

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **29** (2001/2002)

Številka 6

Strani 354–356, XXII

Ivan Meško:

ZALIVSKI TOK SLABI

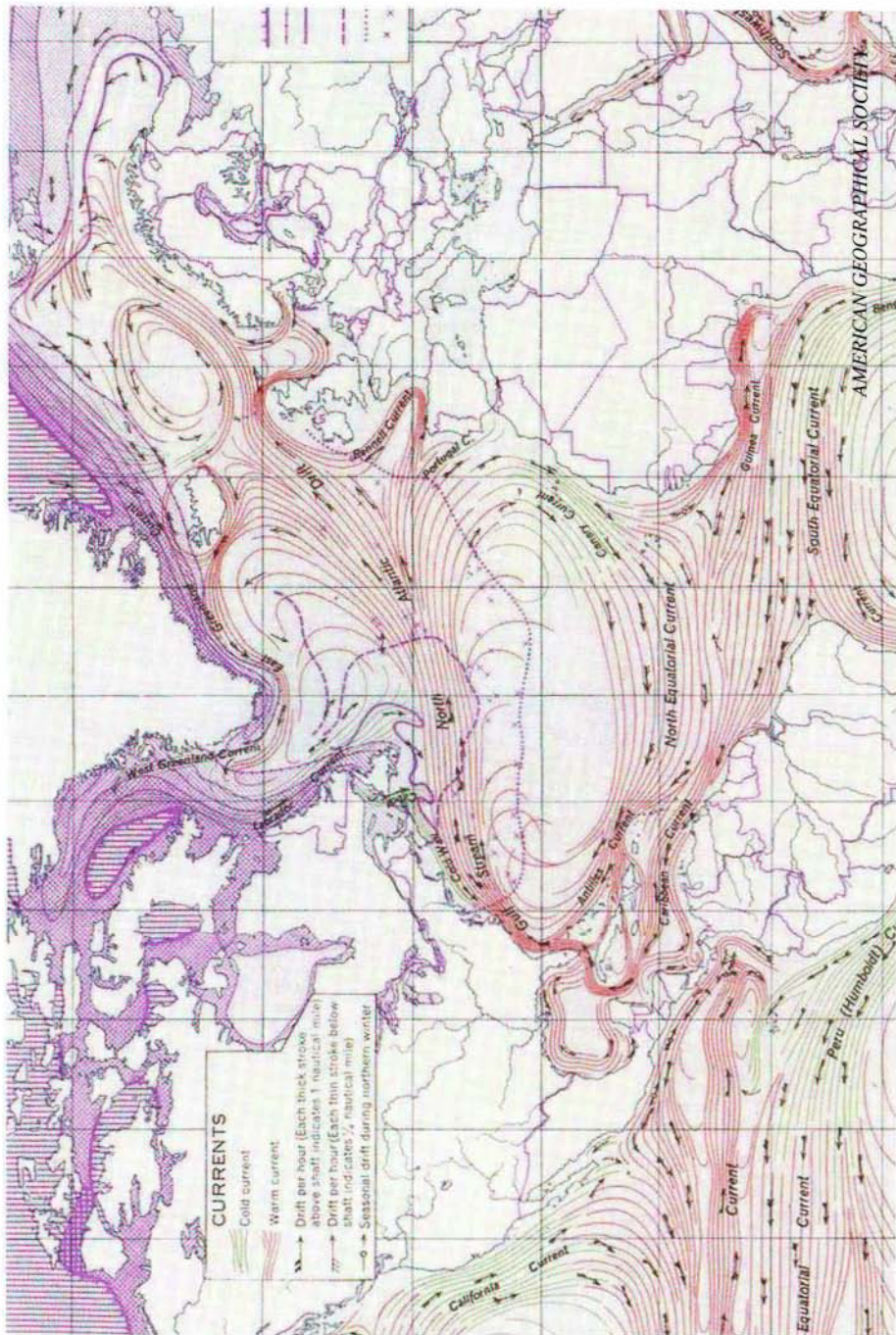
Ključne besede: fizika, morski tokovi, Coriolisova sila, globalno segrevanje.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/29/1495-Mesko.pdf>

© 2002 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.



Golf Stream - Zalivski tok, North Atlantic Drift - Severno-atlantski tok, North Ekvatorial Current - Severni ekvatoriaini tok, Caribbean Current - Karibski tok, Antiles Current - Antilski tok.

AMERICAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

ZALIVSKI TOK SLABI

Morski tokovi nastanejo predvsem zaradi razlike v gostoti morske vode, ki nastane zaradi razlik v temperaturi in slanosti. Poleg tega nastajajo morski tokovi zaradi vetrov in nekaterih manj pomembnih vplivov.

Od južne obale Floride teče iz Mehliškega zaliva v smeri proti severovzhodu zelo močan morski tok, imenovan Zalivski tok. Pri rtu Hateras, to je pri 35° severne širine, ima hitrost 2,5 m/s, pretok pa je 80 milijonov m^3/s . Jugovzhodno od Nove Funlandije se razcepi tako, da del teče proti vzhodu, del pa nadaljuje pot proti severovzhodu in ogreva severni del Atlantika, zlasti severno obalo Skandinavskega polotoka. Voda, ki se ob dotiku s polarnim ledom ohladi, se zaradi povečane gostote potopi in se z globinskimi morskimi tokovi vrača nazaj proti jugozahodu, kjer se segreje in dviga ter krepí Zalivski tok. Vzhodna veja se pred špansko obalo obrne proti jugu, nato pa v loku zavije proti zahodu in ponovno prečka Atlantski ocean. Pred Velikimi Antili se tok razcepi. Južna veja teče skozi Karibsko morje v Mehiški zaliv, kjer zavije proti severovzhodu, severna pa teče ob Zahodni Indiji proti jugu Floride, kjer se obe veji združita in napajata glavno vejo Zalivskega toka. (Zemljevid morskih tokov v severnem Atlantiku najdete na II. strani ovitka; op. ur.)

Na smer morskih tokov odločilno vpliva Coriolisova sila, ki nastaja zaradi vrtenja Zemlje in deluje na telo, ki se po površini Zemlje giblje premočrtno. Ta sila, ki je usmerjena pravokotno na smer hitrosti, je enaka

$$F = 2m\omega v \sin \varphi, \quad (1)$$

kjer je m masa telesa, ω kotna hitrost vrtenja Zemlje, v vodoravna relativna hitrost telesa glede na površino Zemlje in φ geografska širina. Na severni polobli je usmerjena proti vzhodu, če se telo giblje proti severu, če se telo giblje proti vzhodu, je usmerjena proti jugu. Zato Zalivski tok teče proti severovzhodu in ne proti severu, kot ga poganja razlika v gostoti vode. Globinski morski tok hladne vode pa iz podobnega razloga teče proti jugozahodu in ne proti jugu.

Zaradi Coriolisove sile ne more nastati morski tok, ampak le sprememba smeri gibajoče se točke. Ker je Coriolisova sila usmerjena pravokotno na smer hitrosti, se zaradi nje prosto gibajoča točka navidezno giblje približno po krožnici. Od krožnice odstopa na eni strani zaradi morebitne spremembe velikosti relativne hitrosti, na drugi strani pa zato, ker se jakost Coriolisove sile spreminja z geografsko širino. Ta odstopanja so posebno velika v bližini ekvatorja. Zaradi Coriolisove sile je v vsakem od treh oceanov severno od ekvatorja velik morski vrtinec v smeri urinega kazalca, južno od ekvatorja pa v nasprotni smeri.

Vzemimo primer Zalivskega toka ob jugovzhodni obali Floride, kjer otok Grand Bahama preprečuje, da bi se tok usmeril proti vzhodu. Pri 26° severne širine ima tok smer proti severu in pretok 30 milijonov m^3/s , kar da masni pretok $M = 30$ milijonov t/s. Zanima nas, kolikšna bočna Coriolisova sila odpade na meter toka.

Maso vode, ki se pretaka na razdalji enega metra, dobimo tako, da sekundni pretok M delimo s hitrostjo v . Torej je

$$m = \frac{M}{v}.$$

Zaradi kroženja Zemlje okrog Sonca se Zemlja v enem dnevu zavrti okrog svoje osi nekaj manj kot za en obrat. Če upoštevamo, da je na 100 let 24 prestopnih let, uvidimo, da v 365,24 dneva Zemlja obkroži Sonce. V tem času se zavrti 366,24-krat, zato za en obrat potrebuje 86 164 sekund. Kotna hitrost ω je enaka

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164\text{ s}} = 0,000072921\text{ s}^{-1}.$$

Pri naši oceni seveda ne potrebujemo tako natančne vrednosti za kotno hitrost. Iz (1) izhaja, da je iskana sila enaka

$$F = 2M\omega \sin \varphi = 1918\text{ kN/m}.$$

Če bi vedeli, kolikšen tok odpade na meter globine, bi lahko ocenili bočni tlak. Grobo oceno dobimo, če vzamemo, da tok sega do globine 400 m in da je v vseh globinah do 400 m enako močan. Potem sila 1918 kN odpade na 400 m^2 , kar da tlak približno 4800 N/m^2 .

Poglejmo še, za koliko bi se v našem primeru masna točka, ki se premika s hitrostjo 2 m/s proti severu, zaradi Coriolisove sile v eni minuti pomaknila proti vzhodu, če nanjo ne bi delovale druge sile. Pri majhnih premikih smemo vzeti, da imamo enakomerno pospešeno gibanje, zato je premik p približno enak

$$p = \frac{at^2}{2} = \omega vt^2 \sin 26^\circ = 0,23\text{ m},$$

kjer je a Coriolisov pospešek, ki je enak $2\omega v \sin \varphi$. V 60 sekundah se točka premakne 120 m proti severu in 0,23 m proti vzhodu. Smer gibanja se spreminja, s tem se tudi smer pospeška spreminja, kar smo pri naši oceni zanemarili.

Med Ferskimi otoki in severno Škotsko je razmeroma blizu gladine hrbet, ki ima 840 m globoko zarezo. Skozi to odprtino teče manjši del

hladnega globinskega morskega toka iz Norveškega morja v Atlantski ocean. Tok skozi to zarezo ima jakost okrog 2 milijona m^3/s . V primerjavi z rekami je to ogromen tok, saj vse reke odvedejo v morja le okrog 1,5 milijona m^3 vode v sekundi. Bogi Hansen in sodelavci ribiškega inštituta v Torshavnu na Ferskih otokih od novembra 1995 na osnovi meritev ugotavljajo količino vode, ki teče skozi omenjeno zarezo. Ocenjujejo, da se ta pretok letno zmanjša za 2 do 4%, in da se je v zadnjih 50 letih jakost severnoatlantske veje Zalivskega toka zmanjšala za 20%.

Zmanjševanje jakosti morskega toka je povezano s splošnim segrevanjem. Količina padavin se večja, izhlapevanje pa se večja predvsem v tropskem in zmernem pasu, v arktičnih predelih se bistveno ne večja. Zaradi povečane količine padavin se tudi rečni dotok sladke vode v arktična morja večja. Tam, kjer je morje stalno pokrito z ledom, so padavine v obliki snega. Če so temperature skozi vse leto pod 0°C , se ta sneg spreminja v led, ki se tali v dotiku z morskovo vodo. V zadnjih letih se stali več tako nastalega sladkovodnega ledu, kot ga nastane, saj se z ledom pokrite površine manjšajo, hkrati pa se manjša debelina ledu. Povečana količina padavin in taljenje plavajočega sladkovodnega ledu povzročata zniževanje koncentracije soli in s tem gostote vode v arktičnih morjih. Zato se manjša razlika v gostoti vode v arktičnih morjih in tople vode v ekvatorialnih morjih. Ta razlika pa poganja Zalivski tok.

Ob upoštevanju Coriolisovih sil so z modeli ugotovili, da šibak tok skozi severni Atlantik ne more obstajati. Če bi se jakost toka zmanjšala na 30% prvotne jakosti, bi se po teh ugotovitvah Zalivski tok pri Novi Funlandiji v celoti usmeril proti vzhodu.

V pleistocenu, ki se je začel pred 1,7 milijona leti in končal pred deset tisoč leti, se je severnoatlantska veja Zalivskega toka nekajkrat nenadoma ustavila, zaradi česar se je del severne Evrope prekril z ledom. Ker z ledom pokrite površine odbijajo več sončne svetlobe, se je poprečna temperatura na Zemlji znižala. Zadnja taka ledena doba se je končala pred približno deset tisoč leti. Tudi v holocenu, ki sledi pleistocenu, se je Zalivski tok nekajkrat upočasnil, kar je povzročilo majhne ledene dobe. V 17. stoletju je na primer Temza v Londonu vsako zimo zamrznila, kar se je v 20. stoletju zgodilo samo enkrat. Sedanje slabitve severnoatlantskega morskega toka zaradi splošnega segrevanja ne občutimo kot ohladitev, popolna ustavitve pa bi imela hude posledice za severno Evropo, ker bi se kljub splošnemu segrevanju nenadoma močno ohladilo.