

Gradijentni i ciklostrofski vetar

Uvod

Vetrovi su manje-više horizontalna kretanja vazduha u atmosferi. Prouzrokuju ih razlike u atmosferskom pritisku, a razlog tome je neravnomerno zagrevanje površine Zemlje. Razlog ovome je sferni oblik Zemlje i neravnost njene površine. Dok se jedna strana sveta greje na suncu, druga se hladi izračavajući svoju energiju u svemir. Vetrovi su podeljeni na mnoge načine iz mnogih različitih perspektiva. Ovde ćemo da ih posmatramo iz ugla mehanike i Newtonove fizike uopšte.

Osnovni pojmovi

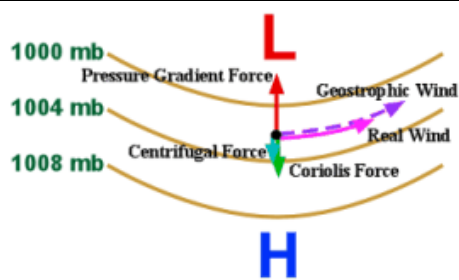
Gradijentni vetar: pod ovim pojmom se podrazumeva vetar koji nastaje kad su sledeće sile u ravnoteži: Coriolisova (Koriolis), centrifugalna i gradijentna. Gradijentna sila je kraći naziv za gradijentnu silu pritiska, koja je sila kojom vazdušne mase deluju jedna na drugu zbog razlike u pritiscima. Ova sila se može opisati diferencijalnim jednačinama

$$F_{g,x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$F_{g,y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$F_{z,y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - g$$

gde je p pritisak, ρ gustina vazduha, a g gravitaciono ubrzanje.

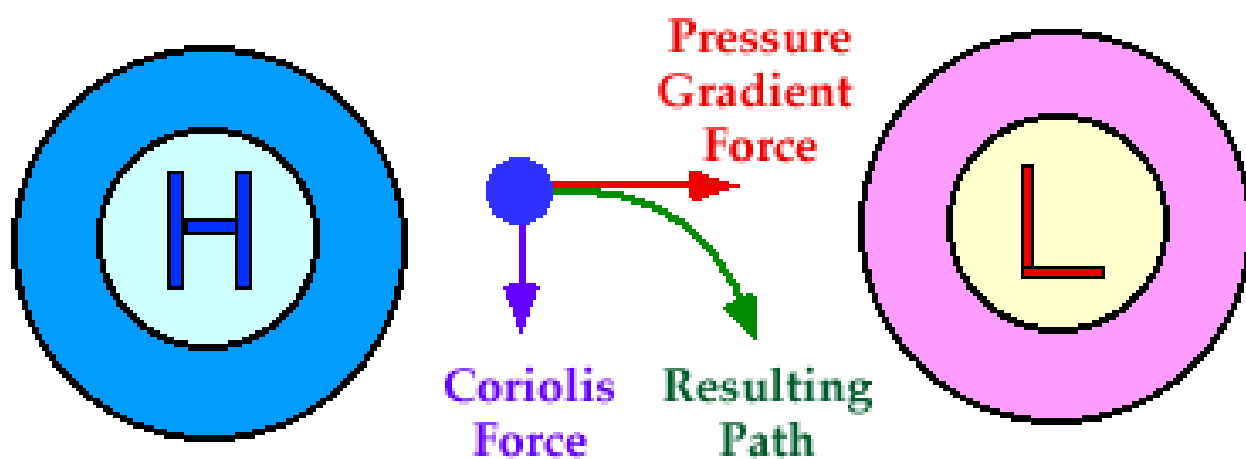


Slika 1. Skica sila u gradijentnom vetru.

Coriolisova sila se javlja kada se telo kreće u neinercijalnom sistemu. Rotacija je uvek ubrzano kretanje, jer vektor kretanja menja pravac, dakle, Zemlja je neinercijalni sistem, pa treba i Coriolisovu silu uzeti u obzir. Ona je praktički vektorski proizvod dva vektora: vektora kretanja tela i vektora rotacije Zemlje. Matematički je izražena sledećom formulom:

$$F_D = 2v\omega \sin\varphi$$

gde je v brzina tela, ω rotaciona brzina i φ geografska dužina. Gradijentni vetar je dosta sličan geostrofskom, od kojeg se razlikuje po tome da je kod gradijentnog i centrifugalna sila uključena u mehanizam vetra. Geostrofski vetrovi prate linije izobara i kruže oko okolina visokog ili niskog pritiska. Na severnoj hemisferi kruže u smeru kazaljke na satu u skučaju anticiklona, a u slučaju ciklona u obrnutom smeru. Na južnoj hemisferi, zbog promene u odnosu sile Zemljine rotacije i Coriolisove sile, ovi smerovi su obrnuti. Naravno, zbog sila trenja, nijedan vetar se ne može smatrati za pravi geostrofski, ali najčešće se uradi ta aproksimacija, da je sila trenja zanemariva.



Slika 2. Skica sila kod ciklona i anticiklona. H – anticiklon, L – ciklon, crvena je gradijentna sila, ljubičasta je Coriolisova, a zelena rezultatna sila.

Ciklostrofski vetar je naziv za vetrove nalik za gradijentne, kod kojih je centrifugalna sila mnogo jača od Coriolisove. U takvim slučajevima dolazi do intenzivne rotacije vetra. Među takve vetrove ubrajamo hurikane, tajfune i tornada.



Slika 3. Tropski ciklon Katrina (Catarina), snimljeno sa Međunarodne Svemirske Stanice (ISS) 26-tog marta 2004-te.

Primeri

Tornado je jedan oblik ciklostrofskog vetra. To je vetar velikog intenziteta u obliku cilindra. Pojavljuje se kao pratilac kumulonimbusa. Nastaju iz ciklonskih rotacija, koje se prostiru u vertikali od površine sve do 10 kilometara visine. Ovakve ciklone zovu *mezocikloni*. Nakon što se jedan mezociklon formira, tornado se javlja posle odprilike pola sata, pokazuje iskustvo. Brzine vetra u tornadima variraju od par desetina metara u sekundi do sto m/s pri obodu dimnjaka tornada. Mada skoro sva tornada rotiraju u ciklonalnom pravcu, postoje slučajevi kada se smer rotacije obrne. To pokazuje pravu ciklostrofsku prirodu tornada, jer se vidi koliko je centrifugalna sila jača od Coriolisove.

Morske pijavice su praktički tornada iznad vodenih površina. Dok tornado nosi prašinu i druge ostatke u svom dimnjaku, pijavice podižu vodu i prave ponekad ogromne rotirajuće stubove vode nad morem. Njihov smer rotacije je manje stalan nego kod tornada: u 90% su ciklonalnog smera. Dakle, 10% pijavica rotira u smeru koji se protivi smeru Coriolisove sile, što je opet dobar primer ciklostrofičnosti.

Prašinske oluje su ti mali vrtlozi prašine što se pojavljuju i kod nas. Umeju da budu dosta ozbiljniji i doista neugodni u pustinjsom okolišu. Njihovi vrtlozi nemaju preferirani smer rotacije, dakle, Coriolisova sila skoro da i nema uticaj na njih. Po tome su najbolji primeri ciklostrofskih vetrova.

Tropski cikloni se grupišu oko centara niskog pritiska. Nose sa sobom velike količine oblaka iz kojih padaju obilne padavine. Intenzitet vetra u tim ciklonima je dosta velik, ali manji od istog kod tornada. Njihova struktura se sastoji od *oka* i *zida oka*. Oko se nalazi u centru ciklona, na osi simetrije i u njemu nema oblaka. Zid se sastoji od oblaka kumulonimbusa iz kojih može da padne i do 100 mm na čas. Vrednosti pritiska su doista male, u oku na nivou mora dostižu i 880 hPa u usporedbi sa normalnim pritiskom od 1013 hPa. Tropski cikloni su uvek ciklonalnog smera rotacije, što pokazuje da je količina mase unutar datog ciklostrofskog vetra to što određuje da li će taj određeni sistem da zavisi od smera Zemljine rotacije ili ne.

Zaključak

Gradijentni i ciklostrofski vetrovi su elementarni deo sistema vetrova na Zemlji. Oni su jedan od osnova funkcionisanja klime. Iz ovog razloga važno je razumeti ih ako nastojimo da razumemo klimu i vremenske pogode i nepogode. Dok gradijentni vetrovi deluju praktički svugde i u svim sistemima vetrova, ciklostrofski su dosta ređi, ali zato i dosta energičniji. Ciklostrofski vetrovi dosta često prouzrokuju katastrofe kao što su tornada, ali imaku i mnogo slabijih varijanti.