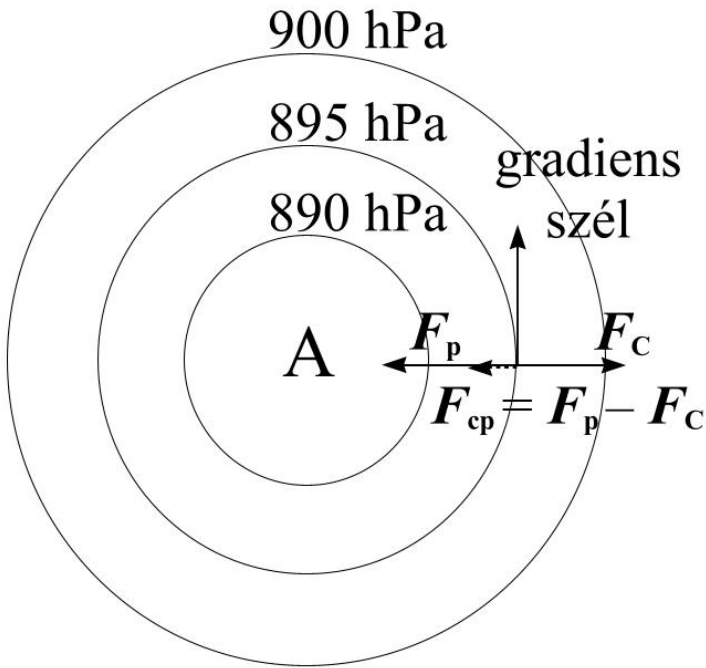
# Geosztrofikus szél



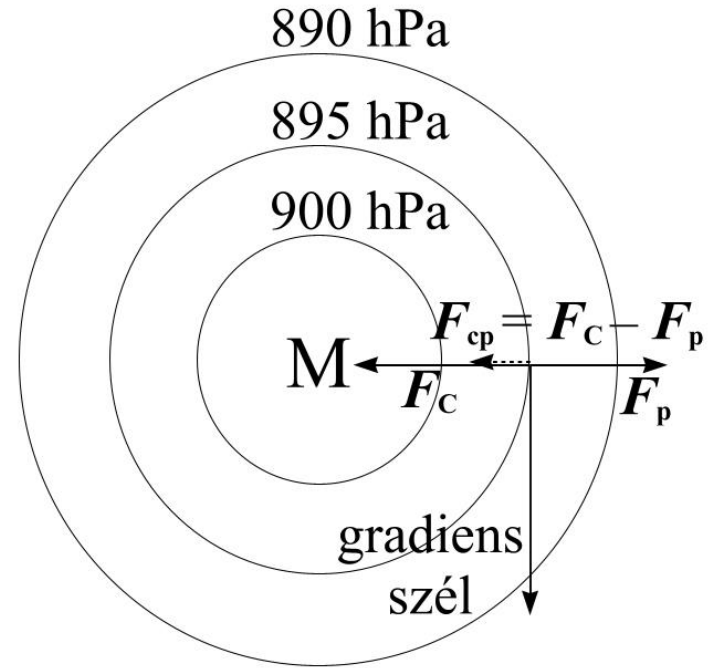
# Gradiens áramlás

- 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

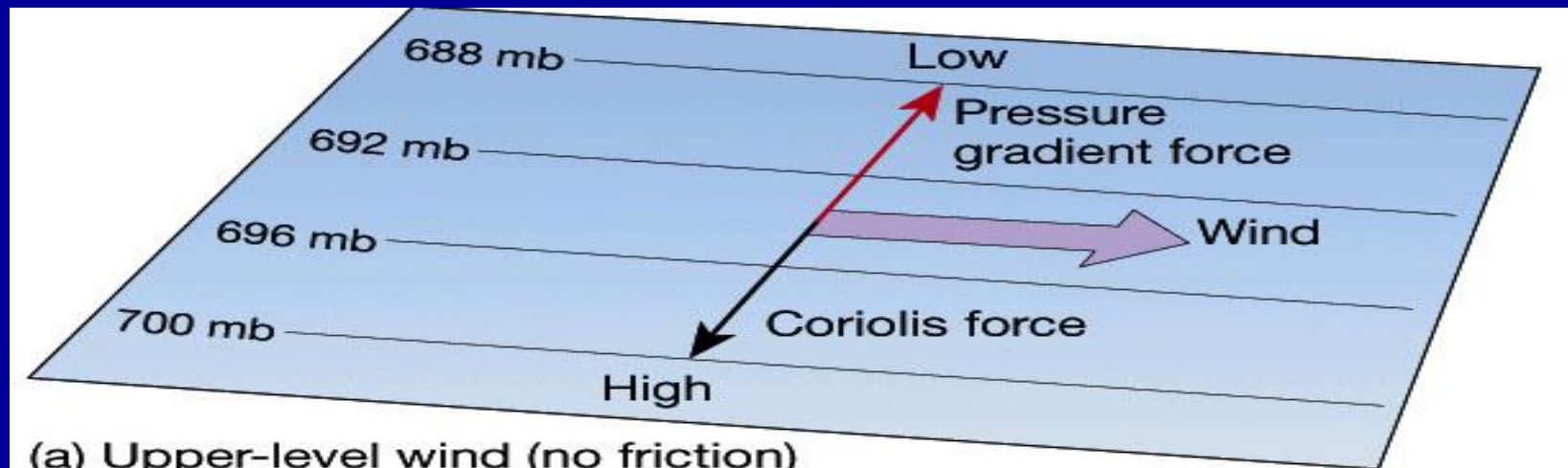


Ciklonális eset

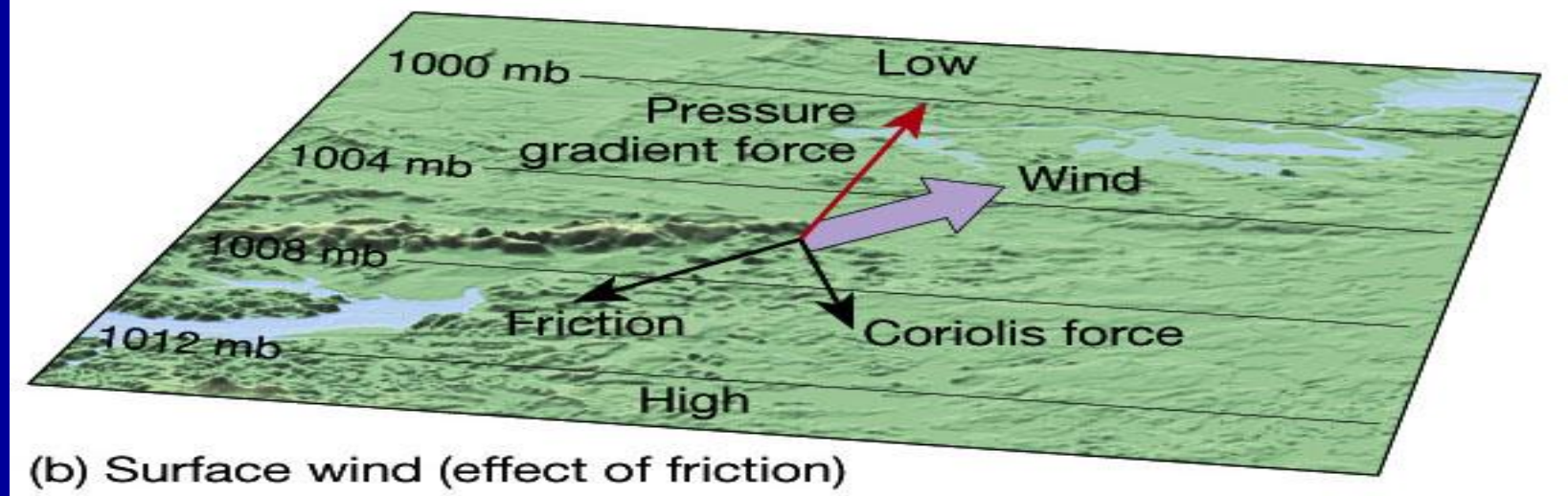


Anticiklonális eset

# A súrlódás hatása

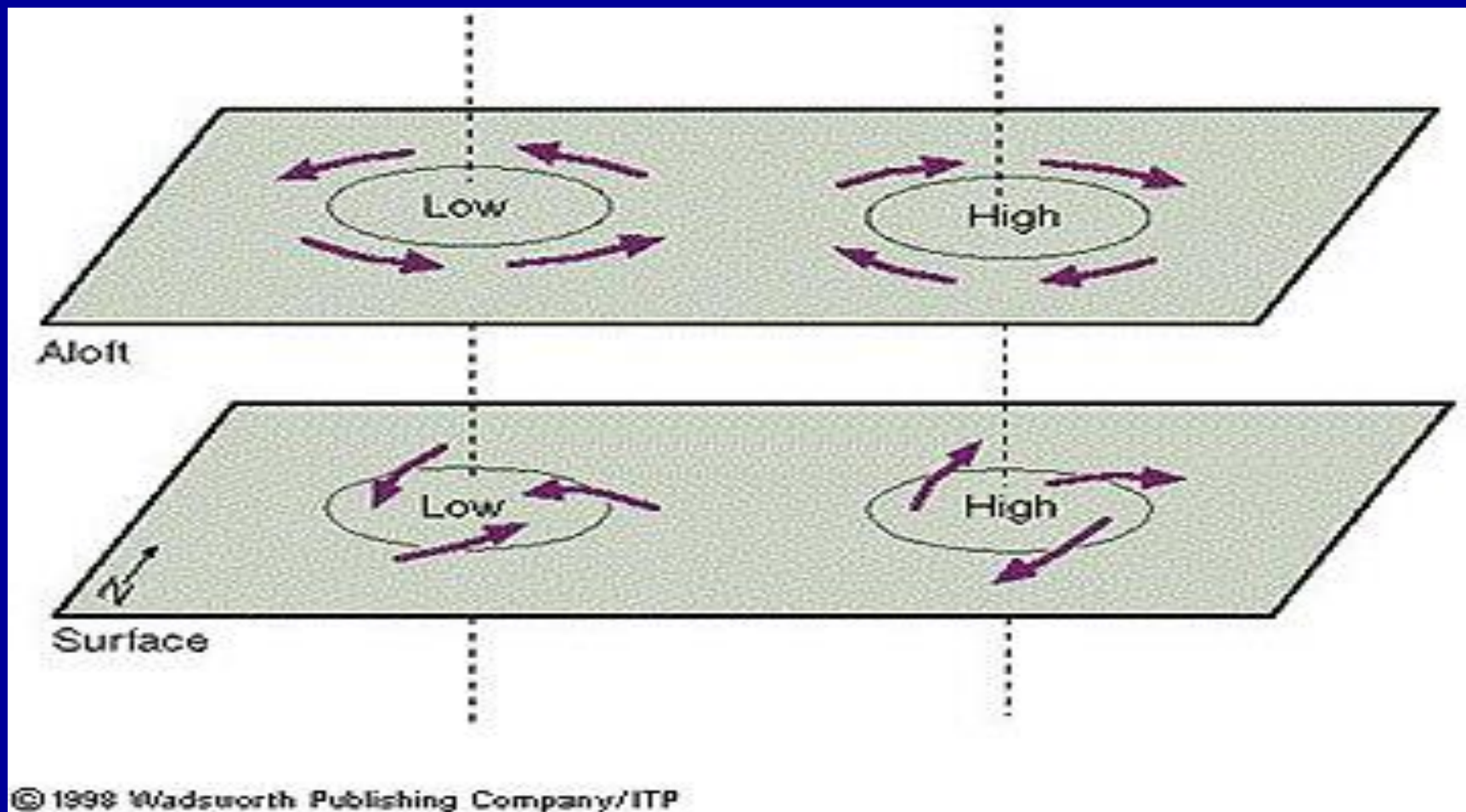


(a) Upper-level wind (no friction)



(b) Surface wind (effect of friction)

# A súrlódás hatása

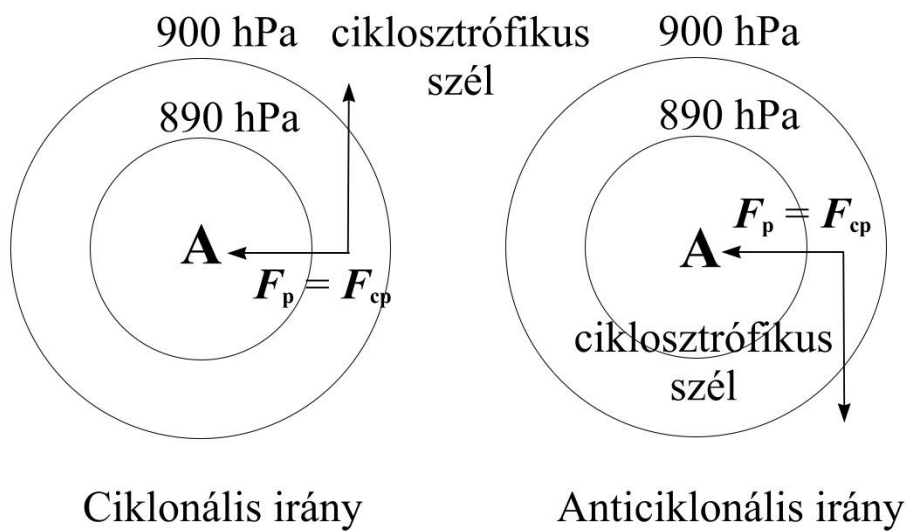




# Ciklosztrofikus áramlás

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

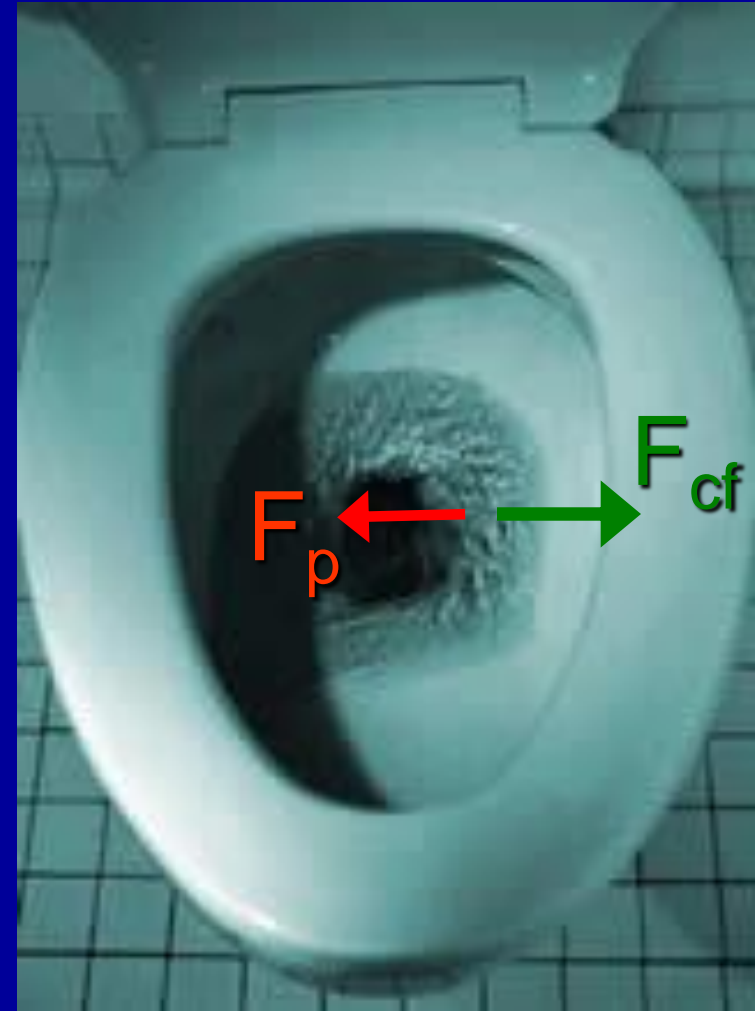
# Ciklosztrófikus szél



- Mezciklonok, 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 / wc formájától függ a lefolyás iránya



# Inerciális áramlások

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

