

PRIKAZ DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA OBALNE CIRKULACIJE NA JADRANU U HRVATSKOJ

A review of investigations of sea and land breezes along the Adriatic Coast of Croatia

MAJA TELIŠMAN PRTENJAK

Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet,
Horvatovac bb, 10000 Zagreb

Primljeno 11. rujna 2000, u konačnom obliku 20. prosinca 2000.

Sažetak: U ovom se radu daje prikaz dosadašnjih rezultata istraživanja o obalnoj cirkulaciji na Jadranu u Hrvatskoj. Iako obalna cirkulacija ima veliko meteorološko značenje, većina je studija isključivo klimatološkog karaktera. Neke studije opisuju meteorološke uvjete koji pogoduju razvoju vjetrova lokalne cirkulacije. Njihovo je pojavljivanje ustanovljeno gotovo na svim postajama istočne obale Jadrana (od Istre do Dubrovnika) iako njena velika razvedenost čini pojavu obalne cirkulacije vrlo zamršenom, npr. u Senju ili u Goveđarima. Male aktivne kopnene površine poput Lastova i Palagruže ne omogućuju periodičnu izmjenu zmorca i kopnenjaka. Studije su pokazale da se energija 24-satne oscilacije vjetra smanjuje duž obale u smjeru prema sjevernom dijelu Jadrana te udaljavanjem od obalne linije prema pučini. Unatoč svojoj velikoj učestalosti ti lokalni vjetrovi imaju male energije i nisu iskoristivi kao obnovljivi izvor energije.

Ključne riječi: zmorac, kopnenjak, jadranska obala

Abstract: This paper presents the results of long-term investigation of sea and land breezes along the Adriatic coast in Croatia. Although sea and land breezes are of great meteorological and climatological importance, most studies describe only their climatological characteristics. Some studies describe favourable meteorological conditions for the development of local winds. Sea and land breezes have been detected at almost all meteorological stations along the eastern Adriatic coast (from Istria to Dubrovnik) although the shape of the coast affects the behaviour of this phenomenon, for example, the circulation at Senj or Goveđari stations. Small, active landmasses like the islands of Lastovo and Palagruža, do not induce a periodic exchange of sea and land breezes. It has been shown that the energy of diurnal breezes decreases both toward the northern Adriatic and toward the open sea. Despite of their very high frequency, these local winds have only small energies and they can not be used as an renewable source of energy.

Key words: sea breeze, land breeze, Adriatic coast

1. UVOD

S obzirom na to da na život u priobalnom području (ribarstvo, zračni i morski promet, za-

štita okoliša te turizam) direktno utječe mezoskalna lokalna cirkulacija, njeno je poznavanje od velike važnosti. Obalna cirkulacija¹, iako vrlo kompleksan fenomen koji uvažava

1 Slab noćni vjetar u obalnoj cirkulaciji naziva se *kopnenjak* odnosno *skopnac* ili *vjetar s kraja* (Poje, 1995; Gelo, 2000). Dnevni vjetar obalne cirkulacije koji puše od mora prema kopnu naziva se *zmorac*, odnosno *smorac* a po nekima i *zvanjac*, *danik* ili *posunčar*, jer često smjerom prati Sunce (Poje, 1995; Gelo, 2000). U ovom radu koristit će se nazivi *zmorac* za dnevni dio obalne cirkulacije (eng. *sea breeze*) i *kopnenjak* za noćni dio (eng. *land breeze*).

doprinosu procesa na različitim skalama, u stvari predstavlja najjednostavniji primjer osnovnog atmosferskog procesa – generiranje gibanja diferencijalnim zagrijavanjem. Proces stvaranja lokalne cirkulacije započinje eliminacijom stabilnog graničnog sloja u jutarnjim satima. Kako se tlo zagrijava jače nego more, nad kopnom dolazi do dizanja toplog zraka blizu obale i do gibanja hladnog zraka koji ga zamjenjuje (*zmorac*). Nad kopnom se zrak dizanjem adijabatski hladi sve do nivoa na kojem su izoterme paralelne ravnoj horizontalnoj podlozi. Na visini se javlja sporija struja u suprotnom smjeru koja puše s kopna prema moru. Prodiranje hladnog zraka nad kopno završava *frontom zmorca*, a karakterizira je znatan pad temperature, konvergentno strujanje u nižim slojevima zraka, uzlazno gibanje i povećanje u količini vlage. Tijekom noći situacija je suprotna. Kopno se hladi jače nego more i stvara se suprotan temperaturni gradijent. Sada hladan zrak putuje s kopna na more (*kopnenjak*), nad morem se zagrijava i uzdiže, i na određenoj se visini vraća natrag prema kopnu, gdje se spuštanjem zatvara cirkulacija. Vjetrovi su slabiji, a i dubina noćne cirkulacije manja je u odnosu na dubinu dnevnog dijela. Treba napomenuti da je to idealizirana dvodimenzionalna situacija.

Svrha ovog prikaza jest sveobuhvatno predstavljanje dosadašnjih rezultata istraživanja o obalnoj cirkulaciji objavljenih u brojnim časopisima, knjigama, tehničkim i konferencijskim izvještajima i drugim publikacijama. Ovdje će biti prikazani dosadašnji radovi kao jedna cjelina u nadi da će ovaj rad olakšati buduća istraživanja te pojave i u teorijskom (npr. pomoću numeričkih modela) i u eksperimentalnom smislu.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA OBALNE CIRKULACIJE

Zbog njezina redovitog pojavljivanja na našoj obali, obalnoj cirkulaciji pripada veliko meteorološko značenje. Pa ipak se u dosadašnjim radovima, analize i ispitivanja obalne cirkulacije pojavljuju uglavnom kroz klimatske prikaze analize vjetra pojedinih mjesta, regija ili cijele Hrvatske (Škreb i dr., 1942; Makjanić, 1956, 1966, 1976b; Penzar, 1968, 1976, 1977;

Lončar, 1982; Orlić i dr., 1988; Lukšić, 1995, 1996; Penzar i dr., 1996). Klimatološki prikazi predstavljeni su uglavnom putem ruža vjetrova, strujnica ili raspodjela tlaka u tri klimatološka termina (7, 14, 21 h). Manji se broj radova bavio termičko-dinamičkom strukturom obalne cirkulacije, ili njenim modeliranjem (Makjanić, 1958; Jančijev, 1996; Marić, 1998).

Iako Poje (1995) kaže da noćni dio obalne cirkulacije spominje Ardelio Della Bella u svom rječniku još 1728. godine kao *vjetar s kraja*, istraživanja obalne cirkulacije u cijelosti su rađena tek u drugoj polovici 20. stoljeća. Tako u prvoj polovici 20. stoljeća, osim naše prve znanstvene klimatografije koju su objavili Škreb i dr. (1942), o zmorcu na Jadranu pišu Biel (1927, 1939) i Marki (1924, 1950) predstavljajući uglavnom samo kvalitativne rezultate. Marki (1924) prikazuje samo glavne karakteristike klimatskih elemenata Dalmacije kao što su temperatura, vlaga, naoblaka, oborine i vjetar. U opisu vjetrova Marki napominje da u ljetno doba godine prevladava sjeverozapadni vjetar, a naziva ga *maeštral*², opisujući ga kao slab povjetarac koji započinje oko devet sati ujutro. Maestral ojača u ranim poslijepodnevnim satima, tako da diže katkada i visoke valove, a prestaje puhati u vrijeme zalaska sunca. Iako Marki (1950) spominje lokalno obalno strujanje kao vjetar s kraja i vjetra s mora, maestral naziva i *zmorac* ne dopuštajući tako jasno razlučivanje etezije od obalne cirkulacije. Makjanić (1958), Poje (1995), Penzar (1996) i Gelo (2000) smatraju da se naziv maestral odnosi na vjetar koji nastaje uslijed superponiranja strujanja *zmorca* i stalnog visinskog sjeverozapadnog vjetra koji predstavlja jednu granu etezije. Ta grana etezijske struje prelazi preko čitavog Sredozemlja od Atlantskog oceana prema Perzijskom zaljevu, a posljedica je izražene azorske anticiklone i sniženog polja tlaka nad Malom Azijom u ljetnim mjesecima. Do podudaranja u smjerovima dolazi zbog položaja prostiranja naše obale čineći tako jači vjetar, maestral. Nasuprot Markiju, Škreb i dr. (1942) promatrajući postaje Split, Hvar i Palagruža jasno opisuju razlike između etezijskog strujanja i obalne cirkulacije. Ističu da je ljetno etezijsko strujanje (NW) najizraženije na Palagruži (47% opaženih čestina smjerova vjetra za tri

2 Također i *maestral*, *maištar*, *maištral*, *mištral*, *meštral*, *mistral*, *maistral*; porijeklo ove riječi dolazi od talijanskog naziva *maestrale*.

ljetna mjeseca), dok su u Splitu najčešći upravo vjetrovi obalne cirkulacije; zmorac kao jugozapadni vjetar (19%) i kopnenjak kao sjeveroistočni vjetar (21%) s neznatnim etezijskim strujanjem od tek 5%.

Da bi se razvila obalna cirkulacija, potrebni su određeni meteorološki uvjeti. Marki (1924) daje opis četiri glavna tipa vremena u Dalmaciji. Jedan naziva „tip stalno vedra vremena” koji pogoduje stvaranju lokalne cirkulacije. Mnogo opširnije povoljne uvjete daje i Penzar (1968) na temelju niza podataka u razdoblju 1949–1962. godine. Autorica razlikuje deset važnijih tipova vremena koje smješta u četiri osnovne grupe; radijacijski tip vremena, tipove vremena uz hladnu advekciju odnosno toplu advekciju i tip vremena koji pripada baričkom minimumu. Podjela u grupe izvršena je prema onom čimbeniku koji u pojedinom slučaju dominantno utječe na vrijeme. Prema izgledu baričkog polja, količine naoblake i prema intenzitetu pojedine grane obalne cirkulacije Penzar (1968) ističe tri tipa vremena koji omogućuju razvoj obalne cirkulacije. Prvi je tip čisti radijacijski tip vremena koje karakteriziraju izraženi radijacijski procesi i prijenos topline po vertikalni za vedra vremena u slučaju bezgradijentnog polja tlaka. Ljeti se zmorac razvija prijedodne i traje do večeri donoseći osvježenje na obali. U tom slučaju može se pojaviti sumaglica na moru, i to češće zimi nego ljeti. Zimi je danja komponenta obalne cirkulacije slabo razvijena. Drugi tip vremena jest slaba anticiklonalna advekcija s kopna. U tom tipu vremena postoji malo više naoblake iako je vrijeme i dalje sunčano. U odnosu na prethodni tip vremena obalna cirkulacija ima pojačanu noćnu komponentu jer se podudara sa smjerom opće struje. Treći tip čini slaba advekcija s kopna, ali u polju pravocrtnih izobara koje karakterizira malo ili umjereno oblačno vrijeme. U tom slučaju nema pravilno razvijene obalne cirkulacije te postoji zakašnjenje u nastupu pojedinih smjerova vjetra unutar cirkulacije u usporedbi s radijacijskim tipom. Gradijent tlaka nešto je veći nego u području anticiklone koje uzrokuje slabu advekciju. Poklapanje smjerova advekcije i vjetra lokalne cirkulacije pojačava konačnu brzinu vjetra. Svim tim tipovima zajednička je geostrofička advekcija manja od 30 kmh^{-1} na 850 hPa u području Dinarida koja pogoduje stvaranju lokalne cirkulacije na obali.

Za mnoštvo naših obalnih gradova kao i otočnih mjesta uočena je pojava obalne cirkulacije. Pa ipak, uski morski kanali između obale i susjednih otoka kao i male kopnene površine malih otoka kao na primjer Palagruže, ne dopuštaju njen potpun razvoj (Škreb i dr., 1942; Penzar, 1977, Lončar, 1982; Penzar i dr., 1996; Lukšić, 1996). Penzar (1977) pronalazi da mala površina Lastova također nije dovoljna za razvoj obalne cirkulacije. To upućuje na zaključak da u Hrvatskoj postoji kompleksan režim strujanja koji ovisi o osobinama svakog lokaliteta (Lončar, 1982).

Karakteristike obalne cirkulacije na obalama Istre te na području Kvarnera prikazuju Juras (1962) i Penzar (1977). Istra i Kvarner geografski su smješteni na sjevernom rubu jadranskog bazena, a karakteriziraju ih različiti smjerovi pružanja obala i vrlo raznolika raspodjela kopnenih i morskih površina. Na temelju podataka klimatoloških stanica u tri termina za razdoblje 1955–1959, pomoću ruža vjetrova uočene su na postajama Poreč, Rijeka, Opatija, Kraljevica, Crikvenica, Krk, Rab dobro razvijene obalne cirkulacije. Na pojavu zmorca i kopnenjaka na postajama Krk i Rab svakako utječu i veće mase tih otoka, za razliku od slabo razvijene cirkulacije na usku otoku Cresu. U morskim kanalima između otoka ili otoka i kopna, zmorac za postaju Crikvenica pokazuje tendenciju da slijedi smjer tih kanala. Općenito se režim strujanja na zapadnoj obali Istre razlikuje od onog na Kvarneru i po stalnosti i po jačini zmorca zbog pojačavanja tog lokalnog vjetra općim NW strujanjem zraka. Uočeno je također da na zapadnoj obali Istre zmorac ima veću brzinu od kopnenjaka, za razliku od istočne obale Kvarnera, gdje je situacija suprotna.

Područje Senja pravi je primjer složenog režima strujanja. Tako Makjanić (1966) uočava pojavu zmorca u Senju u toplom dijelu godine s maksimalnom čestinom u lipnju te minimumom u ožujku i listopadu. Također spominje da razvoj bure može biti potaknut obalnom cirkulacijom (Makjanić, 1970, 1976a). Tijekom dana zmorac puše na kopno smanjujući tako brzinu bure. Noću kopnenjak i bura pušu u istom smjeru, pa se prilikom određenih sinoptičkih uvjeta, kopnenjak može pojačati uslijed prodora hladnog zraka iz zaleđa. Rezultati studija Orlić i dr. (1988) i Vanjaka (1995) pokazali su da danju vjetar ima protusatno zakretanje, za razliku od svih ostalih

ispitivanih postaja, na kojima se vjetar mijenja u smjeru kazaljke na satu. Autori prve studije smatraju da je uzrok takva ponašanja mezoskalni gradijent tlaka koji je paralelan s obalom, a pomaknut je u fazi u odnosu na okomit gradijent na obalu. Lukšić (1989) također pokušava dati odgovor na taj fenomen te daje statističke kriterije za odabir dana s vrlo povoljnim prilikama za razvoj vjetrova obalne cirkulacije. U tu svrhu autor koristi podatke o trajanju insolacije, naoblaci, satnim brzinama vjetra i dnevnom hodu tlaka. Pronalazi da na obalnu cirkulaciju, osim vrlo učestale bure, djeluju i uzlazni i silazni vjetrovi obronka te dolinski i planinski vjetar, čineći tako vrlo kompleksnu sliku i uzrokujući dnevno protusatno zakretanje vjetra. Ustanovljeno je da se zmorac javlja s uzlaznim vjetrom obronka kao jugozapadnjak ili s dolinskim vjetrom kao sjeverozapadnjak, a kopnenjak s planinskim vjetrom i slabom burom kao jugoistočnjak ili sa silaznim vjetrom obronka kao slab sjeveroistočnjak.

U slučaju Kornata, koji slabe utjecaj aktivnog mora, a obližnje Vransko jezero slabi utjecaj aktivnog kopna, ne stvaraju se najpovoljniji uvjeti za formiranje obalne cirkulacije, smanjujući tako njenu čestinu (Lukšić, 1996). Koristi podatke sljedećih postaja i razdoblja: Vela Sestrica (1971–1994), Žirje (1963–1967), Biograd (1953–1994), Zadar (1946–1994) i dr. Analize su pokazale da je zmorac učestaliji u travnju nego u listopadu, suprotno kopnenjaku, koji je pak učestaliji u listopadu.

Još su Škreb i dr. (1942) na temelju srednje razdiobe čestina za ljeto (lipanj, srpanj i kolovoz) spomenuli često pojavljivanje zmorca na postaji u Splitu i na Hvaru. Splitsku vrlo dobro razvijenu obalnu cirkulaciju na temelju mjerenja u tri klimatološka termina analizirali su i Makjanić (1958, 1959) i Penzar (1968, 1976, 1977). Makjanić koristi podatke iz šestogodišnjeg razdoblja 1945–1950. godine te pronalazi 140 dana sa zmorcem, uglavnom u ljetnom razdoblju, najčešće SW smjera. Pronalazi da postoji velika persistencija lijepog vremena jer se u srpnju zmorac najčešće pojavljuje u dva uzastopna dana, a u kolovozu čak u četiri uzastopna dana. Također je pokušao prikazati i njegovu trodimenzionalnu sliku pilotbalonskim podacima vjetra iz 1956. godine, od kojih je izdvojio 78 dana sa zmorcem. Za odabrane dane vektor vjetra rastavlja na komponente koje su okomito na obalu

(u -komponenta) i duž obale (v -komponenta), a ujedno prikazuje i hodografe vjetra u tro-satnim razmacima. Rastavljanjem vektora na komponente svrstava podatke u četiri grupe, zavisno od predznaka u i v komponente strujanja. Na temelju hodografa definira dva tipa zmorca. Hodograf koji ima oblik elipse čija se mala poluos ne razlikuje mnogo od velike poluosi, a postoji postepeno zakretanje vjetra u smjeru kazaljke na satu, naziva *O-tipom*. Drugi, *I-tip*, karakterizira elipsa koja je razvučena gotovo u pravac. Za svaku grupu i tip daje podatke o rasporedu vjetra visinom, visini maksimalnog strujanja te visini zmorca između 10 i 16 h. Treba spomenuti da su hodografi dosta nesimetrični, a najvjerojatniji razlog jest topografija područja meteorološkog opservatorija u Splitu. Međutim Makjanić ne daje nikakvo tumačenje za pojavu ta dva tipa zmorca. Penzar (1976) daje osnovne karakteristike klime grada Splita i ističe da oko 32% dana u godini zauzimaju tipovi vremena s obalnom cirkulacijom.

Već je spomenuto da zbog velike razvedenosti obale Jadrana na pojedinim lokacijama mogu postojati sasvim specifični režimi lokalnih vjetrova. Tako je Lukšić (1968, 1991) analizirao osobine cirkulacijskog sustava u Sutivanu na otoku Braču, gdje se pojavljuju dvije obalne cirkulacije: sutivanska i kontinentalna, koja je vezana uz samu obalu. Sutivanska lokalna cirkulacija ima podređenu ulogu u odnosu na kontinentalnu što je posljedica manjih kopnenih (i morskih) aktivnih masa koje međudjeluju. Daljnja istraživanja pokazala su da to nije usamljeni slučaj.

Lukšić (1995) za postaju Goveđari na otoku Mljetu pokazuje postojanje čak triju sustava obalne cirkulacije zraka. Prva, prevladavajuća, odnosi se na relativno veliku i tromu kontinentalnu cirkulaciju. Druga je mljetska cirkulacija, a treći sustav javlja se između dubljeg otvorenog mora na jugoistoku i plićeg mora s poluotokom i otocima na sjeverozapadu. Treći sustav nije samostalan jer je često udružen s općim sjeveroistočnim ili sjeverozapadnim strujanjem.

Prema specifičnoj metodi obrade rezultata možemo izdvojiti radove Penzar i dr. (1988, 1990, 1996), Orlić i dr. (1986, 1988) i Penzar (1989). Oni koriste rotacijsku spektralnu analizu za obradu satnih vrijednosti smjera i brzine vjetra postaja Pula, Rijeka-aerodrom

(Omišalj), Senj, Šibenik, Split, Lastovo, Pala-gruža i Dubrovnik-aerodrom (Čilipi). Na većini dobivenih spektara snage vektora vjetera ističe se 24-satna periodička komponenta, što upućuje na periodičnu izmjenu zmorca i kopnenjaka. Jedino krivulja za postaju Palagruža nema istaknutu takvu periodičku komponentu. Razlog leži u već spomenutoj maloj aktivnoj kopnenoj površini. Orlić i dr. (1988) pokazali su da se energija 24-satne oscilacije vjetera smanjuje duž obale u smjeru prema sjevernom, zatvorenom kraju Jadrana zbog smanjenja razlike u površinskim temperaturama kopna i mora u višim geografskim širinama. To je pak posljedica smanjenja sunčeve radijacije na gornjoj granici atmosfere uslijed povećanja geografske širine, povećane naoblake na sjevernom Jadranu, konfiguracije obale i otoka te manje dubine mora. S udaljavanjem od glavne kopnene mase prema pučini, također se uočava smanjenje energije iste periodičke komponente. Unatoč svojoj velikoj učestalosti ti lokalni vjetrovi imaju male energije i nisu iskoristivi kao obnovljivi izvor energije (Penzar i dr., 1988).

Marić (1998) je pokušao, koristeći se samo višegodišnjim podacima (1985–1989) o temperaturi zraka i smjeru i brzini vjetera, opisati svojstva zmorca u Šibeniku, kao na primjer, visina i struktura vertikalne cirkulacijske ćelije. Izvedeno je nekoliko termodinamičkih kriterija za određivanje dana s čistim zmorcem uz minimalan utjecaj sinoptičkih i mezoskalnih procesa te se predlaže metoda procjene temperature površine mora (inače teško mjerljivog elementa) na temelju poznavanja temperature površine kopna.

Modeliranje obalne cirkulacije prikazano je u samo dvije studije. Prvu je izradio Makjanić (1958); u njoj je predstavio analitički model zmorca na temelju poboljšane Defantove teorije. Model se zasniva na ravnoteži između gradijenta tlaka, Coriolisove i lokalne akceleracije i trenja. Poboljšanja koja on uvodi vidljiva su u tretiranju trenja u modelu (izjednačavajući koeficijente turbulencije gibanja i temperature), iako je dnevni hod koeficijenta turbulentnog trenja zanemaren. Za oba oblika modela, njegovu jednoslojnu verziju (od tla do vrha graničnog sloja) i dvoslojnu verziju (razlikuje površinski i Ekmanov sloj unutar graničnog sloja) daje analitičke izraze strujanja za više rubnih uvjeta. Simulirani zmorac testira na podacima postaje u Splitu. U odno-

su na Defantov model, rezultati su realnije pokazali vertikalnu raspodjelu brzine vjetera visinom koja ima maksimum na oko 200 m visine (što je u skladu s mjerenjima). Model je također pokazao promjenjivost u debljini sloja zmorca. Međutim uslijed većeg broja korištenih pretpostavki postoji samo djelomično podudaranje između mjerenja i simulacija. Tako na primjer, zanemarivanjem advektivnih članova u jednadžbama gibanja rezultati daju potpuno simetričnu (nerealnu) cirkulaciju. Treba napomenuti da se danas analitički modeli manje koriste. Drugačiji pristup u modeliranju zmorca predstavio je Jančijev (1996) razvivši numerički implicitni model na temelju Estoqueova modela. Koristeći set primitivnih jednadžbi u kojima su zadržani advektivni članovi, model na zadovoljavajući način simulira zmorac u dvodimenzionalnoj ravnini.

S pojavom obalne cirkulacije povezan je tzv. *interni granični sloj* (IBL), koji se razvija unutar postojećeg graničnog sloja. Uzroci njegova formiranja mehanički su, zbog promjene u hrapavosti, i termički, zbog promjene u površinskom toku topline. Britvić (1990) daje proračun visina internog graničnog sloja za podatke dobivene na postajama Pula i Pazin pomoću Venkatramova modela koji sadrži mehanički i termički uzrok formiranja IBL-a. Testiranje modela radiosondažnim podacima pokazalo je osjetljivost na razliku u temperaturi kopna i mora. U slučaju izrazitije razlike model je točnije predviđao visine IBL-a, kao i u slučaju veće stabilnosti atmosfere nad IBL-om.

Unatoč važnosti uloge obalne cirkulacije u onečišćenju zraka, njihova povezanost i međudjelovanje promatrano je samo u Sutivanu na otoku Braču (Lukšić, 1979, 1997).

3. ZAKLJUČAK

Ovdje su sumirane dosadašnje studije vezane uz obalnu cirkulaciju na istočnoj obali Jadrana. Postoji ogroman broj klimatoloških studija koje su uvelike pomogle u rasvjetljavanju pojave lokalne cirkulacije na našoj obali. Pa ipak, na temelju ovog pregleda primjećuje se relativno skroman broj radova koji se bave modeliranjem obalne cirkulacije u odnosu na statističke studije. Takav omjer ukazuje na potrebu organiziranja detaljnijih (iako skupih) mjerenja same pojave, odnosno na češću

primjenu numeričkih modela zbog važnosti lokalne cirkulacije na kvalitetu života u priobalnom dijelu.

LITERATURA

- Biel, E.R., 1927: Klimatographie des ehemaligen österreichischen Küstenlandes. Denkschriften der mathem.-naturw. Klasse, Akademie d. Wissenschaften, Wien, 137–193.
- Biel, E.R., 1939: Tipovi ohlađivanja i njihovo trajanje u Dalmaciji. *Liječnički vjesnik*, **61**, 350–353.
- Britvić, S., 1990: Visina internog graničnog sloja obalnog područja sjevernog Jadrana. *Diplomski rad*, Geofizički odsjek, PMF, Zagreb.
- Gelo, B., 2000: Opća i prometna meteorologija; II. dio. Udžbenici Sveučilišta u Rijeci, Hinus, Zagreb, 520 str.
- Jančijev, S., 1996: Numerički model obalne cirkulacije (zmorca). *Diplomski rad*, Geofizički odsjek, PMF, Zagreb.
- Juras, J., 1962: Utjecaj konfiguracije terena na lokalnu cirkulaciju u Istri. *Diplomski rad*, Geofizički odsjek, PMF, Zagreb.
- Lončar, E., 1982: Prilog poznavanju karakteristika vjetra u SR Hrvatskoj. *Rasprave*, **17**, 5–22.
- Lukšić, I., 1968: Zmorac i kopnenjak u Sutivanu na otoku Braču. *Hydrografski godišnjak 1967*, 125–136.
- Lukšić, I., 1979: Lokalni vjetrovi i problem zagađenja u Sutivanu na otoku Braču. *Konferencija o zaštiti na Jadranu*, II knjiga, Hvar, 151–159.
- Lukšić, I., 1989: Dnevni periodički vjetrovi u Senju. *Geofizika*, **6**, 59–74.
- Lukšić, I., 1991: Obalna cirkulacija u Sutivanu na otoku Braču. *Priroda*, **8**, 31–33.
- Lukšić, I., 1995: Zmorac i kopnenjak u Govedarima na otoku Mljetu. *Hrv. meteor. časopis*, **30**, 39–53.
- Lukšić, I., 1996: Zmorac i kopnenjak na Kornatima. *Hrv. meteor. časopis*, **31**, 103–119.
- Lukšić, I., 1997: Kopnenjak i onečišćenje zraka u Sutivanu. *Prvi hrvatski znanstveno-stručni skup Zaštita zraka '97*, Crikvenica, 467–472.
- Makjanić, B., 1956: Klima Jadranskog mora. *Pomorska enciklopedija*, **3**, Zagreb, 543–555.
- Makjanić, B., 1958: Obalni sistem cirkulacije u dnevnom periodu: prilog matematičkoj teoriji i analiza pojava u primorju Jugoslavije. *Doktorska disertacija*, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 146 str.
- Makjanić, B., 1959: Die wechselseitige Beeinflussung von Seewind und Bora. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, **8/54**, 218–220.
- Makjanić, B., 1966: Prilog poznavanju klime grada Senja. *Pomorski zbornik*, **4**, Zagreb, 603–624.
- Makjanić, B.: 1970, „On the diurnal variation of the bora wind speed”, *Rad JAZU*, **349**, 33–39 i *Radovi Geofizičkog zavoda*, Sveučilište u Zagrebu, **Se. III**, br.16, Zagreb, 59 str.
- Makjanić, B., 1976a: A Short Account of the Climate of the Town Senj. In Yoshino, M.M. (ed.), *Local Wind Bora*. Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 145–152.
- Makjanić, B., 1976b: Jadransko more – klima. *Pomorska enciklopedija*, **3**, Zagreb, 201–207.
- Marić, T., 1998: Dinamička klimatologija zmorca u području Šibenika za ljetne mjesece. *Diplomski rad*, Geofizički odsjek, PMF, Zagreb.
- Marki, E., 1924: Klimatske prilike Dalmacije. Splitska društvena tiskara, Split, 24 str.
- Marki, E., 1950: Vrijeme. Pomorsko brodarski savez Jugoslavije, Split, 175 str.
- Orlić, M., I. Penzar and B. Penzar, 1986: Land and sea breezes along the east Adriatic coast. IGU, Study group, *Regional conference on Mediterranean Countries – Topoclimatological investigation and mapping*, Barcelona, 27–29 August 1986.
- Orlić, M., B. Penzar and I. Penzar, 1988: Adriatic sea and land breezes: clockwise versus anticlockwise rotation. *J. Appl. Meteorol.*, **27**, 675–679.
- Penzar, B., 1968: Neke osobine tipova vremena na Jadranu. *Hydrografski godišnjak 1967*, 99–124.
- Penzar, B., 1976: Klima makroregionalnih gradova SR Hrvatske, posebni otisak iz knjige: Centralna naselja i gradovi SR Hrvatske. Školska knjiga, Zagreb, 163–191.
- Penzar, B., 1977: Vjetar. Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, **2**, 41–117.

- Penzar, B., I. Penzar i M. Orlić, 1988: Neke karakteristike cirkulacije zraka duž obalnog područja SR Hrvatske. X Kongres o energiji, Opatija, 105–158.
- Penzar, B., 1989: Vrijeme i klima dubrovačkog kraja. *Ekološke monografije*, **1**, 61–84.
- Penzar, B., I. Penzar i M. Orlić, 1990: Maestral u fizici i poeziji. *Priroda*, **1989/90**, br. 1, 27–29.
- Penzar, B., I. Penzar i M. Orlić, 1996: Periodičke promjene vjetra na Palagruži. *Zbornik Palagruža – Jadranski dragulj*. 245–250.
- Penzar, B., 1996: Opći prikaz. Pogl. u B. Penzar i sur.: *Meteorologija za korisnike*. Školska knjiga i Hrv. meteorol. društvo, Zagreb, 17–43.
- Poje, D., 1995: O nazivlju vjetrova na Jadranu. *Hrv. meteor. časopis*, **30**, 5–562.
- Škreb, S. i suradnici, 1942: *Klima Hrvatske*. Zagreb, 140 str.
- Vanjaka, B., 1995: Rotacija obalne cirkulacije na Jadranu. *Diplomski rad*, Geofizički odsjek, PMF, Zagreb.