

PREGLED OCEANOGRFSKIH MERITEV IN RAZISKAV V PRIOBALNIH VODAH SLOVENIJE IN TRŽAŠKEM ZALIVU TER RAZVOJ OB MORJU

Vlado MALAČIČ

dr. Inštitut za biologijo, Morska biološka postaja, 66330 Piran, Fornače 41, SLO
dott. Istituto di Biologia, Stazione di Biologia Marina, Pirano, Fornače 41, SLO

IZVLEČEK

V članku je opisan krajši pregled oceanografskih meritev in raziskav predvsem na področju slovenskega dela Tržaškega zaliva, pa tudi oceanografskih del, ki se nanašajo na Jadransko morje in so lahko pomembna za dinamiko vodne mase v Tržaškem zalivu. Pregled se prične z navedbo meteoroloških instrumentalnih opazovanj, ki so bila v Piranu opravljena že v drugi polovici 18. stoletja. Med obema vojnama je v letu 1929 A. Vatova izmeril do sedaj najnižjo temperaturo v Koprskem zalivu. V drugem delu prispevka so opisana področja, kot npr. meritve rečnih pretokov, tokov ter obalni inženiring, ki bi se jim bilo potrebno za usklajen urbani razvoj temeljiteje posvetiti. Na koncu je poudarjen pomen naravoslovne znanosti pri reševanju povsem tehničnih vprašanj razvoja ob slovenski obali.

UVOD

Pregled opravljenih meritev, ki bi jih lahko prištevali k (fizikalni) oceanografiji bo pomanjkljiv iz več razlogov. Eden od pomembnejših je zagotovo ta, da ga ne piše zgodovinar, pač pa naravoslovec, ki je prišel do zbranih virov predvsem zaradi narave dela samega. V pregledu bodo ponekod zgolj nakazane sledi, da so bila določena merjenja zagotovo izvršena, konkretniji zapiski samih meritev pa (avtorju) niso dostopni. Poleg tega bo pregled do druge svetovne vojne na žalost omejen predvsem na merjenja in raziskave opravljene v priobalnem pasu slovenskega morja in Tržaškem zalivu. Vsekakor sta dobrodošla katerakoli (strokovno) pojasnilo in nasvet, da bi pregled postal popolnejši. Pričeli bomo z meteorološkimi instrumentalnimi opazovanji, ki neposredno sicer ne sodijo v oceanografijo, pa so vendar z njo tesno povezana. Za primer vzemimo pretoke zaznavne in latentne toplote, ki jih je nemogoče ocenjevati brez potrebnih meteoroloških (in tudi hidroloških) meritev. Od pretokov toplote preko gladine je seveda zelo odvisna porazdelitev polja gostote v vodnem stolpu, slednja pa pomembno vpliva na gostotne, vetrne in ostale tokove. Čeprav je bilo opravljenih malo (premalo) meritev, ki bi jih lahko uvrstili med oceanografske in bi zato lahko bil ta prispevek podaljšan z relativno dolgočasnimi

popisom meteoroloških opazovanj, slednjega v pričujočem zapisu ne bo. S tem se bo morebiti ukvarjal meteorolog (klimatolog). Namesto tega bodo v pregledu omenjena nekatera dela redkih posameznikov, ki so se, ali pa se morda v Sloveniji še vedno ukvarjajo s problemi, ki sodijo v fizikalno oceanografijo. Raziskovalno delo z omenjenega področja, ki je bilo opravljeno v neposredni preteklosti ali pa je še vedno v teku, bo izvzeto ali pa le bežno omenjeno, saj ne sodi v zgodovinski pregled. Prispevek bo razširjen s površnim pregledom del, ki sodijo predvsem v fizikalno oceanografijo in so bila opravljena v poslednjih nekaj desetletjih predvsem za področje Severnega Jadrana in še posebej za področje Tržaškega zaliva, za katera je morebiti prav, da so navedena, saj so uporabna tudi pri nas. Uporabnost velja tako v neposrednem pomenu besede, saj je določena dinamika vodne mase možna tudi pri nas, kot tudi v posrednem pomenu, saj je Tržaški zaliv končno le del Severnega Jadrana in za pravilno dojetje izmenjave vodne mase se je potrebno zavedati procesov, ki pridejo do izraza šele v večji prostorski skali. Bralec, ki ga zanima splošen pregled oceanografsko-bioloških raziskav v Severnem Jadranu, bo našel obilo zanimivih referenc v delu dr. J. Štirna (1969). V zaključku bodo

opisani nekateri odprti problemi, ki imajo uporabno vrednost za razvoj ob morju in bi jih bilo potrebno proučiti - s kadrom, ki ga pri nas ni. To bodo seveda zasebne misli, ki ne bodo temeljile toliko na pisanih delih drugih avtorjev. Z redko izjemo (pomanjkanje kisika pri dnu) v pregledu na žalost ne bodo vsebovane tiste raziskave, ki imajo predvsem biološki in kemični ter preko teh še ekološki pomen. Vsekakor bo dobrodošel tudi pregled del teh znanosti, ki ga bo moral napisati drug avtor.

OBDOBJE DO 1. SVETOVNE VOJNE.

Kaže, da so bila v Piranu prva meteorološka merjenja opravljena v obdobju samega začetka instrumentalnih meteoroloških opazovanj v Evropi oz. na svetu. Pučnik (1980) v preglednici instrumentalnih opazovanj vremena navaja začetek meteoroloških opazovanj v Trstu 1779, še predno je bila organizirana mednarodna meteorološka opazovalna mreža pod vodstvom Societas Meteorologica Palatina. Kmalu zatem, v letu 1782 naj bi bila v Piranu opazovalnica reda III (vsebovati bi morala vsaj termometer). Med naštevanjem instrumentalnih opazovalnic že v 18. stoletju omenja Ficker (1951) tudi Piran. Kot kaže, so na žalost zapiski teh meritev izgubljeni, kar velja tudi za zapiske meteoroloških opazovanj v Trstu iz 18. st. (povzel Pučnik iz Scusovega dela *Storia cronografica di Trieste*).

Meteorološka opazovalnica v Piranu bi bila smiselna, če upoštevamo, da so bili tedaj prebivalci Pirana v dobri meri odvisni od proizvodnje soli, torej od vremena. V poglavju Plima, oseka, vreme, vetrovi in oblaki je v knjigi M. Pahorja in T. Poberaj (1971) opisano, kako so solinarji na osnovi izkušenj ocenjevali vreme in računali starost lune ("epakto") in tako napovedovali plimo. Bodi omenjeno, da naj bi po njihovem nastopila plima ob devetih zvečer na dan polne lune, z vsakim naslednjim dnem pa naj bi bila za nekaj cm nižja in naj bi se pojavila četrto ure pozneje kot prejšnji dan. Sedem dni in malo več kot sedem ur kasneje pa nastopijo "fele" - najslabotnejše plimovanje v mesecu. Nato plima raste za nekaj cm na dan približno sedem dni in pol, ko ponovno nastopita visoka plima in nizka oseka.

Kljub avtorjevim izrazitim pomislekom o upravičenosti pisanja o tistem, kar je slabo povzel, naj bo omenjena informacija, ki jo je na predavanjih letne šole o fizikalni oceanografiji obalnih voda v Trstu maja 1991 povedal sir Alan Cook. V začetku osemnajstega stoletja (1703) naj bi v Tržaški zaliv prišel navtik-astronom Haley, da bi določil kraj pristanka flote angleške kraljeve mornarice. Tedaj naj bi narisali batimetrične karte priobalnih voda (verjetno predvsem zalivov) Trsta in Bakra. Karte naj bi bile izgubljene, toda poročilo o tem delu je bilo bojda na zahtevo beneške vlade (?) oddano avstrijski vladi, na Dunaju pa naj bi ga dobil v roke beneški

ambasador. Poročilo naj bi se nahajalo v državnem arhivu v Benetkah. Gospod Cook je še povedal (na ogorčeno repliko raziskovalca iz Benetk), da je bilo tedaj beneško ladjevje že nekako v zatonu in da so bili Benečani nevtralni pri sporu med Avstrijo (tedaj v zavezništvu z Angleži) in Francijo. Kljub premnogim vprašajem in pogojnikom, bi avtorja razveselila vest, da je le nekaj resnice v tem, kar je povzel.

Žal avtor ničesar ne ve o delu Ivana Žige Popoviča "Untersuchungen vom Meere" (Sitar, 1987), napisanem v drugi polovici 18. stoletja. Morda bi sodilo v oceanografijo ali pa kam drugam, če je res "kaotično sračje gnezdo", kot nekateri (strokovnjaki) menijo (po Sandiju Sitarju, Slovenec 30.10.1992).

Od leta 1819 je Trgovska in navtična akademija v Trstu pričela z objavami meteoroloških meritev v časopisu Osservatorio Triestino. Od leta 1841 dalje pa so ohranjeni originalni zvezki podatkov meteoroloških opazovanj. Od leta 1969 obstojijo zapisi rednih meritev nivoja gladine morja, ki jih je izvajal Pomorski observatorij, danes Istituto Talassografico.

Na osnovi harmonične analize dolgih časovnih nizov nivoja vode v tem inštitutu še danes izdajajo mareografske tablice, ki povsem zadovoljivo napovedujejo nihanje gladine tudi pri nas. Poldnevni plimski val, ki kroži okoli amfidromične (vozelne) točke, ta se nahaja približno na sredini zveznice Ancona - Zadar, pride v naše kraje le nekaj minut prej kot v Trst. Za val dnevne plimske komponente, ki potuje od Otrantskih vrat v Južnem Jadranu do naših krajev velja podobno (Defant 1961). Ostale, predvsem višje harmonične komponente pa so motene z lastnimi nihanji zalivov.

Leta 1864 je bila v Trstu ustanovljena Unione di storia naturale, ki so ji v nekaj desetletjih sledile druge ustanove, ki so tvorile izhodišče obsežnih oceanografskih ter ribiško-bioloških raziskovanj v Trstu kot nekakšno nadaljevanje raziskav v Benetkah, kjer so se odvijale že kakšno stoletje prej (Štirn, 1965). Ne glede na morda pomanjkljivo preverjeno trditev, da je apotekar Antonio Salvetti iz Pirana leta 1858 napravil prvo znano analizo morske vode (Štirn, 1965, povzeto po Goracuchiju), pa je zagotovo tako zgodnja kemična analiza morske vode vredna omembe, saj tedaj še ni bila uvedena metodologija za določanje slanosti morske vode.

Morda je vredno omeniti, da je bila v Sečovljah ustanovljena meteorološka opazovalnica leta 1895, obdobje opazovanja padavin je trajalo od l. 1903 do l. 1914, v Koprju od l. 1901 do 1913, v Strunjanu (1902) je bilo obdobje opazovanja padavin enako kot v Sečovljah, v Sv. Luciji (nadmorska višina opazovalnice 170 m) pa so se pričela opazovanja l. 1908 in trajala do l. 1913 (J. Pučnik 1980). Na večini postaj je bilo delo s pričetkom prve svetovne vojne prekinjeno ali pa je zamrlo.

Na začetku 20. stoletja so bili zaradi potreb avstro-ogrske mornarice opravljeni prvi modeli plimovanja v Jadranskem morju, kot tudi opravljena prva hidrografska instrumentalna merjenja. Od slednjih je za naše področje izjemno zanimivo delo Merza (1911), ki je v letih 1905, 1906 ter 1908 izvedel meritve temperature ter slanosti morske vode na več postajah v Tržaškem zalivu, od katerih je ena blizu Gradeža, druga pa približno 1 km severno od Pirana. Merz je prvi hkrati opazoval neprekinjeni dnevni časovni potek površinske temperature in slanosti morske vode ter temperature zraka (Slika 1), ter je tako ocenjeval dnevno segrevanje površinskega sloja morske vode. Poleg tega je prvi risal naklone izoterm vzdolž zveznice Piran - Gradež, kar naj bi tudi v današnjih časih bilo izjemnega pomena za določevanje residualne izmenjave vodne mase med Tržaškim zalivom in preostalim delom Severnega Jadrana. Zaradi natančnih merjenj gostote morske vode tudi v globljih delih vodnega stolpa, je prišel do spoznanja, da se vodni stolp v Tržaškem zalivu lahko v poletnem obdobju razstavi na dva homogena sloja. Uporabil je celo formulo za periodo baroklinega lastnega nihanja dvoslojnega Severnega Jadrana, ki jo kasneje žal ni uporabljal Sterneck (1915) v svojih izračunih.

Modeli plimovanja so bili osnovani na analizi mareogramov za 16 postaj ob Jadranskem morju (Defant 1961 je zbral bistvo Sterneckovih del s tega področja). Že tedaj je bila ugotovljena vozelnna točka za M2 (pol-dnevna lunarna komponenta) plimovanje, ter upadanje amplitud plimovanja M2 ter K1 (dnevna sončna komponenta) od severa proti jugu (Sterneck 1915). Sočasno so bili narejeni tudi prvi izračuni za lastna nihanja (seiches) Jadranskega morja (predvsem Sterneck R. in Kesslitz W.). Izvedena so bila tudi relativno obsežna merjenja (tedenski mareografski zapisi) na 31 postajah vzdolž Jadranske obale ter preprosti izračuni lastnih nihanj kanalov in zalivov. Tako npr. Sterneck (1914) navaja, da so bili posneti mareogrami v Piranu, na katerih je bilo zaslediti lastna nihanja v trajanju od 15 do 24 ur, in to 3., 4. ter 9. aprila 1907, iz katerih je ocenil njihovo periodo na približno 0.74 ure. V Gradežu pa je iz mareogramov 8. in 13. aprila ocenil mnogo krajšo periodo 0.21 ure, kar ni presenetljiv rezultat glede na dejstvo, da so bile za Gradež izvedene meritve v pristaniškem kanalu, manjšem od Piranskega zaliva. Omeniti velja, da je Sterneck uporabil izmerjene periode lastnih nihanj zalivov pri preverjanju preproste zveze med periodo lastnih nihanj, značilno globino ter dolžino kanala (zaliva) od zaprtega konca do ustja: $l/2 = TC/4$, kjer je l dolžina osnovnega stoječega vala, T perioda, $C = (gh)^{1/2}$ je hitrost potovanja dolgega vala v plitki vodi globine h , g pa je težni pospešek. Tako je sam Tržaški zaliv razstavil na štiri področja: zaliv kot celoto, Miljski zaliv, ter dva pristaniška dela. Iz mareogramov je tudi ocenil periodo osnovnega lastnega nihanja celotnega Tržaš-

kega zaliva na 3.58 ure. Za oceno omenjene zveze je uporabil globino $h = 17.2$ m. Za $l/2$ je tako dobil 41.8 km, dolžino zaliva pa je ocenil na 28 km, kar nekaj pove o (ne)učinkovitosti omenjene zveze za tako odprt zaliv. Za Piranski zaliv je iz mareogramov dobil $T = 0.74$ ure, za h je privzel 13.8m, dobil je $l/2 = 7.7$ km, dolžino je ocenil na 6.1 km. Za kanal v Gradežu je $T = 0.21$ ure, za h je uporabil 2 m (z vprašajem), dobil je $l/2 = 0.8$ km, dolžino kanala pa je ocenil na 0.6 km.

OBDOBJE MED 1. IN 2. SVETOVNO VOJNO

Iz časov med obema vojnoma je Vatova A. (1929) opravil s hitrim vlačilcem italijanske mornarice "Parenzio" križarjenje od 9. do 13. marca 1929 po Severnem Jadranu. Tedaj je bila namreč izjemno ostra zima, v Rovinju je srednja temperatura zraka v februarju padla na -0.7°C , srednja mesečna temperatura pa je bila do tedaj okoli $+6.3^{\circ}\text{C}$. Delo A. Vatova je potrebno navesti, saj je avtor verjetno zasledil najnižjo temperaturo na dnu (pribl. 22 m) Koprškega zaliva, in sicer komaj 3.95°C , manj kot meter pod gladino pa 5.14°C , kar pomeni, da je bila temperatura zraka tedaj že višja od minimuma v februarju, ko je prišlo do konvekcijskega obračanja v vodnem stolpu zaradi ohladitev na gladini. Vatova je zabeležil množične pomore morskih organizmov (sip) zaradi podhladitve. Skoraj zagotovo pa meritve temperature morske vode, še posebej tiste v globini, niso zanesljive na drugem decimalnem mestu. Največ, kar bi lahko pričakovali je, da bi bila absolutna napaka 0.03°C .

Za Tržaški zaliv je periode lastnih nihanj ocenjeval tudi Caloi (1938). Ugotovil je, da so bila nihanja vzbujena s prehodom ciklonov preko Severnega Jadrana. Ocenil je osnovno lastno frekvenco Tržaškega zaliva (pribl. 3.1h) in jo potrdil z mareogrami v Gradežu (na vozelnih črti), Trstu in pristanišču Falconera (hrbet fazno nasproten tržaškemu). Poleg tega je iz mareogramov izluščil, da so v bližini pristanišča v Trstu prisotna tudi transverzalna lastna nihanja zaliva, s periodo ~ 1 h, odvisno pač od širine zaliva (kar je ocenjeval že Sterneck).

OBDOBJE PO 2. SVETOVNI VOJNI

A) Opisna oceanografija in klimatološke značilnosti Severnega Jadrana

Po drugi svetovni vojni so se raziskave morja nesluteno razmahnile in pregled del iz tega obdobju je nepopoln. Od mnogih hidrografskih križarjenj bi tukaj omenil le križarjenja (devet) v l. 1965, ki so bila izvedena pod pokroviteljstvom Zavoda tedanje SRS za raziskovanje morja s sedežem v Portorožu. F. Bernot je bil eden od zunanjih sodelavcev, ki je podrobneje pregledal meteorološke in hidrografske podatke. Narisani so dokaj

temeljiti profili polj temperature in slanosti Severnega Jadrana z opisnimi komentariji, ki naj bi razložili razširjenost sladke vode iz ustja reke Pad (1988). Od leta 1990 do današnjih dni je Morska biološka postaja v Piranu v okviru Observatorija Severnega Jadrana z mrežo pribli. 13 postaj v naših vodah Tržaškega zaliva poleg drugih meritev opravila tudi redne mesečne hidrogrfske preglede skupaj z Laboratorijem za morsko biologijo v Nabrežini, ki je pokrival italijanski del zaliva. Pri določanju nastanka določene vodne mase in njene cirkulacije so pomembni tudi opisni modeli cirkulacije (Franco in ostali 1982). Slednji skušajo na osnovi številnih meritev slanosti in temperature določiti obseg različnih vodnih mas ter njihovo cirkulacijo v t.im. stacionarnem stanju (geostrofično ravnovesje), ki dokaj dobro opisuje gibanje vodne mase v daljšem časovnem obdobju (tedni - meseci). Na teh gostotnih poljih, hidroloških značilnostih rek (Pada), ter klimatoloških značilnostih (predvsem vetrnega polja) atmosfere so osnovani starejši deskriptivni modeli residualne cirkulacije (Zore 1956, Zore-Armanda in Vučak 1984) ter tudi novejša spoznanja o pomenu rečnih izlivov na dinamiko Severnega Jadrana (Orlič 1989).

Polji temperature in slanosti za Severni Jadran in za Tržaški zaliv sta opisani v hidrogrfskih ter oceanogrfskih delih. Klimatološke karte teh polj v Jadranu so tudi že izdelane (Anon. 1979). Klimatološko sta omenjeni polji seveda zelo odvisni od klimatoloških sprememb v atmosferi in je zato vredno omeniti dela s tega področja (Stravisi 1977b, 1984, 1987, 1987b). Strukturo vodnega stolpa v vzhodnem delu Tržaškega zaliva ter izmenjavo latentne, zaznavne toplote med atmosfero in morjem sta doslej v letni časovni skali najbolje opisala Stravisi in Crisciani (1986). V zahodnem delu zaliva pa je bil iz letnih ciklov temperature v različnih globinah narejen tudi preprost analitični model vertikalne difuzije toplote (Malačić 1991). Za Severni Jadran je letne spremembe slanosti pod vplivom reke Pad opisal Orlič (1989).

O zalogi kisika je bilo za Severni Jadran in Tržaški zaliv tudi napisanih več del (Justić in ostali 1987, Faganeli in ostali 1985, Malej 1989, Malej 1989b, Malej 1990), predvsem s stališča pomanjkanja kisika v pridneni plasti.

Veliko meritev, ki sodijo na področje opisne oceanografije (temperatura, slanost ter prozornost morske vode), so opravili morski biologi in tudi kemiki. To pa predvsem zato, ker je fizikalnih oceanografov malo. Za primerjavo bi morda bilo umestno navesti število "morskih" raziskovalcev za posamezna naravoslovna področja na Hrvaškem (Orlič, 1985), kjer so raziskave morja seveda mnogo obsežnejše od naših, tako po številu raziskovalcev, kot tudi (deloma) v vrednosti opreme. V letu 1979 je bilo v oceanogrfskih institutih zaposlenih 12 fizikov, 50 kemikov in 56 biologov, v razmerju pribli. 1:5:5. V ameriškem državnem oceanogrfskem inštitutu Woods Hole je bilo v letu 1976 24 fizikov, 13 kemikov

in 28 biologov, to je v razmerju približno 2:1:2. Kljub starosti so podatki po svoje zgovorni. Po avtorjevem prepričanju se je na Hrvaškem omenjeno razmerje morebiti le malo popravilo v korist fizikov. Na Slovenskem je navedeno razmerje seveda precej neugodnejše za fizike, kljub sicer majhnemu številu raziskovalcev morja.

B) Fizikalna oceanografija in numerični modeli gibanja vodne mase

Po drugi svetovni vojni je bilo opravljenih poleg hidrogrfskih meritev še veliko drugih raziskav, ki bi sodile v fizikalno oceanografijo. Tako je kar nekaj del s področja lastnih nihanj in plimovanja v Jadranskem morju objavil Ferruccio Mosetti (npr. Mosetti, 1972), ki je iz mareogramov ocenil lastne frekvence celega Jadrana, te naj bi bile 21.3, 10.8, 7.2 in 6.1 h. Številni drugi avtorji so dobili nekoliko drugačne vrednosti, njihove rezultate je pregledno zbrala Cerovečki I. (1992). Z lastnimi nihanji Jadranskega morja se je teoretično ukvarjal tudi dr. D. Bajc iz Trsta (Bajc, 1972).

Narejenih je bilo več numeričnih 2D (ter 3D) modelov plimovanja (npr. Mosetti 1972, Michelato 1973, Michelato in ostali 1985, Rajar 1989, Mosetti in Purga 1990, Longo in ostali 1990, Solomun 1974). Avtorju poročila je za plimovanje Jadrana znan le en numerični model (Solomun 1974), ki vsebuje tudi direktno vsiljevanje gibanja vodne mase zaradi gravitacijskih sil (brez trenja). Model je pokazal znatno odstopanje amplitud (do 100 %) za plimovanje K1 z upoštevanjem direktne plimske sile ter zanemarljive spremembe za plimovanje M2. Nekateri od teh modelov so bili uporabljeni tudi za določevanje lastnih frekvenc bazena (Michelato in ostali 1985) in so bili v ta namen tudi popravljene (spremenili so lego predpostavljene vozne črte na vltodu v Jadransko morje). Za Piranski ter Koprski zaliv sta numerični model uporabila le Rajar in Četina (1990).

Od sodobnejših analitičnih modelov plimovanja velja omeniti modele, ki upoštevajo dva nasprotno potujoča si Kelvinova vala, zadostna za opis plimovanja v točkah, ki so od zaprtega dela kanala oddaljene več kot znaša Rossbyjev polmer deformacije (Hendershott in Speranza 1971), sicer pa je potrebno dodati ves spekter Poincaréjevih valov (Mosetti R. 1986) za izpolnitev preprostega robnega pogoja - komponenta hitrosti toka pravokotna na obalo mora biti enaka nič na zaprtem koncu širokega kanala.

Tudi modeli, ki opisujejo polje vetrnih tokov, so številni. Lahko bi jih razlikovali po časovnem odzivu, ki ga opisujejo. Eni so namenjeni odzivu morja v časovnem obdobju več ur, t.j. obravnavi nevihtnih valov ("storm surges"), dokler ni dosežena stacionarna cirkulacija (Stravisi 1972, Stravisi 1973, Stravisi 1974). Drugi modeli pa opisujejo stacionarno cirkulacijo pod vplivom stalnega vetrnega polja (Stravisi 1977, Kuzmić in ostali 1985,

Kuzmič in Orlić 1985, Bergamasco in Rizolli 1986, Zore in Gačić 1987) z daljšim časovnim odzivom (več dni). Veliko je bilo tudi opisanih meritev vetrnega toka (npr. Mosetti F. in Mosetti P. 1990).

Gačić (1980) se je ukvarjal z odzivom obalnega področja na atmosfersko vsiljevanje. Te študije kažejo na izrazito vetrno odvisnost nivoja gladine v sinoptični časovni skali. V tedenski časovni skali pa se lahko nihanja nivoja gladine opišejo z opazovanjem atmosferskih Rossbyjevih valov (Penzar in ostali 1980, Orlić 1983, Lascaratos in Gačić 1990). Narejene so bile tudi študije o inercialnih oscilacijah v Severnem Jadranu (npr. Gačić 1982). Te kažejo, da predstavlja ob časovno spreminjanjem vetrnem polju inercialno kroženje vodne mase pomemben delež kinetične energije vodnega stolpa.

Malanotte-Rizzoli in Bergamasco (1982, 1983) sta postavila numerični model gibanja vodne mase vzdolž italijanske obale južno od reke Pad. Upoštevala sta spremembe vodne mase zaradi advekcije in difuzije, ter vertikalne pretoke vlage in toplote na gladini. Model je vsiljevan s klimatološko opredeljenim poljem vetra. Izdelani so tudi modeli, ki opisujejo difuzijo soli v Jadranskem morju. Za italijansko jadransko obalo je znanih nekaj modelov (Malanotte-Rizzoli in Bergamasco 1982, Bergamasco in Malanotte-Rizzoli 1989), tudi za Tržaški zaliv so bili narejeni določeni napori v tej smeri (npr. Longo in ostali 1990). Veliko tehničnih poročil ter modelov za dinamiko topnih snovi v manjših zalivih in lagunah je bilo opravljenih zaradi sanitarnih potreb, za naše območje velja omeniti Rajarja in Četino (1990) ter Toninovo (1988).

NEKATERI PROBLEMI V PRIOBALNIH VODAH SLOVENIJE

A) Rečni pritoki

Količina sladke vode, ki priteče v naše priobalno področje iz strani štirih rečic Rižane, Dragonje, Badaševice in Drnice, na žalost ni znana. Meritve pretoka sladke vode so se zaradi potreb po pitni vodi izvajale le blizu izvirov in so skorajda neuporabne za vrednotenje pretoka vode, ki se izliva v morje.

Nekaj strokovnih inštitucij (Morska biološka postaja, Higijenski zavod, občasno tudi IJS) lahko zmeri koncentracije določenih kemičnih elementov, spojin, organske in anorganske snovi v morju, vendar masne bilance tistih snovi, ki pridejo v morje z rečnimi pritoki in z meteornimi vodami, ni mogoče opraviti brez poznavanja pretokov. Ocena sanitarne kvalitete vode bi tudi morala temeljiti na tej bilanci in ne zgolj na koncentracijah, saj se npr. v Drnico izlivajo odpadne vode klavnice, v Dragonjo gnojila, v Rižano odpadne vode Iplasa itn. Odveč je poudariti pomen te bilance za planiranje razvoja našega obalnega področja. Tudi s stališča cirkulacije

vodne mase je izjemno pomembno poznavanje pretoka teh rek v priobalnem pasu, ki sega nekaj milj od obale. Tukaj gre za t.im. gostotne tokove (density-driven currents), ki odnašajo oslajeno vodno maso v zgornji polovici vodnega stolpa iz Piranskega ter Koprškega zaliva.

Zaradi submediteranske ter hudourniške narave teh rek je njihov pretok izjemno pogojen z vremenskimi razmerami (padavine). Reke reagirajo na nevihtni naliv v roku največ enega dneva do dveh. V tem obdobju se po obstoječih virih njihov pretok lahko spremeni za več kot desetkrat (od povprečnega pretoka 1 m/s za Dragonjo do pribl. 60 m/s; Orožen Adamič, 1979). Zato so ocene pretoka enkrat dnevno odčitane nivoja gladine reke skrajno površne. Potrebne so urne meritve pretoka. Morska biološka postaja je v okviru Inštituta za biologijo že vložila precej naporov v papirnato delo, da bi nekoč vendarle prišlo do potrebnih rednih meritev pretoka, celo lege merskih postaj so bile določene skupaj s Hidrometeorološkim zavodom in podjetjem Hidro. Vendar je uresničitev teh želja premaknjena v negotovo prihodnost.

Kljub izrazitim potrebam po meritvah rečnih pretokov ob slovenski obali pa je le potrebno povedati, da so z zornega kota varstva okolja celotnega Tržaškega zaliva pomembnejše redne meritve (srednjih dnevni) pretokov reke Soče (primerna lokacija za to so Sovodnje) na italijanski strani, ki se žal ne izvajajo, in pretokov ne moremo pravilno oceniti, čeprav je iz občasnih meritev na italijanski strani in rednih meritev na slovenski strani (Solkan) že dolgo znano, da je izlivni pretok Soče približno desetkrat večji od vseh pretokov rečic ob slovenski obali, pretok Timava pa približno dvakrat večji (Olivotti in ostali 1986).

B) Meritve tokov

S plovci in teodoliti je v 70. letih v Piranskem zalivu izvajal meritve transporta vodne mase dr. J. Štirn. Avtorju pričujočega članka je le bežno znano, da je bilo nekaj tokomerov v 70. letih postavljenih pred Debelim Rtičem (pod vodstvom nemškega strokovnjaka). Vendar so bili trakovi meritev poslani v tedanji Hidrografski inštitut vojne mornarice v Splitu (HIRM), od tam (dr. Vučak, osebno sporočilo) pa naj bi jih poslali v ZDA. Kot kaže, nihče v nekdanji SFRJ ni nikoli izvedel, kaj so (ali niso) tokomeri zabeležili. Resnejša merjenja s tokomeri so bila izvedena že v l. 1975 s strani HIRM-a za potrebe ladjedelnice Izola (tri postaje), naselja Bernardin in za odvod odpadnih voda (dve postaji), in sicer dvakrat: marca-aprila in julija. Gre za 24-urne meritve na nekaj globinah (ladja Trska, tokomer BPV-2r). Vodnogospodarski inštitut (VGI) iz Ljubljane je s pomočjo inštituta iz Gdanska v osemdesetih letih v nekaj sezonah izvajal sporadične meritve slanosti, temperature in tudi tokov

v priobalnih vodah. Rezultat tega so bila obsežna poročila (pre)polna tabel podatkov, tudi dvomljivih vrednosti, predvsem slanosti ("Študija morskih tokov na območju slovenske obale", (1984) II faza, I. zv.). Zagotovo pa "Prve meritve tokov..." niso bile opravljene s strani VGI v l. 1983 (Grad. Vestnik (37) 1988, Prim. novice 24.6. 1986), kar je bilo napačno predstavljeno javnosti. Seveda so opravili meritve tokov v Tržaškem zalivu tudi italijanski kolegi (npr. Stravisi idr., 1981).

Neprekinjene in dolgotrajne meritve tokov so seveda tudi izjemnega pomena, tako za preverjanje numeričnih modelov gibanja vodne mase, kot tudi za ugotavljanje t.im. "čistilne sposobnosti" določenega zaliva, ali pa za vrednotenje dolgotrajnejše residualne cirkulacije, ki je zelo povezana z gostotnim poljem vodne mase. Prav tako ni možno brez tovrstnih meritev opraviti zanesljivih študij cirkulacije vodne mase v zalivih in marinah, ki se odpirajo v Tržaški zaliv, kot tudi ne trdne ocene izmenjave vodne mase Tržaškega zaliva s Severnim Jadrantom. Slednje bi morali opraviti celo z italijanskimi kolegi, ki proučujejo italijansko stran Tržaškega zaliva, in izvesti meritve na vhodu v Tržaški zaliv, npr. na postajah, ki ležijo na zveznici Piran-Gradež, ki bi trajale več let in bi bile seveda še več let proučevane.

C) Obalni inženiring

Predvsem dvoje inštitucij v Sloveniji naj bi se ukvarjalo s problemi, ki bodo tukaj naštet. To sta Hidrogradbeni oddelek FAGG in že omenjeni VGI, obe v Ljubljani. Naj bo omenjeno, da so na VGI izdelali kar nekaj načrtov za Luko Koper. Avtorju ni znano (kar ne pomeni, da je tako), da bi bile opravljene študije vpliva visokofrekvenčnih gibanj (valov) na obalne konstrukcije. Primer dilematske obalne gradnje je obalni betonski rob pri vhodu na piransko parkirišče. Tam so bili po vsakem močnejšem jugu razmetani odtrgani večtonski betonski bloki. Tisto področje je bilo dalj časa gradbišče, očitno nekemu v korist, prebivalcem pa v sramoto. Morda bo sedanja konstrukcija vzdržala "sile narave" (glej sliko na zavihku). Drugi takšen problem, povezan s površinskimi valovi, je erozija flišne obale. Upajmo, da se pomanjkljivo znanje obalnega inženiringa pri nas ne bo poznalo pri gradnji obalne avtoceste, saj so npr. za pravilno konstrukcijo valobranov potrebne dolgotrajne meritve valov in njih numerična obdelava (spektralna analiza, ocena moči valov na konstrukcije ipd.). Konstrukcijsko bo cesta kljub vsemu zagotovo narejena varno, vsaj za določeno obdobje, dokler ne bo morda potrebno "zakrpati" erodiranega valobrana.

Če je na slovenski obali res potrebno kaj zgraditi, bi bilo vredno se vprašati, kako dolgo naj bi bile konstrukcije blizu obalne črte uporabne. V dokaj obsežnem poročilu VGI za l. 1992 ("Značilni vodostaji morja v Kopru"), kjer so statistično obdelani mareogrami za ob-

dobje od l. 1958 do l. 1990, pa trend nivoja gladine, to je počasne, a zanesljive spremembe srednjega letnega vodostaja, ni ocenjen. Danes je trend nivoja gladine eden od ciljev tovrstnih analiz (analize časovnih vrst) zaradi vpliva globalnega segrevanja Zemlje na rast gladine. Pri tem so ocene strokovnjakov različne, vendar so kljub vsemu vredne upoštevanja. Tako je napoved "low forecast" za rast srednjega vodostaja do leta 2025 25-30 cm, do leta 2100 pa približno 60 cm., napoved "high forecast" pa se glasi: do leta 2100 naj bi bil prirastek za 2 m! (Dov-Segiu Rosen l. 1990, osebno sporočilo izraelskega priobalnega inženirja). Literatura s tega področja je številna (npr. UNEP MAP poročilo 1992 "Regional changes in climate in the Mediterranean basin due to global greenhouse gas warming") in dostopna na Morski biološki postaji. Povedati je treba, da v ZDA že izvajajo preventivne ukrepe za vse priobalne gradnje, ki upoštevajo klimatološko rast nivoja gladine, navkljub različnim ocenam te rasti (dr. Alenka Malej, osebno sporočilo). Pri nas pa je luka Bernardin že sedaj včasih pod vodo, podobno bo seveda tudi z znamenito piransko elipso. Kako bo z njo čez pol stoletja? Pa z morebitno obalno cesto? Zanimivo bi bilo izvedeti, koliko let je poteklo od izgradnje objektov v Simonovem zalivu iz obdobja rimskega imperija do tedaj, ko so bili poplavljeni. Pa ne, da je bila tedaj rast nivoja podobna današnji rasti?

V Koprskem zalivu ladje plujejo v luko na raztovor po plovnem kanalu, ki je poglobljen glede na ostalo morsko dno. "Peter Klepec" mora te plovne poti kar pogosto poglobljati. Gre za problem transporta sedimenta, ki je strokovno zelo zahtevno področje. Ali bo nekoč kdo sposoben ukvarjati se s tem problemom in bo opravil primerno študijo, v kateri bo ocenjen transport sedimenta pri določenih vremenskih in oceanografskih pogojih? Bodo na tej osnovi morda utrjeni plovni kanali? Vedeti je še treba, da je problem transporta sedimenta v tesni zvezi z erozijo obale.

Poleg transporta vodne mase zaradi nihajočih plimskih sil (predvsem v dnevni časovni skali), vetra in padavin, ki sta posledici prehodov front in ciklonov v sinoptični časovni skali (pribl. tri dni), je za prenos vodne mase v daljši časovni skali pomembno poznati vpliv gostotnega polja, nelinearnih adveksijskih efektov in nelinearnega trenja, do katerih pride zaradi spremenljive topografije morskega dna. Slednji lahko skupaj s Coriolisovo silo (posledica vrtenja Zemlje) v priobalnem pasu povzročijo le majhno razliko v količini vodne mase, gnane od plimskih sil znotraj ene plimske periode. Količina vode, ki prihaja k določeni priobalni točki, je tedaj drugačna od količine vode, ki odhaja od nje. Posledica te razlike pa je neto prenos vodne mase v eno smer v daljšem časovnem obdobju. To je residualna cirkulacija, ki lahko odigra pomembno vlogo pri ocenjevanju že omenjene čistilne sposobnosti bazena. Za-

enkrat so uspeli na FAGG pognati numerični model cirkulacije znotraj ene plimske periode. To je vzpodbudno, kljub dvomom v stabilnost rešitve pri simuliranju večdnevne dinamike. Tedaj pa bi se bilo potrebno spoprijeti že z residualno cirkulacijo.

Tudi problema širjenja oljnega madeža na gladini se pri nas še nismo primerno lotili. Nafta v vetrnih pogojih sega v globino v obliki drobnih kapljic. Rep oljnega madeža je v resnici tanek, glava na nizvetni strani pa vsebuje nafto tudi v globinah 5 - 10 m. Ustvarjeni madež po slabi uri vetra primerne jakosti (pribl. 7 m/s) skorajda ne spreminja oblike, pač pa se po novih spoznanjih zgolj advekcijsko premika (Marr. Poll. Bull., 17, 7, 1986). Tega pri nas znani modeli za transport širjenja oljnega madeža še ne upoštevajo. Zato je potrebna določena previdnost ob pogledu na lepe barvne posnetke numeričnih rešitev.

D) Naravoslovni temelj

Pri nas so zaradi pomanjkanja znanj in kadrov nekatere stvari postavljene na glavo. Nekateri strokovnjaki tehničnih ved se ukvarjajo z naravoslovnimi temelji in pri tem odkrivajo toplo vodo, tako npr. v fiziologiji žive snovi, pri kemičnih procesih, dinamiki vodnih mas, karkoli se pač ukvarjajo s stvarmi, ki ne sodijo v njihovo stroko, pa so določena znanja nekako prisiljeni upoštevati pri "ekološkem modeliranju" določenega "akvatorija". Zakaj je tako? Ker ni naravoslovcev v našem prostoru, pa še za obstoječe se težko najde kaj kruha. Ni npr. matematičnih ekologov, ki danes skupaj z biologi, kemiki ali fiziki poskusijo simulirati določen sklop zapletenih procesov, ki se odvijajo med živo in neživo naravo. Tehnično usmerjeni strokovnjak skorajda ne more imeti časa, da bi se poglobil v to delo in le izjemno redki so tisti, ki tako dobro poznajo naravoslovne temelje, da tudi v naravoslovju postorijo kaj novega. Velja

seveda tudi v nasprotni smeri. Do kolizije pa pride npr. takrat, ko so tehnološke potrebe družbe velike glede na obstoječe naravoslovno znanje. Tedaj se tehnološko usmerjeni strokovnjak prične ukvarjati z naravoslovjem, saj tehnoloških problemov pred njegovimi očmi ne more reševati, dokler ni jasno naravoslovno ozadje. Podobno velja seveda tudi za ostala področja in zagotovo bi imeli strokovnjaki povsem drugih področij o pomanjkanju strokovnjakov svoje pomisleke. Avtor je pač predstavil svoje poglede na pomanjkljivost razvoja družbe, povezane z morjem, ki v javnosti niso tako običajni, so pa vendarle lahko prisotni.

Na koncu je treba opraviti z naivnim razmišljanjem tistih, ki nekaj vedo o numeričnih metodah in bi po njihovem z dobro računalniško opremo hitro izgradili primeren model, za npr. ekološko dinamiko, cirkulacijo vodne mase ipd. Pri tovrstnih modelih velja načelo: "Garbage in - garbage out!", to se uresniči pri celo zelo izurjenih ekipah za numerično modeliranje, ki pa nimajo dovolj naravoslovnega znanja. Tako npr. belgijska numerična skupina Nihoul-Beckers uporablja v modelu tako imenovano k-epsilon parametrizacijo turbulence (poznano strokovnjakom v Ljubljani), ki nekako slovi kot zahtevna in je v resnici v rabi pri procesih z izrazitimi striženji toka v trajanju nekaj ur ali kvečjemu nekaj dni. Takšen numerični model cirkulacije Zahodnega Sredozemskega morja pa so vsiljevali z mesečnimi klimatološkimi povprečki vetra in pretokov toplote preko gladine in po prepričanju nekaterih strokovnjakov (M. Crepon) niso kvalitetni.

Iskreno sem hvaležen sodelavcem Morske biološke postaje v Piranu, ki so mi neposredno pomagali pri zbiranju gradiva za ta prispevek, ali pa so avtorji citiranih del. Posebna zahvala gre dr. M. Orliču iz Geofizičnega zavoda v Zagrebu dr. R. Precaliju iz Inštituta za raziskave morja v Rovinju ter prof. F. Stravisiju iz Univerze v Trstu.

RIASSUNTO

Nella rassegna vengono citate le fonti con cui si dimostra che le prime rilevazioni meteorologiche strumentali sono state eseguite a Pirano già nella seconda metà del XVIII secolo, quando in Europa appena iniziavano le rilevazioni meteorologiche strumentali organizzate. E' molto probabile che Pirano godesse di tale posizione privilegiata in virtù della produzione del sale nella Repubblica veneta. All'inizio del XX secolo, nel periodo austro-ungarico, Sterneck ha eseguito le prime rilevazioni mareografiche nei golfi di Trieste e di Pirano. Durante l'inverno estremamente rigido del 1929, A. Vatova ha rilevato nel golfo di Capodistria la più bassa temperatura del mare finora rilevata, vale a dire 3,95 gradi centigradi alla profondità di circa 22 metri. Dopo la seconda guerra mondiale l'oceanografia fisica ha avuto nei limitrofi Paesi adriatici un grande sviluppo. Viene sottolineata l'importanza delle misurazioni regolari degli afflussi fluviali submediterranei ed alpini, delle correnti marine nel golfo di Trieste e delle ricerche oceanografiche in generale per la pianificazione di uno sviluppo armonioso del litorale sloveno.

LITERATURA

- Anon.** 1979. Klimatološki Atlas Jadranskog Mora, HIRM Split.
- Bajc D.** 1972. Seiches in the Adriatic sea: A theoretical approach, *Boil. Geofiz. Teor. Appl.*, 14, 25-33.
- Bergamasco A., Malanotte Rizolli P.** 1989. Modelistica del Nord-Adriatico, *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, Numero speciale, Atti del simposio ASCOP "Condizioni oceanografiche e stato di inquinamento dell'Adriatico settentrionale e centrale", Trieste, June 9-10, 1986.
- Caloi P.** 1938. Sesse dell'alto Adriatico con particolare riguardo al Golfo di Trieste. *Mem. Comit. Talass. Ital.*, 247, 2-39, Venezia.
- Cerovečki I.** 1992. "Gušenje stojnih valova u Jadranu", Prirodoslovno-matematički fakultet sveučilišta u Zagrebu, mag. rad, Zagreb, 103 str.
- Defant A.** 1961. "Physical Oceanography", 2, Pergamon Press, 598 pp.
- Ficker H.** 1951. Die zentralanstalt für meteorologie und geodynamik in Wien 1851-1951, *Denkschriften d. Akad. d. Wiss.*, 109, Bd., 1. Abh.
- Faganeli J., Avčin A., Fanuko N., Malej A., Turk V., Tušnik P., Vuković A. and Vrišer B.** 1985. Bottom layer anoxia in the central part of the Gulf of Trieste in the late summer of 1983. *Mar. Poll. Bull.*, 16, 75-77.
- Franco P., Jeftić L., Malanotte Rizzoli P., Michelato A. and Orlić M.** 1982. Descriptive model of the Northern Adriatic, *Oceanol. Acta*, 5, 3, 379-389.
- Gačić M.** 1980. Some characteristics of the response of the Adriatic sea coastal region to the atmospheric forcing, *Acta Adriat.*, 21 (2), 239-254.
- Gačić M.** 1982. Note on inertial oscillations in the North Adriatic, *Notes of the Institute of Fisheries and Oceanography*, 42, 1-7.
- Hendershott M.C. and Speranza A.** 1971. Cooscillating tides in long, narrow bays; the Taylor problem revisited, *Deep-Sea res.*, 18, 959-980.
- Justić D., Legović T. and Rottini-Sandrini L.** 1987. Trends in oxygen content 1911-1984 and occurrence of benthic mortality in the Northern Adriatic sea, 25, 435-445.
- Kuzmić M. and Orlić M.** 1985. A study of the influence of open-boundary conditions on the predictions of a wind-driven model, *Rapp. Comm. int. Mer Mwdit.*, 29, 3, 75-78.
- Kuzmić M., Orlić M., Karabeg M. and Jeftić L.** 1985. An investigation of wind-driven topographically controlled motions in the Northern Adriatic, 21, 481-499.
- Lascaratos A. and Gačić M.** 1990. Low-frequency sea level variability in the Northeastern Mediterranean, *J. Phys. Ocean.*, 20, 522-533.
- Longo R., Raichich F., and Mosetti R.** 1990. A numerical model of transport and diffusion of radionuclides in the Gulf of Trieste, 8, 1, 13-24.
- Merz A.** 1911. Hydrographische Untersuchungen im Golfe von Triest. *Kaiserl. Akad. Wiss. Wien (Math.-Naturwiss.)*, 87, 107 pp.
- Malačić V.** 1991. Estimation of the vertical eddy diffusion coefficient of heat in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic), *Oceanol. Acta*, 14, 1, 23-32.
- Malanotte Rizolli P. and Bergamasco A.** 1982. Hydrodynamics of the Adriatic sea, from "Hydrodynamics of Semi-Enclosed Seas, ed. J.C.J. Nihoul, Elsevier.
- Malanotte Rizzoli P. and Bergamasco A.** 1983. A multilevel model of circulation and hydrographic properties in the Adriatic Sea, 19, (1-4), 255-259.
- Malej A., Malačić V. in Tušnik P.** 1989. Pomanjkanje kisika pri dnu v Tržaškem zalivu. Iz: Konferencija o aktualnim problemima zaštite voda - Zaštita voda '89. Jugoslavensko društvo za zaštitu voda, Beograd: Rovinj, 3.-5. maj 1989. 1. knjiga, str. 480-486.
- Malej A., Malačić V. and Tušnik P.** 1989b. Factors affecting oxygen depletion in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic), abstract of "Eighth International Ocean Disposal Symposium, 9-13 October 1989", Inter-University Centre of Postgraduate Studies, Dubrovnik.
- Malej A.** 1990. Oxygen depletion problem in the Gulf of Trieste, *Die Obere Adria, Okologie-Hygiene-Gesundheit, Tagung des Symposiums*, April 1990, Graz, B1-B13.
- Michelato A.** 1973. "Studio sulle correnti di marea del Golfo di Trieste mediante il metodo idrodinamico-numerico. Università di Trieste, B. Sc. thesis, 94 pp.
- Michelato A., Mosetti F., and Purga N.** 1985. Sea level oscillations of the Adriatic sea computed by mathematical models, *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 3, 1, 57-77.
- Mosetti F.** 1972. Alcune ricerche sulle correnti nel Golfo di Trieste. *Riv. Ital. Geof.*, 21, 1/2, 33-38.
- Mosetti F. and Mosetti P.** Measurements on wind driven circulation in the North Adriatic sea, *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 8, 4, 251-261.
- Mosetti F. and Purga N.** 1990. Courants cotiers de differente origine dans un petit golfe (Golfe de Trieste), *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 8, 1, 51-62.

- Mosetti R.** 1986. Determination of the current structure of the M2 tidal component in the Northern Adriatic by applying the rotary analysis to the Taylor model, *Boll.Oceanol.Teor.Appl.*, 4,3,165-172.
- Olivotti R., Faganeli J., Malej A.** 1986. Impact of 'organic' pollutants on coastal waters, Gulf of Trieste, *Wat. Sci. Tech.*, 18, 57-68.
- Orlić M.** 1983. On the frictionless influence of planetary atmospheric waves on the Adriatic sea level, *J.Phys.Oceanogr.*, 13, 1301-1306.
- Orlić M.** 1985. Razvoj fizičke oceanografije u Hrvatskoj i Josip Goldberg, *Geofizika*, 2, 51-80.
- Orlić M.** 1989. Salinity of the North Adriatic: A fresh look at some old data, *Boll.Oceanol.Teor.Appl.*, 7, 3, 219-228.
- Orožen Adamič M.** 1979. Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Dragonji in Dmici, *Geog. zbornik* 19 (3), 159-213.
- PaHOR M. in Poberaj T.** 1971. "Stare Piranske soline". Mladinska knjiga, Spomeniški vodniki, zv. 4, Ljubljana.
- Penzar B., Orlić M. and Penzar I.** 1980. Sea-level changes in the Adriatic as a consequence of some wave occurrences in the atmosphere, *Thalassia Jugoslavica*, 16, 1, 51-77.
- Pučnik J.** 1980. "Velika knjiga o vremenu". Cankarjeva založba, Ljubljana, 367 str.
- Rajar R.** 1989. Three-dimensional modelling of currents in the Northern Adriatic sea, XXIII Congress IAHR, Ottawa.
- Rajar R. in Četina M.** 1990. Matematično modeliranje tokov in kvalitete slovenskega morja, 3, delovno poročilo za Zvezo vodnih skupnosti, 21 pp., FAGG, Ljubljana.
- Solomon B.** 1974. "Plimovanje v Jadranu", FNT, Univerza v Ljubljani, diplomsko delo, 51 strani.
- Sterneck R.** 1914. Über "Seiches" an den Küsten der Adria, *Kaiserl. Akad. Wiss. Wien (Math.-Naturwiss.)*, 123, 2a.
- Sterneck R.** 1915. Zur hydrodynamischen Theorie der Adriagezeiten, *S.B. Akad. Wiss. Wien (Math.-Naturwiss., K1)*, 124, 147-180.
- Stravisi F.** 1972. A numerical experiment on wind effects in the Adriatic sea, *Acc. Naz. Lincei, Rend. Sc. fis., mat., nat.*, 52, 2, 187-196.
- Stravisi F.** 1973. Analysis of a storm surge in the Adriatic sea by means of a two-dimensional linear model, *Acc. Naz. Lincei, Rend. Sc. fis., mat., nat.*, 54, 2, 243-260.
- Stravisi F.** 1974. A difference scheme for storm surges in adjacent seas, *Rend. Sc. fis., mat., nat., Acc.Naz.Lincei, Quand.N.206*, 137-152.
- Stravisi F.** 1977. Bora driven circulation in Northern Adriatic, *Boll.Geof.*, 20, 73/74, 95-102.
- Stravisi F.** 1977b. Il regime dei venti a Trieste (1951-1975). *Bolletino della societa Adriatica di scienze*, 61, 87-104.
- Stravisi F. and Jain P.C.** 1984. Some characteristics of global solar irradiation and sunshine duration at Trieste, *Bolletino della societa Adriatica di scienze*, 68, 9-21.
- Stravisi F. and Crisciani F.** 1986. Estimation of surface heat and buoyancy fluxes in the Gulf of Trieste by means of bulk formulas, *Boll. di Oceanol. Teorica ed Applicata*, Vol. 4, No.1, 55-61.
- Stravisi F.** 1987. Climatic variations at Trieste during the last century, *Geofizika*, 4, 61-76.
- Stravisi F.** 1987b. Interannual climatic variations in the Northern Adriatic sea, presented at UNEP Workshop "Jelly-fish Blooms in the Mediterranean Sea", Trieste, 1987, internal report, University of Trieste, FTC 87/1.
- Stravisi F., Pieri G. and Berger P.** 1981. Golfo di Trieste: risultati delle misure correntometriche 1951-1954, *Boll. Soc. Adriatica di Scienze*, 65, 23-35.
- Štirn J.** 1969. Pelagial Severnega Jadrana, *Razprave SA-ZU*, 12 (2), 43-132.
- Tonin V.** 1988. Raziskave hidrodinamičnih pogojev slovenskega morja, *Gradbeni vestnik*, 37, 26-34.
- Vatova A.** 1929. Sui minimi termici verificatisi nell'Alto Adriatico nel febbraio e marzo 1929 e loro effetti sull'ittiofauna. *Memorie R. Com. talassogr. ital.*, 157, 1-9.
- Zore-Armanda M.** 1956. On gradient currents in the Adriatic sea, *Acta Adriatica*, 8, 6, 3-38.
- Zore-Armanda M. and Vučak Z.** 1984. Some properties of the residual circulation in the Northern Adriatic, *Acta Adriat.*, 25 (1/2), 101-117.
- Zore-Armanda M. and Gačić M.** 1987. Effects of bura on the circulation in the North Adriatic, *Annales Geophysicae*, 5B, 1, 93-102.